

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

**Influência da água e do azoto no enraizamento do  
milho (*Zea mays* L.)**

***Alice de Játima Palma Fernandes Ramos***

**Évora 1998**

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

**Influência da água e do azoto no enraizamento do  
milho (*Zea mays* L.)**



95-951

***Alice de Fátima Palma Fernandes Ramos***

Évora 1998

**Esta tese não inclui as observações  
e críticas feitas pelo júri.**

## **Agradecimentos**

Desejo expressar os meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que contribuíram para a realização deste trabalho:

À minha orientadora Professora Doutora Maria do Rosário Oliveira Gamito por ter possibilitado a execução deste trabalho por todo o empenhamento, disponibilidade, incentivo e boa disposição que sempre demonstrou.

Ao Professor Doutor Ricardo Paulo Serralheiro pelas sugestões e comentários relativamente a alguns assuntos desta tese.

Ao Professor Doutor Lúcio dos Santos, pela disponibilidade que sempre demonstrou.

A todos os funcionários do INIA de Alvalade do Sado, nomeadamente aos Engenheiros Técnicos Agrários Manuel Bica e Gina Bica, pela colaboração e disponibilidade durante o trabalho de campo.

Ao funcionário do Laboratório de Hidrologia Manuel Junça pela ajuda prestada durante o trabalho.

# Índice

<b>RESUMO.....</b>	<b>VI</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>VIII</b>
Índice de figuras .....	IX
Índice de quadros .....	XI
Lista de símbolos.....	XIII
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. Considerações gerais .....	1
1.2. Objectivos gerais.....	5
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>6</b>
2.1. Caracterização do local de ensaio.....	6
2.2. Tratamentos e delineamento experimental.....	8
2.3. A rega .....	9
2.3.1. Características e instalação do sistema de rega .....	9
2.3.2. Cálculo da rega.....	13
2.4. Preparação do campo de ensaio .....	15
2.4.1. Operações culturais e piquetagem do campo.....	15
2.4.2. Instalação dos minirizotróes .....	17
2.5. Condições hídricas do solo.....	19
2.5.1. Calibração da sonda capacitiva.....	20
2.6. Características culturais estudadas e métodos utilizados na sua quantificação.....	23
2.6.1. Características relativas ao enraizamento .....	23
2.6.2. Produção de grão e biomassa total .....	28

2.7. Tratamento estatístico dos resultados .....	29
<b>3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>31</b>
3.1. Exigências da cultura vs condições observadas durante o ensaio .....	31
3.2. Avaliação do sistema de rega.....	34
3.3. Perfis hídricos do solo .....	38
3.4. Comportamento da cultura face às condições edafoclimáticas.....	44
3.4.1. Produção de grão e biomassa total .....	44
3.4.2. Distribuição e produção de raízes .....	48
3.4.2.1. Modelação do enraizamento.....	67
3.4.2.2. Produção de grão vs comprimento radical.....	68
3.4.3. Relação entre os diferentes parâmetros usados para caracterizar a intensidade radical medida na parede dos minirizotrões.....	69
<b>4. CONCLUSÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS .....</b>	<b>71</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>73</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>78</b>
Anexo I - Valores utilizados para o traçado da curva de calibração da sonda capacitiva.....	78
Anexo II - Análise de variância da regressão múltipla estabelecida para a produção de grão.....	79
Anexo III - Análise de variância da regressão múltipla para o comprimento radical (cm/cm <sup>2</sup> de superfície do solo) na situação linha.....	79
Anexo IV - Análise de variância da regressão múltipla para o comprimento radical (cm/cm <sup>2</sup> de superfície do solo) na situação entrelinha.....	80
Anexo V - Intensidade radical (comprimento radical por unidade de superfície da parede dos minirizotrões) nos diferentes tratamentos e para a situação linha (L <sub>1</sub> ) e entrelinha (L <sub>2</sub> ).....	80
Anexo VI - Intensidade radical (número de raízes por unidade de superfície da parede dos minirizotrões) nos diferentes tratamentos e para a situação linha (L <sub>1</sub> ) e entrelinha (L <sub>2</sub> ).....	93
Anexo VII - Intensidade radical (número de extremidades por unidade de superfície da parede dos minirizotrões) nos diferentes tratamentos situação linha (L <sub>1</sub> ) e entrelinha (L <sub>2</sub> ).....	105

## ERRATA

Na página VI onde se lê: ...« tendo-se e instalado»..., deve ler-se: ...« tendo-se instalado»...

Na página 8 e na legenda da figura 1 onde se lê: ...« Evapotranspiração média mensal»..., deve ler-se: ...«Evapotranspiração média diária»...

Na página 14 onde se lê: ...«admitiu-se que a aplicação de água»..., deve ler-se: ...« admitiu-se que a eficiência de aplicação de água»...

Na página 21 onde se lê: ...«humidade ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ )»..., deve ler-se: ...«humidade ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ )»...

Na página 26 onde se lê:  $I_{rn}$  = número de raízes por unidade de superfície do tubo( $\text{n}^\circ/\text{m}^2$ ), deve ler-se:  $I_{rn}$  = número de raízes por unidade de superfície do tubo ( $\text{n}^\circ/\text{cm}^2$ )

Na página 27 onde se lê: ...«apenas contaram-se apenas»..., deve ler-se: ...«contaram-se apenas»...

Na página 31 onde se lê: ...«foi de 20,8° C»... deve ler-se: ... «de 20,8° C»...

Na página 31 onde se lê: ...« da evapotranspiração média mensal»..., deve ler-se: ...« da evapotranspiração média diária»...

Na página 33 onde se lê: ...«foi de 681,9 mm»..., deve ler-se: ...« foi de 611,6 mm»...

Na página 46 onde se lê: ...«um aumento um aumento»... deve ler-se: ...«um aumento»...

## Resumo

Num ensaio desenvolvido no Departamento de Regadio do INIA em Alvalade do Sado, procedeu-se ao estudo da resposta morfológica do sistema radical do milho (*Zea mays* L. ), a diferentes níveis de aplicação de água e de azoto ao solo. O sistema de rega utilizado foi o de aspersão, a partir de um ramal "line source". Os tratamentos, impostos em Strip - plot, com três repetições, consistiram de três níveis de água impostos em faixas paralelas à linha de aspersores e as distâncias desta de: 0-5m (**W<sub>1</sub>**); 5-10m (**W<sub>2</sub>**); e 10-15 m (**W<sub>3</sub>**). Os tratamentos relativos à adubação azotada, aplicada em cobertura, foram quatro definidos como : 0 (**N<sub>0</sub>**); 150 (**N<sub>1</sub>**); 250 (**N<sub>2</sub>**) e 350 (**N<sub>3</sub>**) kg N/ha.

Para estudar o desenvolvimento radical utilizou-se a técnica do minirizotróo, tendo-se e instalado dois tubos por talhão, em dois locais distintos: entre plantas na linha (**L<sub>1</sub>**); e na entrelinha (**L<sub>2</sub>**). As observações do sistema radical foram feitas a diferentes profundidades, em cinco estádios de desenvolvimento da cultura.

Os diferentes níveis de aplicação de água e azoto induziram diferenças significativas na produção de grão da cultura. A interacção água x azoto também aumentou significativamente a produção de grão.

Para os níveis de água estudados, local de amostragem e interacção entre estes, o teste F não é válido em virtude do desenho experimental que se adaptava ao método de rega usado, por um ramal de aspersores, não permitir a casualização destes tratamentos.

No entanto e no que diz respeito aos parâmetros radicais os resultados mostram uma resposta positiva à aplicação de água. O local de amostragem e a interacção água x local de amostragem também induziram diferenças significativas nos parâmetros radicais.



Com o objectivo de equacionar a forma como as raízes se comportaram em função da profundidade, água aplicada e época procedeu-se à simulação do enraizamento para os dois locais de amostragem considerados.

**Palavras chave:** Milho, minirizotrófia, azoto, intensidade radical, água de rega.

## Abstract

The experiment was conducted at the experimental Farm of INIA, located in Alvalade Sado. The objective of the present study was to quantify crop production and maize (*Zea mays* L.) root morphological response to variable levels of irrigation water and nitrogen. A line source sprinkler irrigation system was used. Treatments were imposed in a Split-block design with three replications and three levels of water (**W**) were considered, corresponding to three strips of 5 m width, parallel to the sprinkler line source, defined as follows: 0-5 m (**W**<sub>1</sub>); 5-10 m (**W**<sub>2</sub>) and 10-15 m (**W**<sub>3</sub>). Three nitrogen (**N**) levels, defined as 150 (**N**<sub>1</sub>); 250 (**N**<sub>2</sub>) and 350 (**N**<sub>3</sub>) Kg N/ha, plus a no-N treatment, were also imposed to interact with the applied water.

At five stages of the plant development, root intensity (number and length of root /cm<sup>2</sup> and number of root tips/cm<sup>2</sup>) was observed and recorded at different soil depths, using the minirhizotron technique with acrylic tubes installed midway between plants in the row (**L**<sub>1</sub>) and midway between rows (**L**<sub>2</sub>).

Significant differences between grain yield were observed with the various levels of water and nitrogen applied. The interaction water applied and nitrogen also increased significantly grain yield.

Concerning root parameters the results show an obvious response to the applied irrigation water, different sampling place or the applied irrigation water by sampling place, although not statistically testable with the line source sprinkler method. Root length intensity was not significantly different with nitrogen levels or with the nitrogen by irrigation interaction.

To know the maize rooting patterns two predict of maize root growth were developed for places (**L**<sub>1</sub>) between plants in the row and, (**L**<sub>2</sub>) between rows.

**Key words:** maize, minirhizotron, nitrogen, root intensity, irrigation water.

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> - Gráfico termopluviométrico referente ao período durante o qual decorreu o ensaio. ....	8
<b>Figura 2</b> - Delineamento experimental. ....	9
<b>Figura 3</b> - Diagrama esquemático da linha de aspersoresl. ....	11
<b>Figura 4</b> - Forma do diagrama pluviométrico do aspersor. ....	12
<b>Figura 5</b> - Cálculo da distância entre minirizotrões (a) e representação esquemática dos locais onde foram instalados os minirizotrões (b). ....	18
<b>Figura 6</b> - Minirizotrão protegido com tampa de polietileno escuro. ....	19
<b>Figura 7</b> - Pluviómetro. ....	20
<b>Figura 8</b> - Curva de calibração obtida no campo. ....	22
<b>Figura 9</b> - Curva de calibração característica da sonda capacitiva. ....	22
<b>Figura 10</b> - Equipamento utilizado na observação e quantificação das raízes. ....	24
<b>Figura 11</b> - Localização das fotografias ao longo do minirizotrão. ....	24
<b>Figura 12</b> - Determinação do campo de visão. ....	25
<b>Figura 13</b> - Exemplo de contagem de raízes pelo método proposto por Upchurch and Ritchie (1983) e Upchurch (1986). ....	27
<b>Figura 14</b> - Critérios para a contagem do número de extremidades das raízes proposta por Buckland <i>et al.</i> (1993). ....	27
<b>Figura 15</b> - Estados fenológicos do milho observados a partir da data de sementeira (30/4/97). ....	32
<b>Figura 16</b> - Água medida a diferentes distancias do ramal de aspersão. ....	34
<b>Figura 17</b> - Perfis de humidade do solo obtidos na 1ª rega e para os diferentes níveis de aplicação de água. ....	39

<b>Figura 18</b> - Perfis de humidade do solo obtidos na 2ª rega e para os diferentes níveis de aplicação de água.....	40
<b>Figura 19</b> - Perfis de humidade do solo obtidos na 3ª rega e para os diferentes níveis de aplicação de água.....	41
<b>Figura 20</b> - Perfis de humidade do solo obtidos na 5ª rega e para os diferentes níveis de aplicação de água.....	42
<b>Figura 21</b> - Perfis de humidade do solo obtidos na 7ª rega e para os diferentes níveis de aplicação de água.....	43
<b>Figura 22</b> - Intensidade radical para os diferentes tratamentos (água e azoto) observada na linha 57 dias após a sementeira.....	49
<b>Figura 23</b> - Intensidade radical para os diferentes tratamentos (água e azoto) observada na linha 80 dias após a sementeira.....	50
<b>Figura 24</b> - Intensidade radical para os diferentes tratamentos (água e azoto) observada na linha 112 dias após a sementeira.....	51
<b>Figura 25</b> - Intensidade radical para os diferentes tratamentos (água e azoto) observada na linha 135 dias após a sementeira.....	52
<b>Figura 26</b> - Intensidade radical para os diferentes tratamentos (água e azoto) observada na linha 147 dias após a sementeira.....	53
<b>Figura 27</b> - Intensidade radical para os diferentes tratamentos (água e azoto) observada na entrelinha 57 dias após a sementeira. ....	54
<b>Figura 28</b> - Intensidade radical para os diferentes tratamentos (água e azoto) observada na entrelinha 80 dias após a sementeira. ....	55
<b>Figura 29</b> - Intensidade radical para os diferentes tratamentos (água e azoto) observada na entrelinha 112 dias após a sementeira. ....	56
<b>Figura 30</b> - Intensidade radical para os diferentes tratamentos (água e azoto) observada na entrelinha 135 dias após a sementeira. ....	57
<b>Figura 31</b> - Intensidade radical para os diferentes tratamentos (água e azoto) observada na entrelinha 147 dias após a sementeira. ....	58
<b>Figura 32</b> - relação entre a produção de grão de milho e o comprimento.....	68
<b>Figura 33</b> - (A) comprimento radical/cm <sup>2</sup> ; (B) número de extremidades/cm <sup>2</sup> , como função do número de raízes /cm <sup>2</sup> .....	69

## Índice de quadros

<b>Quadro 1 - Características físicas do solo. ....</b>	<b>7</b>
<b>Quadro 2 - "Output" referente ao programa " Cropwat". ....</b>	<b>15</b>
<b>Quadro 3 - Fórmulas utilizadas na análise da produção da cultura. ...</b>	<b>28</b>
<b>Quadro 4 - Data e dotação das regas durante o ciclo cultural do milho. ....</b>	<b>33</b>
<b>Quadro 5 - Teores de água medidos e previstos para os três locais distanciados do ramal de aspersores: 2,5 m (<math>W_1</math>); 7,5 m (<math>W_2</math>) e 12,5 m (<math>W_3</math>). Cada valor representa a média de quatro pluviômetros. ....</b>	<b>35</b>
<b>Quadro 6 - Coeficiente de uniformidade determinado para os diferentes níveis de água e para as diferentes regas. ....</b>	<b>37</b>
<b>Quadro 7 - Parâmetros culturais avaliados (cada valor é o resultado da média de 3 locais e 5 plantas). ....</b>	<b>45</b>
<b>Quadro 8 - Valores de produção de grão para os quatro níveis de azoto e os três níveis de água estudados. ....</b>	<b>45</b>
<b>Quadro 9 - Valores de comprimento radical por unidade de superfície do solo (<math>cm/cm^2</math>) observados para os quatro níveis de azoto (N) e três níveis de água (W) em 5 épocas (DAS- dias após sementeira).....</b>	<b>62</b>
<b>Quadro 9 (cont.) - Valores de comprimento radical por unidade de superfície do solo (<math>cm/cm^2</math>) observados para os quatro níveis de azoto (N) e três níveis de água (W) em 5 épocas (DAS- dias após sementeira).....</b>	<b>63</b>
<b>Quadro 9 (cont.) - Valores de comprimento radical por unidade de superfície do solo (<math>cm/cm^2</math>) observados para os quatro níveis de azoto (N) e três níveis de água (W) em 5 épocas (DAS- dias após sementeira).....</b>	<b>64</b>

**Quadro 9 (cont.)** - Valores de comprimento radical por unidade de superfície do solo ( $\text{cm}/\text{cm}^2$ ) observados para os quatro níveis de azoto (N) e três níveis de água (W) em 5 épocas (DAS- dias após sementeira)..... 65

**Quadro 9 (cont.)** - Valores de comprimento radical por unidade de superfície do solo ( $\text{cm}/\text{cm}^2$ ) observados para os quatro níveis de azoto (N) e três níveis de água (W) em 5 épocas (DAS- dias após sementeira) ..... 66

## Lista de símbolos

Símbolo	Significado
A	Malha da quadrícula
At	Área do minirizotrão fotografada
C. U.	Capacidade utilizável do solo
CU	Coefficiente de uniformidade de Christiansen
Drc	Densidade radical
dm	Intensidade pluviométrica
ET	Evaporação da tina
Etc	Evapotranspiração da cultura de referência
Eto	Evapotranspiração da cultura em estudo
e	Época de observação do sistema radical
Ic	Índice de colheita
Ip	Intensidade pluviométrica num ponto
Irc	Comprimento de raízes por unidade de superfície do minirizotrão
Irn	Número de raízes por unidade de superfície do minirizotrão
Kc	Coefficiente cultural
Kt	Coefficiente da tina
L	Comprimento radical
Lágua	Leitura efectuada na água
Lar	Leitura efectuada no ar
L solo	Leitura efectuada no solo
L <sub>1</sub>	Situação na linha
L <sub>2</sub>	Situação na entrelinha
MSC	Matéria seca dos componentes
MST	Matéria seca total

Símbolo	Significado
N	Número total de intersecções; número de raízes; azoto
N <sub>0</sub>	Tratamento sem aplicação de adubação azotada de cobertura
N <sub>1</sub>	Tratamento com aplicação de 150Kg/ha de azoto em cobertura
N <sub>2</sub>	Tratamento com aplicação de 250Kg/ha de azoto em cobertura
N <sub>3</sub>	Tratamento com aplicação de 350Kg/ha de azoto em cobertura
Ng	Número de grãos por planta
n	Número de observações
PG	Produção de grão
Pp	População produtiva
PS <sub>grão</sub>	Peso do grão por planta
P <sub>1000 grãos</sub>	Peso de mil grãos
p	Profundidade
r	Raio de alcance do aspersor
W	Água
W <sub>1</sub>	Tratamento distanciado 2,5 m do ramal de aspersão
W <sub>2</sub>	Tratamento distanciado 7,5 m do ramal de aspersão
W <sub>3</sub>	Tratamento distanciado 12,5 m do ramal de aspersão
Xi	Altura de água em cada pluviómetro



---

# 1. Introdução

## 1.1. Considerações gerais

O conhecimento das características radicais das culturas, sob diferentes condicionalismos pedo-climáticos, constitui um contributo importante para a modelação da eficácia da aplicação de nutrientes e de água às culturas e minimização dos riscos para o ambiente, resultantes da lixiviação desses nutrientes, com conseqüente contaminação dos aquíferos. Uma correcta gestão da água da rega, para além de aumentar a sua eficiência de aplicação, diminui as perdas por percolação e por escoamento superficial.

Para compreender o uso da água pelas plantas, torna-se necessário estudar o contínuo solo-planta-atmosfera como um todo e não individualmente. Esta investigação passa pela análise da resposta das raízes e da parte aérea a diferentes regimes hídricos. O conhecimento da forma como as plantas respondem à água e a quantificação dos efeitos do "stress" hídrico sobre as produções reveste-se de uma enorme acuidade. Quando se toma como variável dependente a produção total de grão é evidente que as conseqüências do "stress" sobre a produção são não só função da sua intensidade e duração como também da fase de desenvolvimento em que ocorre. A maioria das culturas exhibe, com efeito, diferente sensibilidade ao "stress" hídrico ao longo do seu ciclo, sendo a fase reprodutiva a mais marcante.

O sistema radical, como órgão dinâmico que é, desenvolve-se com padrões biologicamente determinados que, em cada ponto do solo, são condicionados por outros factores, respeitantes às características do solo. A dinâmica do enraizamento poderá servir assim de indicador de técnicas

culturais a implementar. Parâmetros radicais como distribuição das raízes, densidade, intensidade radical e taxa de crescimento são por exemplo utilizados para explicar a resposta das culturas a diferentes níveis de aplicação de água e de nutrientes ao solo e a diferentes técnicas de preparação do solo como a sub-solagem. Por outro lado, a quantificação das raízes no espaço e no tempo, em função dos teores de água e de nutrientes aplicados, permite a definição de modelos, com aplicação na gestão do uso da água e dos nutrientes, fundamentais para assegurar uma bem sucedida agricultura de regadio.

O modelo de absorção de água a partir de várias regiões do solo, depende da distribuição das raízes bem como da distribuição da humidade do solo dentro do perfil (Taylor e Klepper, 1978). A proliferação radical é uma função inversa da profundidade do solo, por várias razões, onde se incluem a concentração de nutrientes, percentagem de oxigénio, resistência do solo e potencial mátrico (Merril *et al.*, 1979). Se o solo estiver uniformemente húmido, o fluxo de água no sentido da planta é influenciado principalmente pela distribuição das raízes e pela resistência destas ao fluxo longitudinal (Hillel, 1977). Quando o teor de água no solo não é uniforme as raízes desenvolvem-se nas zonas com potencial hídrico mais favorável.

Os níveis críticos do potencial de água do solo para os quais o crescimento radical é fortemente afectado variam com as culturas e condições de solo. Taylor e Klepper (1974) citados por Klepper (1991) numa experiência em rizotrófia obtiveram reduções significativas no crescimento radical da cultura do algodão, quando o potencial de água no solo atingia  $-0,1\text{MPa}$ . O mesmo efeito foi verificado por Ehlers (1980), em condições de campo para a cultura da batata e quando o potencial de água no solo atingia valores inferiores a  $-0,8\text{MPa}$ .

A absorção de nutrientes e água pelas plantas é grandemente influenciada pelo desenvolvimento e morfologia do sistema radical. Trabalhos experimentais desenvolvidos por Eghball e Maranville (1993), na cultura de milho (*Zea mays* L.) mostram que a relação raízes/parte aérea é maior para

baixos valores de azoto comparativamente com níveis adequados deste nutriente. Concluíram ainda que em condições de teores de azoto moderados ou de stress hídrico, o milho desenvolve maior massa e comprimento radicais

Segundo Robertson *et al.* (1980) o comprimento radical da cultura de milho apresenta valores mais elevados nos tratamentos sujeitos a regas pouco frequentes. Nesta situação o sistema radical é mais profundo e maior o volume de expansão radical o que dota as plantas de uma maior disponibilidade de água em situações de stress. Conclusões semelhantes foram obtidas por Newell e Wilhelm (1987), quando estudaram o comportamento das raízes do milho sob diferentes níveis de água e verificaram que esta afectava a distribuição radical no perfil do solo sendo as maiores profundidades de enraizamento observadas em situações de sequeiro. Também para o algodão longos intervalos entre regas, conduzindo a uma secagem temporária do solo, promovem o enraizamento das plantas em profundidade (Carami *et al.*, 1993).

Gregory *et al.* (1984) citado por Brown *et al.* (1987), constataram que aplicações de fósforo aumentavam o comprimento radical perto da superfície e que aplicações conjuntas de azoto e fósforo aumentavam o comprimento radical através do aprofundamento radical.

A resposta da cultura de milho às aplicações de azoto reflecte-se nos parâmetros radicais nomeadamente tamanho e morfologia do sistema radical (Mackay *et al.*, 1986). Engles *et al.* (1994) citado por Oliveira *et al.* (1994) referem que o sistema radical é dotado de plasticidade o que permite um aumento do crescimento radical nas camadas do solo com condições nutritivas e hídricas mais favoráveis em detrimento de outras menos favoráveis com consequente manutenção do equilíbrio nutricional da planta.

Van Noordwijk e Willigen (1987) citados por Richner *et al.* (1996) afirmam existir um equilíbrio morfogenético entre a parte aérea e as raízes do milho. Assim, um bom desenvolvimento vegetativo é o resultado de um sistema radical extenso que responda às necessidades da parte aérea da

planta. No entanto Wiesler *et al.* (1994) não encontraram uma relação consistente entre a parte aérea do milho e o comprimento das raízes.

A reconhecida importância dos estudos sobre o sistema radical das culturas, criou a necessidade de encontrar técnicas que permitissem o seu estudo de uma forma detalhada. Existem vários métodos, directos e indirectos, de estudo das raízes, dependendo a escolha do método a usar (Böhm, 1979 citado por Oliveira, 1988) do objectivo pretendido, não existindo por isso um método ideal para dar resposta a todas as questões.

A maioria dos métodos são morosos e conduzem principalmente a uma intensa destruição dos talhões de ensaio, interferindo no crescimento radical, pela alteração das condições iniciais do solo, e induzindo erros em qualquer observação feita posteriormente.

Tendo em conta as limitações dos métodos destrutivos desenvolveram-se outros, menos agressivos para as condições do solo, de entre os quais se salienta o método do minirizotrão por ser um sistema prático de avaliação *in situ*, assegurando a observação no espaço e ao longo do tempo do crescimento radical, tendo um manuseamento fácil e permitindo a obtenção de dados para análise estatística.

O método do minirizotrão implica a instalação de tubos transparentes de acrílico - os minirizotrões - permitindo a visualização e registo do sistema solo-raiz por intermédio de uma câmara fotográfica. Esta técnica é excelente para estudar a dinâmica do sistema radical, permitindo também avaliar o efeito da água e de nutrientes na espessura do solo ocupada pelas raízes.

## 1.2.Objectivos do trabalho

O presente trabalho foi desenvolvido tendo em conta os seguintes objectivos: (i) estudo da dinâmica do enraizamento do milho em função da água e da adubação azotada a que a cultura foi sujeita; (ii) utilização da técnica do minirizotróo e (iii) obtenção de funções de produção de raízes (intensidade radical) em relação a teores de água, profundidade e época de observação. O estudo pretende ainda obter funções de produção de grão em relação a teores de água e de azoto aplicado.

Este estudo foi feito no âmbito do projecto PRAXIS XXI - refª 3/3.2/AGR/2190/95, intitulado " Caracterização eco-morfológica dos sistemas radicais de culturas herbáceas em regadio".

---

## 2. Material e Métodos

### 2.1. Caracterização do local de ensaio

A experimentação de campo decorreu na Estação Experimental do Departamento de Regadio do INIA, situada na região de Alvalade do Sado (37°; 8° 24' W; 61m de altitude), na bacia hidrográfica do rio Sado e durante a campanha de rega (Abril a Setembro) de 1997.

O solo do campo de ensaio foi classificado por CARDOSO, como pertencendo à Ordem dos Solos Incipientes, Família dos Aluviosolos Modernos não calcários, de textura mediana (símbolo A). Estes solos, pertencentes à Sub-ordem dos Aluviosolos, são designados por "Fluvisolos" de acordo com a classificação da FAO-UNESCO, designação esta que está relacionada com as propriedades fluviais nomeadamente a existência de depósitos feitos pelo rio e como "Entisols" na "USDA Soil Taxonomy".

Como um dos aspectos mais relevantes desta família podemos referir a reduzida actuação dos processos pedogenéticos, a não ser uma acumulação de matéria orgânica à superfície, que nunca atinge grandes proporções porque a taxa de mineralização é elevada. As camadas sedimentares depositaram-se em diferentes ocasiões e distinguem-se por características diversas tais como a pedregosidade, espessura e cor. Dado que estão praticamente reduzidos ao material originário, são do tipo ApC. O quadro 1 ilustra algumas propriedades físicas do solo no terreno onde a experimentação foi conduzida.

Quadro 1 - Características físicas do solo.

Prof. (cm)	Dimensão das partículas			Densidade aparente	Porosidade Total (%)	pF 4,2 (%)	pF 2,5 (%)	C.U. (%)
	Escala de Atterberg (%)							
	areia	limo	argila					
0-10	54,5	32,0	13,5	1,42	46,4	8,5	20,5	12,0
10-20	54,5	32,0	13,5	1,53	42,3	8,1	18,9	10,8
20-30	50,3	20,8	24,9	1,53	42,3	8,0	18,6	10,6
30-40	50,3	54,3	20,8	1,53	42,3	8,7	18,3	9,6
40-50	50,3	54,3	20,8	1,53	42,3	10,3	21,8	10,4
50-60	50,3	54,3	20,8	1,6	39,6	11,2	21,6	10,4
60-70	54,3	20,8	24,9	1,53	39,6	10,7	21,8	11,1
70-80	54,3	20,8	24,9	1,55	37,7	11,7	22,1	10,4

Fonte: (Varela, 1996)

Os dados climáticos referentes ao período durante o qual decorreu o ensaio (Fig. 1) foram obtidos a partir do posto meteorológico localizado na Estação do INIA de Alvalade do Sado. A partir destes dados e de acordo com a classificação de Thornthwaite, o clima é considerado como sub-húmido seco, mesotérmico, com moderado excesso de água no Inverno (a precipitação média ronda os 521 mm, com incidência entre os meses de Outubro e Maio) e nula ou pequena concentração da eficiência térmica na estação quente, apresentando um índice de humidade de 15,58; índice de aridez de 47,88; índice hídrico -13,15; cuja fórmula climática é C1 B'2 As'.

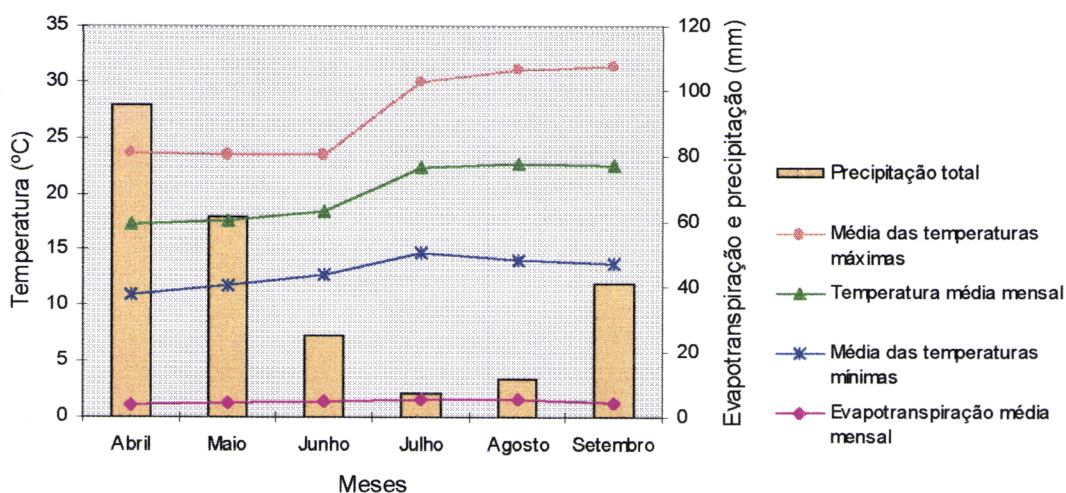


Figura 1- Gráfico termopluviométrico referente ao período durante o qual decorreu o ensaio.

## 2.2. Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos foram impostos em Strip-plot, com três repetições, onde o nível de adubação por ser aleatório foi considerado o factor principal e o nível de água o factor secundário.

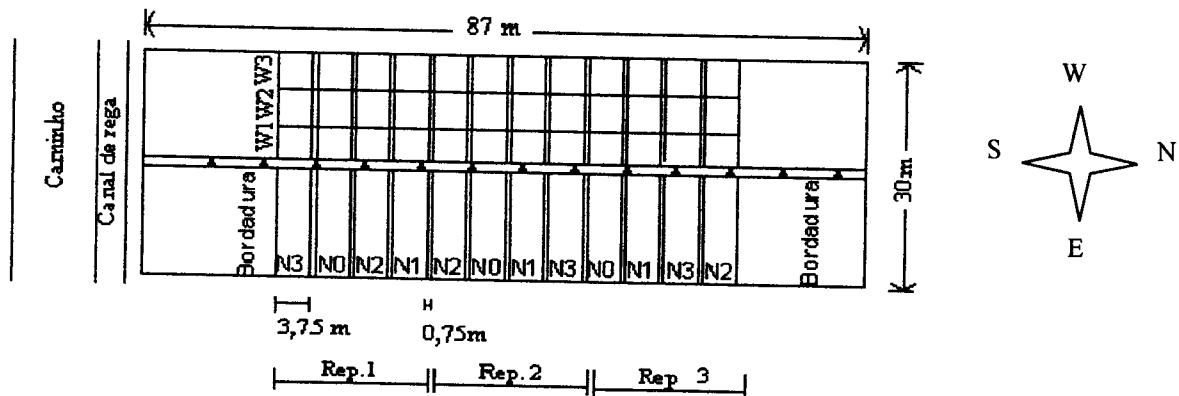
Os tratamentos relativos à adubação foram quatro, envolvendo os seguintes níveis de adubação azotada, aplicados em cobertura, e correspondendo a quatro faixas perpendiculares à linha de aspersores dentro de cada repetição (Fig. 2).  $N_0$  - sem azoto de cobertura;  $N_1$  - 150 kg/ha de N;  $N_2$  - 250 kg/ha de N;  $N_3$  - 350 kg/ha.

Em virtude da intensidade de aplicação de água diminuir gradualmente com a distância à linha de aspersores, localizada no centro do campo de ensaio e de acordo com a sua maior dimensão, foram considerados três níveis de água, impostos em faixas paralelas à linha de aspersores com 5 m de largura e definidas, de acordo com a distância à linha de aspersores:



$W_1$  – 0-5 m;  $W_2$  – 5-10 m e  $W_3$  – 10-15 m. Tendo as diferentes observações incidido sobre o ponto médio das referidas faixas.

Por repetição, existiam 12 talhões com dimensões de  $18,75 \text{ m}^2$  (5 m x 3,75 m), englobando cinco linhas de cultura (Fig. 2).



Legenda:

- ▲— - ramal porta aspersores
- W1, W2, W3 - níveis de água
- N0, N1, N2, N3 - níveis de azoto

Figura 2 - Delineamento experimental.

## 2.3. A rega

### 2.3.1. Características e instalação do sistema de rega “line source”

Para estudar a resposta das plantas a níveis bastante diferenciados da satisfação das necessidades hídricas e equacionar funções da produção em função da água ou da intensidade radical em função da água, recorreu-se a um sistema que aplicasse quantidades de água decrescentes ao longo da largura do campo de ensaio. Dado que se dispunha de uma área reduzida, optou-se pelo dispositivo “line source” desenhado e descrito por Hanks *et al.*

(1976). Segundo este autor o critério do desenho para o padrão de aplicação de água a partir da linha de aspersores é a obtenção de um perfil triangular desejável, o que só é conseguido quando os aspersores estão próximos ao longo da linha. Refere ainda que a melhor uniformidade ao longo do campo de ensaio é conseguida quando os aspersores estão espaçados cerca de 10% do seu diâmetro molhado, obtendo-se valores de uniformidade razoáveis para valores de espaçamento de aproximadamente 20-25% do diâmetro molhado. O espaçamento ideal não é o mais económico, havendo aqui uma situação em que é necessário fazer um ajuste entre o custo do sistema e o espaçamento dos aspersores.

No presente ensaio o ramal porta aspersores foi colocado no centro do campo experimental (87 m x 30 m) e de acordo com a sua maior dimensão. O ramal tinha 13 aspersores espaçados entre si 6 m, o que correspondia a 20% do diâmetro molhado, o qual foi de 30 m. O primeiro aspersor ficou localizado a uma distância de 12 m da extremidade do campo de ensaio. Uma boa uniformidade de distribuição de água ao longo da linha de aspersores e perpendicularmente a esta só é conseguida no intervalo compreendido entre a meia distância do segundo e terceiro aspersores e a meia distância do décimo primeiro e décimo segundo aspersores (Fig. 3). Só neste intervalo é que a taxa de aplicação de água em cada faixa de 5 m é o resultado do débito de igual número de aspersores.

Foram seleccionados aspersores de impacto rotativos, com duas bocas, de 4,8 mm e 2,38 mm respectivamente, que operavam com uma pressão de aproximadamente  $3,5 \text{ kg/cm}^2$ , produzindo um diâmetro molhado de 30 m. Os aspersores estavam montados em troços de tubo que tinham altura variável de acordo com a altura das plantas e que se encontravam ligados ao ramal por válvulas de pressão, permitindo assim a fácil mudança dos aspersores.

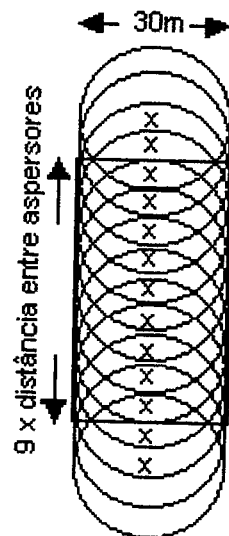


Figura 3 - Diagrama esquemático da linha de aspersores mostrando o perímetro molhado de cada aspersor

Com o objectivo de aferir a uniformidade de aplicação de água à cultura do milho calculou-se, para cada um dos três níveis de água impostos pelo delineamento experimental ( $W_1$ ,  $W_2$  e  $W_3$ ), os dois indicadores habituais de uniformidade: coeficiente de uniformidade de Christiansen,  $C_u$

$$C_u = 100 \left( 1.0 - \frac{\sum |X_i - \bar{X}|}{n\bar{X}} \right) \quad (1)$$

Em que:

$C_u$  = coeficiente de uniformidade (%);

$X_i$  = altura de água em cada pluviómetro (mm);

$\bar{X}$  = média de todos os valores (mm);

$n$  = número de leituras;

e a uniformidade de distribuição, UD

$$UD = \frac{\bar{X}_{qi}}{\bar{X}} \quad (2)$$

Em que:

$\bar{X}$  = média de todos os valores (mm);

$\bar{X}_{qi}$  = média das 25% menores alturas de água recolhidas (mm).

Para relacionar a intensidade pluviométrica com a distância ao aspersor e prever a pluviometria a registrar no ponto médio de cada talhão (2,5; 7,5; 12,5 m), recorreu-se à fórmula da elipse, uma vez que o diagrama pluviométrico do aspersor se assume como elíptico (Fig.4).

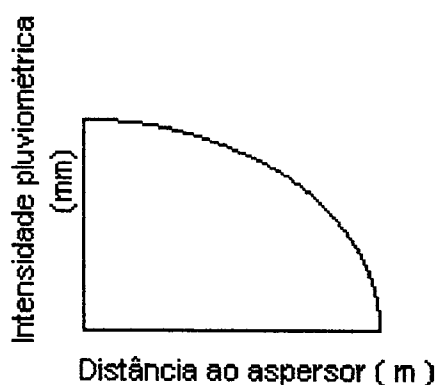


Figura 4 - Forma do diagrama pluviométrico do aspersor.

Fórmula da elipse:

$$\frac{x^2}{r^2} + \frac{ip^2}{dm^2} = 1 \quad (3)$$

Em que:

X = distância ao aspersor (m);

r = raio de alcance do aspersor (m);

$I_p$  = intensidade pluviométrica num ponto x (mm);

$I_m$  = intensidade pluviométrica máxima do aspersor (mm).

### 2.3.2. Cálculo da rega

O critério de definição da oportunidade da rega foi o de que esta se iria processar logo que o volume de água armazenado no solo atingisse 70% da capacidade utilizável do solo. De acordo com Varela (1996), tomou-se o valor de 133,36 mm para a capacidade utilizável do solo. Assim, em cada rega iriam ser aplicados 40 mm de água ao solo, de modo a restabelecer a sua capacidade utilizável.

A evapotranspiração de referência ( $E_{To}$ ) foi estimada a partir dos valores da evaporação medida em tina evaporimétrica, multiplicados por um “coeficiente da tina”,  $K_t$ , conforme Doorenbos e Pruitt (1977):

$$E_{To} = K_t \times E_t \quad (4)$$

Em que:

$E_{To}$  = evapotranspiração da cultura de referência;

$K_t$  = coeficiente da tina, os valores deste coeficiente variaram entre 0,75 e 0,85, de acordo com Doorenbos e Pruitt (1977), e considerando que a tina da estação meteorológica de Alvalade estava colocada numa zona cultivada e verde, sujeita a diferentes condições diárias de humidade relativa e de vento onde a extensão de cultura do lado de onde sopra o vento era de 100 m

$E_t$  = evaporação da tina.

A evapotranspiração da cultura de milho ( $ET_c$ ) difere da evapotranspiração da cultura de referência ( $ET_o$ ) devido às características particulares desta, nomeadamente a sua folhagem, fenologia e distribuição das raízes. O resultado global destes aspectos é quantificado para cada cultura através do coeficiente cultural ( $K_c$ ), tal que:

$$ET_c = E_t \times K_t \times K_c \quad (5)$$

Em que:

$ET_c$  = evapotranspiração cultural (40 mm);

$E_t$  = evaporação da tina (mm) ;

$K_t$  = coeficiente da tina (0,75; 0,80 e 0,85);

$K_c$  = coeficiente cultural (variável ao longo do ciclo vegetativo da cultura, conforme Quadro 2).

A evapotranspiração da tina foi medida diariamente, e quando o seu somatório atingia o valor obtido na expressão anterior, era necessário regar. Admitiu-se que a aplicação de água ao campo de ensaio seria da ordem dos 80%, o que levou a calcular como sendo de aproximadamente 50 mm a dotação real de cada rega. O número de horas a regar foi calculado em função do caudal debitado por cada um dos aspersores (características definidas em 2.3.1).

Como auxiliar técnico na gestão de água da cultura e no conhecimento da duração dos estádios de desenvolvimento do milho, recorreu-se preliminarmente ao programa "Cropwat". Para além da data de sementeira (30 de Abril de 1997), cultura em estudo (milho), que são "input" do programa este necessita de alguma previsão em termos climáticos, para a qual se considerou os dados referentes a um ano anterior. Obtiveram-se como "output": datas dos estádios de desenvolvimento da cultura e respectivo coeficiente cultural, evapotranspiração cultural e rega requerida (Quadro 2).

Quadro 2 - "Output" referente ao programa "Cropwat".

Mês	Decénio	Estádio da cultura	Kc	Etc (mm/decé.)	Precipitação (mm/decé.)	Dotação (mm/decé.)
Maio	1	Inicial	0,45	16,2	16,6	0,0
Maio	2	Inicial	0,45	17,5	9,5	8,0
Maio	3	Inici./desen	0,50	23,2	6,3	16,8
Junho	1	Desenvolvimento	0,64	35,2	2,5	32,7
Junho	2	Desenvolvimento	0,82	51,7	0,0	51,7
Junho	3	Desenvolvimento	1,01	65,8	0,0	65,8
Julho	1	Intermédio	1,10	75,5	0,0	75,5
Julho	2	Intermédio	1,10	79,2	0,0	79,2
Julho	3	Intermédio	1,10	74,8	0,0	74,8
Agosto	1	Intermédio	1,10	69,7	0,0	69,7
Agosto	2	Final	1,01	60,5	0,0	60,5
Agosto	3	Final	0,83	46,2	0,0	46,2
Setembro	1	Final	0,64	34,2	0,0	34,2
Total				649,8	35,0	615,2

## 2.4. Preparação do campo de ensaio

### 2.4.1. Operações culturais e piquetagem do campo

As operações culturais, efectuadas com o objectivo de preparar o terreno para a cultura, seguiram o modelo tradicional que se caracteriza por uma lavoura profunda (40 cm) seguida de duas gradagens cruzadas, com grade de discos, servindo a primeira para destorroar e nivelar o solo e a segunda para incorporar a adubação de fundo (400 kg/ha de adubo 7-21-21). A cultura estudada foi o milho (*Zea mays* L.) variedade capitán, híbrido

simples de espiga comprida, folhagem semi-erecta, pertencente à classe de precocidade FAO 400. A sementeira efectuou-se no dia 30 de Abril de 1997, tendo-se utilizado um semeador de linhas e aplicando-se simultaneamente uma adubação de 100 kg/ha de adubo 7-21-21, de modo a garantir uma aplicação mais localizada do adubo. A densidade de sementeira foi a correspondente a uma população de 83000 plantas/ha, com uma distância de 75 cm na entrelinha e de 16 cm na linha.

Antes da sementeira (20 de Abril de 1997), procedeu-se ao alagamento do campo de ensaio para que este fosse levado à capacidade de campo.

Previendo-se a existência de infestantes anuais gramíneas e dicotiledóneas, efectuou-se no dia 30 de Abril de 1997, imediatamente antes da sementeira, uma aplicação, com incorporação ligeira, de herbicida primextra 500 FW, 6 l/ha, em solução aquosa com 200 g/l de atrazina + 300 g/l de metacolor. Para aplicação do herbicida usou-se um pulverizador de barras com bicos em leque.

A adubação de cobertura foi feita manualmente, a lanço, com adubo nitroamoniaco (26%) e realizou-se quando toda a cultura tinha atingido o estado Joelheiro, o que ocorreu no dia 24 de Junho de 1997.

Para evitar o escoamento superficial, como consequência da rega e de modo a aumentar a eficiência de aplicação e a uniformidade de distribuição, procedeu-se à abertura de covachos na entrelinha onde a água ficava retida até que se infiltrasse. Estes covachos funcionavam assim como bacias de infiltração. Os covachos foram abertos quando a cultura tinha atingido o estágio de 4 folhas.

A divisão do campo de ensaio efectuou-se de acordo com as modalidades e repetições referidas em 2.2. e consistiu na colocação de estacas de madeira, convenientemente identificadas, à cabeceira dos vários talhões bem como das ruas entre faixas horizontais consecutivas. Dentro dos talhões onde se efectuavam as observações procedeu-se às seguintes marcações:



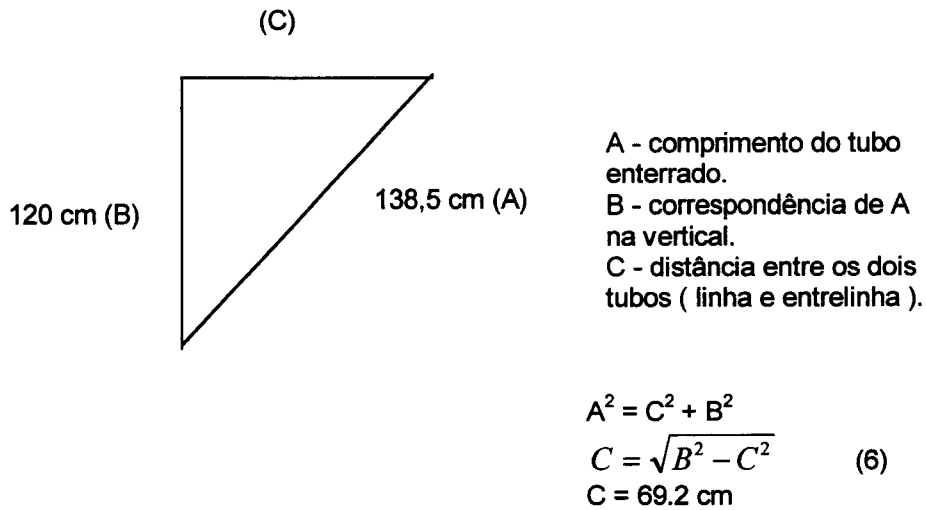
- 1 - marcação dos locais para a instalação dos minirizotróes (2ª linha e na entrelinha entre a 2ª e 3ª linha);
- 2 - marcação dos locais para a instalação dos tubos de acesso à sonda capacitiva (4ª linha de todas as modalidades da 3ª repetição);
- 3 - marcação dos locais para instalação dos pluviómetros (3ª linha de todas as modalidades da 2ª repetição ).

#### **2.4.2 Instalação dos minirizotróes**

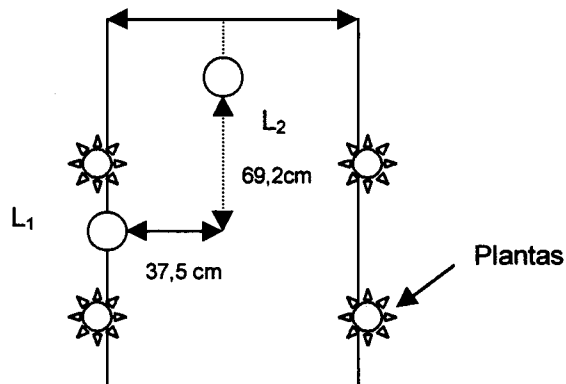
Para avaliar as características radicais em estudo (número de raízes, comprimento radical e número de extremidades), foi utilizada a técnica do minirizotróo. Os minirizotróes foram instalados em todas as repetições, dois por talhão em dois locais distintos:  $L_1$  - entre plantas na linha; e  $L_2$  - na entrelinha. Para evitar interferências entre os minirizotróes instalados nos dois locais, estes ficaram a uma distância de 69,2 cm (Fig. 5).

Os minirizotróes usados eram tubos de acrílico com 150 cm de comprimento, 6 cm de diâmetro externo e 5,2 cm de diâmetro interno. Os tubos foram instalados manualmente em furos feitos no solo, com dimensão aproximada à dos tubos, com recurso a uma sonda montada num suporte metálico, usado com o objectivo de garantir uma inclinação de 30° a partir da vertical. Este procedimento visa reduzir a probabilidade das raízes crescerem ao longo da interface solo-tubo, muito maior em tubos instalados na vertical (Upchurch e Ritchie, 1983). Após a abertura dos furos para instalação dos tubos procedeu-se ao “avivamento” das paredes dos mesmos, com a ajuda de um escovilhão, de forma a criar uma certa rugosidade e assim garantir um bom contacto entre o solo e as paredes do minirizotróo. Na extremidade superior do minirizotróo colocou-se uma tampa de PVC, revestida de polietileno preto, para evitar a entrada da luz com consequente fototropismo

negativo e evitar a entrada de humidade e materiais estranhos que pudessem interferir nas observações (Fig. 6).



(a)



(b)

Figura 5 - Cálculo da distância entre minirizotrófios (a) e representação esquemática dos locais onde foram instalados os minirizotrófios (b).



Figura 6 - Minirizotróo protegido com tampa de polietileno escuro.

## 2.5. Condições hídricas do solo

Para a caracterização dos perfis de humidade do solo utilizou-se a sonda capacitiva tipo IH1. Para o efeito foram instalados 12 tubos de acesso (conforme descrito em 2.5.1.), correspondentes aos 12 talhões da 3ª repetição e dentro de cada talhão na 4ª linha de cultura. As determinações foram feitas até aos 120 cm de profundidade, em intervalos de 10 cm e realizaram-se em duas ocasiões: antes da rega e 48 horas após esta.

Os tubos de acesso à sonda foram instalados no ponto médio de cada talhão distanciados do ramal de rega de 2,5; 7,5 e 12,5 m, correspondentes aos três níveis de rega estudados. Nestes, a água aplicada foi medida com o recurso a pluviómetros instalados em todos os talhões da 2ª repetição (Fig. 7)

O critério seguido para a instalação dos pluviômetros foi idêntico ao que já tinha sido utilizado na instalação dos tubos de acesso à sonda capacitiva.

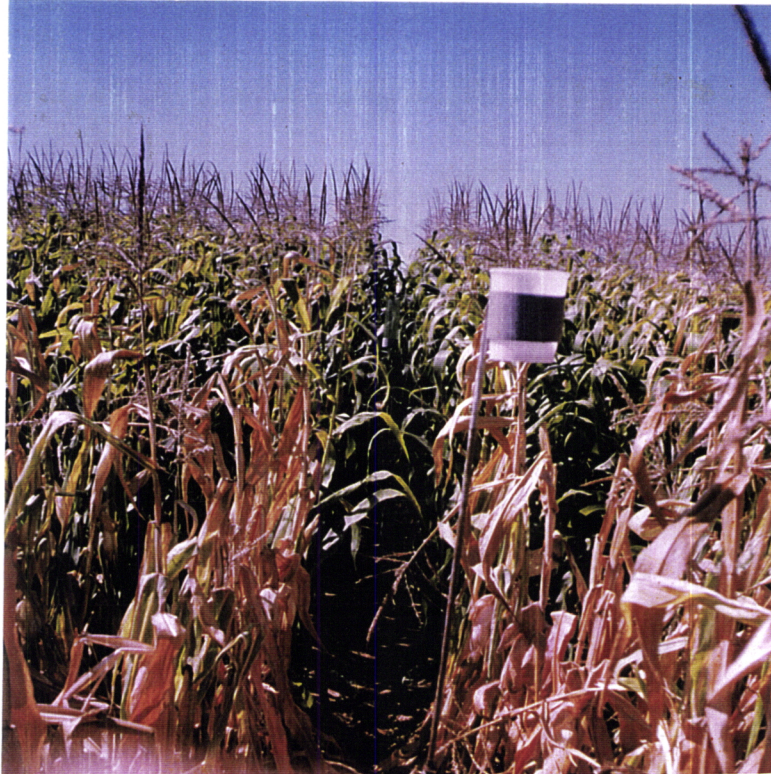


Figura 7 - Pluviômetro.

### **2.5.1. Calibração da sonda capacitiva**

Preliminarmente à instalação do ensaio efectuou-se a calibração da sonda, utilizada na avaliação da humidade do solo. Para o efeito utilizaram-se tubos de PVC com 150 cm de comprimento e 4,9 cm de diâmetro interno. Na parte inferior do tubo de acesso foi colocada, sob pressão, uma extremidade metálica cortante, que tinha como função facilitar a perfuração do solo e também permitir o atarrache do tubo guia, interior ao tubo de acesso. Este conjunto foi fixado ao solo com o auxílio de um prato-tripé, cujo nivelamento e fixação ao solo é feito por um conjunto de âncoras. A instalação dos tubos de

acesso foi feita após a remoção do solo, com o auxílio de uma sonda. A terra removida, em cilindros de 4 cm de altura, serviu para a determinação da humidade pelo método gravimétrico, posteriormente convertida em humidade volumétrica a partir dos valores da densidade aparente, determinados para cada camada de solo.

Quando a extremidade superior do tubo de acesso atingiu o prato-tripé, o tubo guia foi desatarrachado e removidas as âncoras e o prato-tripé. Na extremidade superior do tubo foi colocada uma rolha para evitar a entrada de materiais estranhos que posteriormente interferissem nas leituras.

A calibração da sonda consistiu no estabelecimento de uma relação entre as leituras relativas ou frequência universal (UF) e os valores da humidade ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ ) do solo  $\theta = f(\text{UF})$ .

Para determinação da frequência universal utilizou-se a fórmula:

$$UF = \frac{Lar^{7.692} - Lsolo^{7.692}}{Lar^{7.692} - L\acute{a}gua^{7.692}} \quad (7)$$

Em que:

Lar = leituras efectuadas diariamente ao ar;

Lsolo = leituras efectuadas no solo;

L\acute{a}gua = leituras efectuadas diariamente na \acute{a}gua.

Uma regress\~ao exponencial para 33 pontos, entre o teor de \acute{a}gua no solo e a frequ\~encia universal permitiu obter a curva de calibra\~ao da sonda para este solo (Fig. 8)

No entanto tal como \acute{e} vis\~avel na figura 8, todos os pontos determinados ficaram situados na zona superior da curva, apresentando teores de humidade elevados, provavelmente devido ao alagamento a que o campo de ensaio ficou sujeito antes da sementeira. Em virtude do que atr\~as foi referido e como n\~ao houve disponibilidade para fazer novas leituras noutra situa\~ao de potencial h\~idrico do solo optou-se pela utiliza\~ao da curva de

calibração característica da sonda capacitiva fornecida pelo manual (Fig.9). Esta curva prevê a utilização do aparelho para um vasto número de condições edáficas.

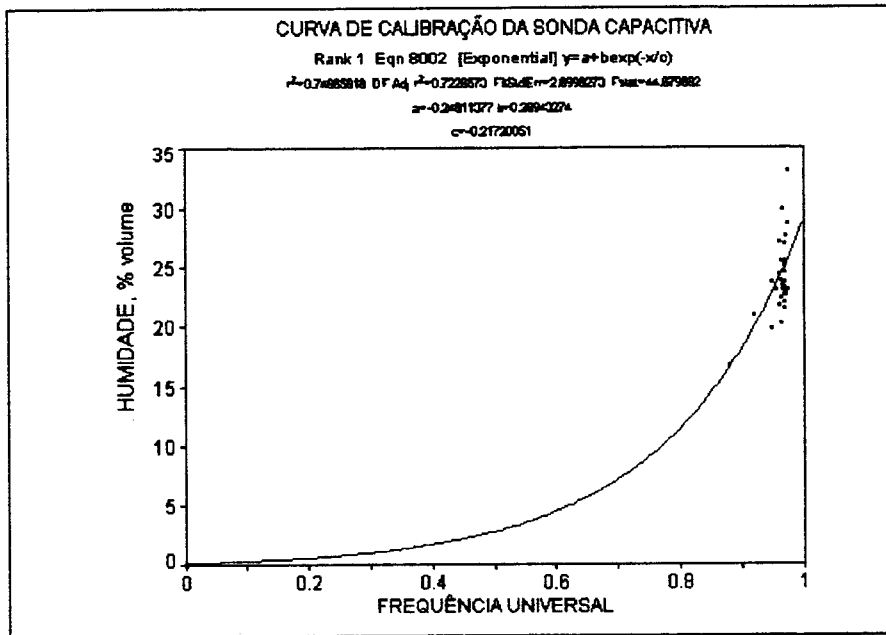


Figura 8 - Curva de calibração obtida no campo.

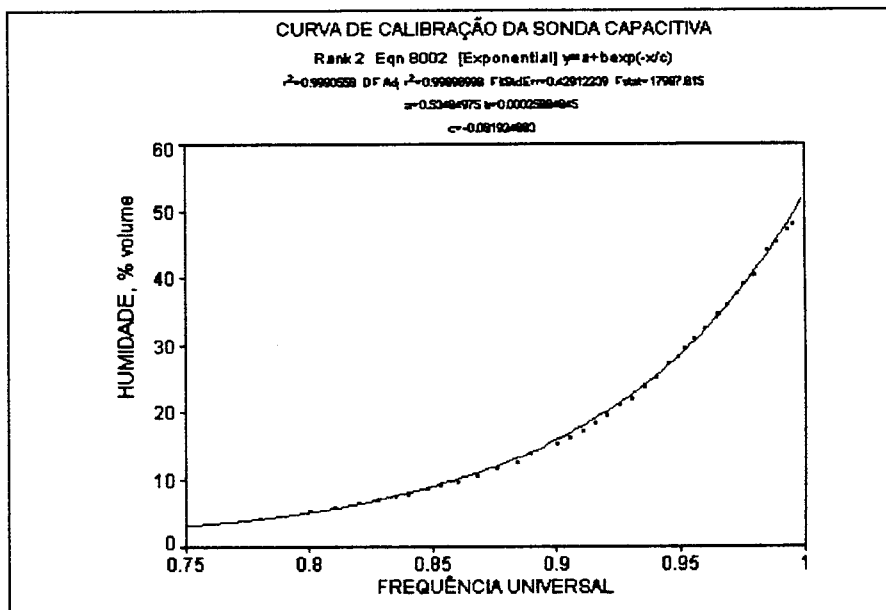


Figura 9 - Curva de calibração característica da sonda capacitiva.

## **2.6. Características culturais estudadas e métodos utilizados na sua quantificação**

### **2.6.1. Características relativas ao enraizamento**

As observações do sistema radical foram feitas em 5 estádios de desenvolvimento da cultura: 9 folhas (57 dias após a sementeira); floração (80 dias após a sementeira); grão leitoso (112 dias após a sementeira); maturação fisiológica (135 dias após a sementeira) e colheita (147 dias após a sementeira).

Em todos os talhões, o crescimento radical foi observado e fotografado com o auxílio de um endoscópio, ligado a uma câmara fotográfica por um adaptador. Um cabo de fibra óptica conduzia a luz emitida por uma fonte de luz tornando possível a iluminação do campo de visão do endoscópio e permitindo fotografar as raízes que cresciam junto à parede do minirizotrão (Fig 10).

As fotografias foram obtidas a profundidades correspondentes a incrementos de 10 cm na vertical e no ponto médio de cada profundidade. Sendo a parte do tubo enterrado de 138,5 cm, o número de fotografias tiradas ao longo do tubo foi de 12 (Fig.11). O número de fotografias a tirar em cada tubo foi determinado tendo em conta:

características do minirizotrão:  $\varnothing = 60$  mm; espessura = 4 mm

características do endoscópio:  $\varnothing = 8$  mm ; ângulo de visão = 55°

características do tubo guia: espessura = 1 mm

Com os dados anteriormente indicados calculou-se a distância da ocular do endoscópio à zona a fotografar:  $60-4-8-1 = 47$  mm



Figura 10 - Equipamento utilizado na observação e quantificação das raízes.

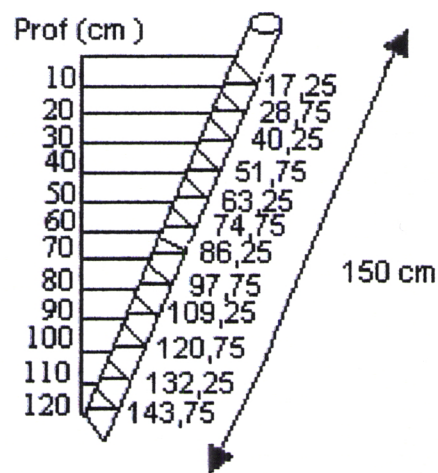
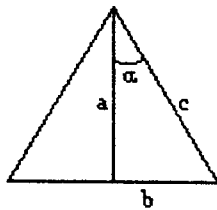


Figura 11 - Localização das fotografias ao longo do minirizotróo.



O campo de visão (2b) (Fig. 12) foi determinado da seguinte forma:



$\alpha = 27.5^\circ$   
 $\tan \alpha = b/a$   
 $B = 0.52 \times 47 = 24.46 \text{ mm}$   
 Campo de visão (2b) = 48.9 mm

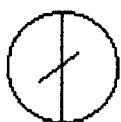
Figura 12 - Determinação do campo de visão.

Para um campo de visão de 48,9mm, a área de cada fotografia foi de 1880,5mm<sup>2</sup>.

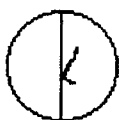
Para fotografar as raízes que intersectavam a paredes do minirizotrão foram utilizados rolos fotográficos ASA 400 de sensibilidade 160 T com slides de 34x36 mm, que depois de convenientemente identificados, foram revelados.

A partir das imagens obtidas e através do método das intersecções (Tennant, 1976), determinou-se o comprimento radical. Para tal, contou-se o número total ( N ) de intersecções que as raízes faziam com linhas verticais e horizontais de uma quadrícula de malha 0.5 cm ( A ), sobreposta ao monitor de um projector de slides. Nesta contagem utilizou-se o seguinte critério:

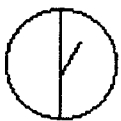
nº de intersecções



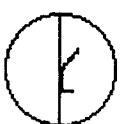
Quando a raiz atravessa a linha



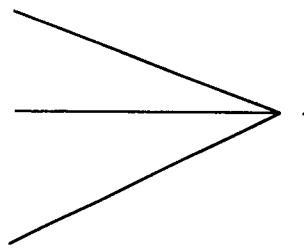
Quando a raiz toca na linha curvando



Quando a raiz toca na linha terminando nela



Quando a raiz toca na linha e cresce ao longo dela \_\_\_\_\_ 2



O comprimento radical ( L ) é dado pela fórmula:

$$L = (11/14) \times N \times A \quad (8)$$

Em que:

L = comprimento radical (cm);

N = número de intersecções ( verticais + horizontais );

A = malha da quadrícula (cm).

Como a malha da quadrícula utilizada era de 0,5 cm, a expressão foi simplificada:

$$L = 0.3928 \times N \quad (9)$$

A intensidade radical foi avaliada em termos de comprimento de raízes por unidade de superfície do tubo ( Irc ) (cm/cm<sup>2</sup>) sendo obtida através de:

$$Irc = L/At \quad (10)$$

Em que:

Irc = comprimento de raízes por unidade de superfície do tubo (cm/cm<sup>2</sup>);

L = comprimento radical (cm);

At = área do tubo fotografada (cm<sup>2</sup>).

A intensidade radical foi também avaliada em termos de número de raízes (Irn) através da fórmula:

$$Irn = N/At \quad (11)$$

Em que:

Irn = número de raízes por unidade de superfície do tubo (nº/m<sup>2</sup>);

N = número de raízes ;

At = área do tubo fotografada.

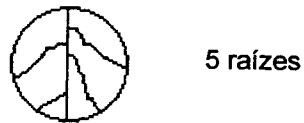


Figura 13 - Exemplo de contagem de raízes pelo método proposto por Upchurch and Ritchie (1983) e Upchurch (1986).

Esta característica radical foi obtida através da contagem do número total de raízes que intersectavam o tubo na área fotografada. Cada raiz contava 1 e cada ramificação contava também 1 (Fig.13).

Outro parâmetro utilizado na quantificação do enraizamento foi a contagem do número de pontos de contacto, ou seja, o número de extremidades das raízes. De acordo com Buckland *et al.*(1993), uma raiz pode intersectar várias vezes o tubo e por isso ser contada várias vezes. Para minimizar essas interferências, apenas contaram-se apenas as extremidades das raízes (Fig.14).

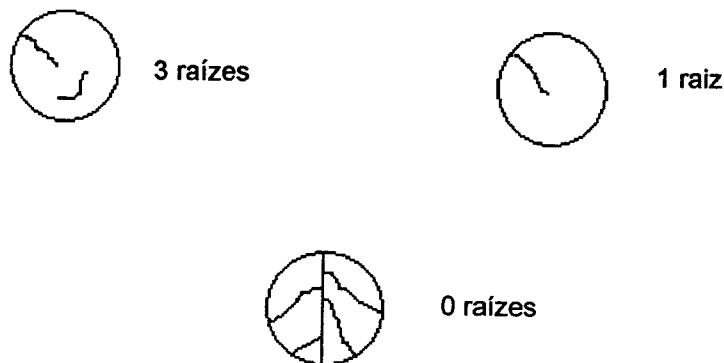


Figura 14 - Critérios para a contagem do número de extremidades das raízes proposta por Buckland *et al.* (1993).

A fim de se obter um valor que caracterizasse o enraizamento verificado em cada tratamento optou-se por converter os valores da

intensidade radical  $I_{rc}$  ( $\text{cm}/\text{cm}^2$  de superfície do tubo) em densidade radical  $D_{rc}$  ( $\text{cm}/\text{cm}^3$  do solo), através da equação:

$$Y = 0,2295x + 0,0419; R = 0.58; n = 42 \quad (12)$$

obtida por Rasquilha (1997) para a mesma cultura e local. Posteriormente os valores densidade radical obtidos às diferentes profundidades (até 120cm), foram multiplicados pela espessura do solo respectiva (10 cm) e depois somados obtendo-se assim o valor do comprimento radical total/unidade de superfície do solo, o qual foi utilizado na análise estatística.

### 2.6.2. Produção de grão e biomassa total

Os parâmetros relativos à produção foram avaliados por tratamento e repetição na época da colheita (29 de Setembro de 1997), tendo incidido sobre 5 plantas consecutivas da linha seleccionada para avaliação da produção. Os parâmetros medidos foram: produção de grão, matéria seca total, número de grãos por unidade de superfície, índice de colheita e peso de 1000 grãos (Quadro 3).

Quadro 3 - Fórmulas utilizadas na análise da produção da cultura.

Parâmetros	Símbolos	Fórmulas	Unidades
Produção de grão (14%)	PG	$PG = P_p \times PS_{\text{grão}} \times 10^4$	Kg/ha
Matéria seca total	MST	$MST = P_p \times (PS_{\text{grão}} + MSC) \times 10^4$	Kg/ha
Nº de grãos /m <sup>2</sup>	Nº/ m <sup>2</sup>	$N^\circ /m^2 = N_g \times P_p$	Grão/m <sup>2</sup>
Índice de colheita	IC	$IC = MSG/MST$	Adimensional
Peso de 1000 grãos	$P_{1000g}$	_____	Kg

$P_p$  = população produtiva (7,4999 plantas/m<sup>2</sup>)

$PS_{\text{grão}}$  = peso do grão /planta (aproximadamente 14% de humidade)

$MSC$  = matéria seca dos componentes (carolo + camisas + folhas + caules)

$N_g$  = número de grão/planta

$P_{1000g}$  = peso de 1000 grãos (aproximadamente 14% de humidade)

$PG$  = produção de grão

$MST$  = matéria seca total

$N^\circ/m^2$  = número de grãos por unidade de superfície do solo

A matéria seca, expressa em kg/ha, foi determinada após secagem em estufa a 80°, durante 48 a 72 horas, até peso constante.

## **2.7. Tratamento estatístico dos resultados**

Para testar a significância do efeito dos tratamentos na produção e no enraizamento do milho, usou-se o “Microcomputer Statistical Program for Experiment Design and Analysis” (MSTAT).

As diferenças entre produções foram analisadas considerando como variáveis o número de repetições, os níveis de azoto e os de água.

No que diz respeito ao sistema radical, a análise incidu sobre os valores do comprimento radical por unidade de superfície do solo (como é referido em 2.6.1). A análise estatística efectuou-se para cada época e foram consideradas como variáveis o número de repetições, os níveis de azoto, os níveis de água e o local de observação (linha e entrelinha).

Para os níveis de água estudados, local de amostragem e interacção entre estes, o teste F não é válido em virtude do desenho experimental que se adaptava ao método de rega usado, por um ramal de aspersores, não permitir a casualização destes tratamentos.

O teste LSD permitiu testar as médias evidenciando os tratamentos diferiam significativamente entre si.

Através de equações de regressão múltipla, foram definidos modelos de enraizamento para a cultura de milho, quer na linha quer na entrelinha, considerando-se a intensidade radical( $\text{cm}/\text{cm}^2$ ) como variável dependente da água, profundidade e época. Do mesmo modo procedeu-se à modelação da produção em função dos níveis de água e de azoto aplicados.

Foram também determinados os coeficientes de correlação entre os seguintes pares de variáveis:

Produção de grão vs comprimento radical total/unidade de superfície do solo;

Número de raízes/ $\text{cm}^2$  vs intensidade radical (Irc);

Número de raízes/ $\text{cm}^2$  vs número de extremidades/ $\text{cm}^2$ .

---

### **3. Apresentação e Discussão dos Resultados**

#### **3.1. Exigências da cultura vs condições observadas durante o ensaio**

O milho é uma planta de Verão quente, mas sem excesso que necessita simultaneamente de elevada humidade (Feio, 1991). Durante o ensaio as temperaturas médias mensais estiveram compreendidas entre os 17,7° C no mês de Maio e os 22,6° C em Agosto e Setembro, sendo a temperatura média, para a totalidade do ciclo cultural, foi de 20,8° C (Fig. 1). Este valor encontra-se abaixo dos 26° C de média para os 5 meses do ciclo cultural, considerados por Rehm (1976) citado por Feio (1991) como prejudiciais à cultura, dado que o crescimento vegetativo é acelerado e os rendimentos baixam. Durante o mesmo período, a média das temperaturas máximas situou-se nos 28,1° C, valor inferior aos 35° C referidos por Feio (1991) como limite para a cultura do milho. A humidade relativa diária, registada durante o ensaio, apresentou valores compreendidos entre 34% (6 de Julho) e 88% (8 de Maio). Os valores da evapotranspiração média mensal estiveram compreendidos entre 4,30 mm no mês de Maio e os 5,72 mm no mês de Julho, sendo este último, o período onde se concentrou o maior número de regas.

Confrontando as exigências climáticas da cultura com as condições meteorológicas observadas durante o ensaio, pode-se concluir que estas não foram adversas à cultura.

Estabelecendo um paralelismo entre as datas em que foram alcançados os diferentes estados fenológicos (Fig. 15) e a calendarização e dotação das regas (Quadro 4), verifica-se que do volume total de água aplicado, 38% foi concentrada na fase que de acordo com Raposo (1989) e Feio (1991) corresponde ao período de maior sensibilidade ao stress hídrico ou seja 20 dias antes da floração até 10 dias depois. Segundo Bertolini (1990) este período representa cerca de 45% das necessidades totais de água da cultura. Contudo, no presente ensaio este valor foi 7% inferior, o que poderá ter influenciado a produção do milho.

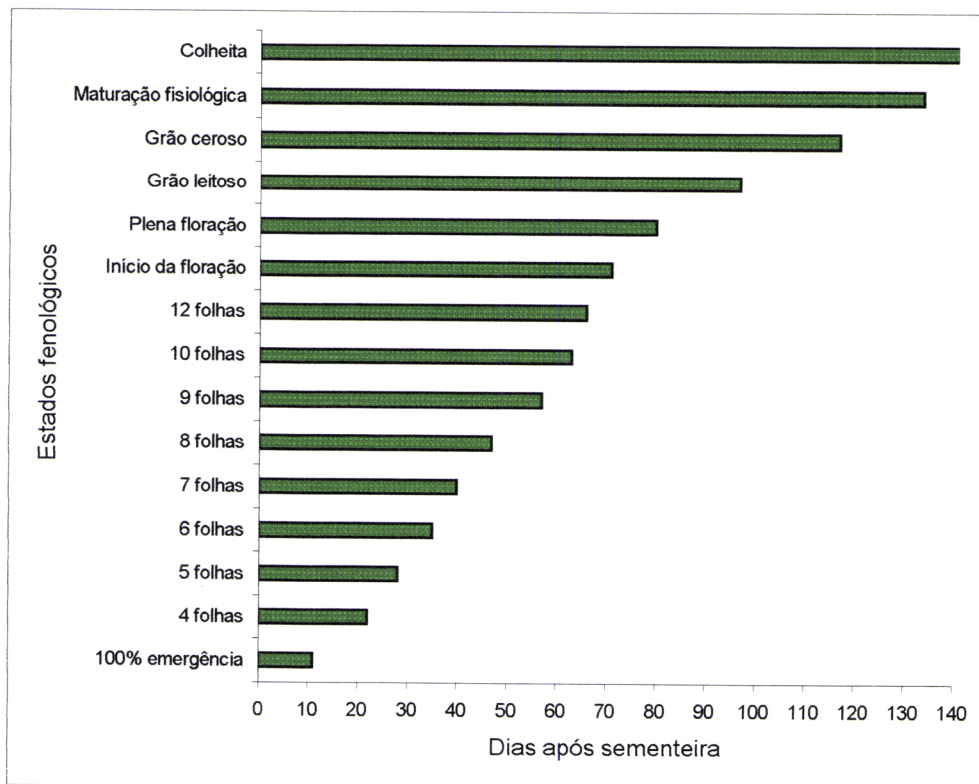


Figura 15 - Estados fenológicos do milho observados a partir da data de sementeira (30/4/97).



Quadro 4 - Data e dotação das regas durante o ciclo cultural do milho.

Rega	Data	Duração (h)	Dotação teórica(mm)	Dotação real (mm) <sup>a</sup>
1	25-06	4	48,5	38,8
2	8-07	4,5	54,5	43,6
3	16-07	5,3	66,6	52,3
4	21-07	5	60,6	48,5
5	29-07	5	60,6	48,5
6	5-08	5	60,6	48,5
7	12-08	4,5	54,5	43,6
8	18-08	5	60,6	48,5
9	26-08	4	48,5	38,8
10	3-09	2,3	30,3	24,2
11	10-09	3	36,3	29,0
<b>Total</b>			<b>581,6</b>	<b>465,3</b>

<sup>a</sup> considerou-se uma eficiência de aplicação de 80%

No que diz respeito às necessidades hídricas totais da cultura, verifica-se que o valor total de água aplicada à cultura (dotação real e precipitação) foi de 681,9 mm, este valor aproxima-se dos 600 mm considerado por Raposo (1989) como valor médio para a cultura do milho na região Alentejo. Também Doorembos e Kassam (1979) consideram que para a obtenção de produções máximas e dependendo do clima são necessários 500-800 mm de água.

### 3.2. Avaliação do sistema de rega

A inclusão deste ponto deve-se essencialmente à necessidade de tecer algumas considerações sobre o modo como o sistema de rega funcionou durante o ensaio, de forma a avaliar as potencialidades e limitações do mesmo.

A figura 16 mostra o decréscimo da quantidade de água medida com a distância ao ramal de aspersão. O valor medido em cada ponto é o resultado do somatório dos volumes de água distribuídos pelos diferentes jactos que cobriam o ponto considerado.

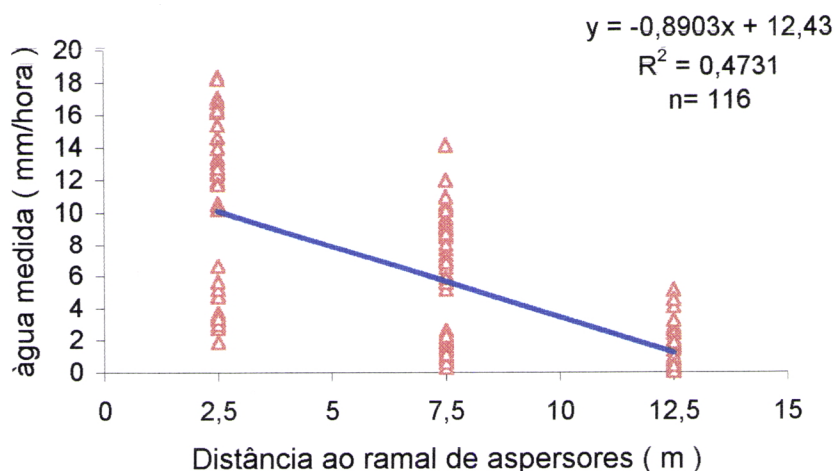


Figura 16 - Água medida a diferentes distâncias do ramal de aspersão.

Durante as várias regas e recorrendo à fórmula da elipse (como é referido em 2.3.1.), calculou-se para os três níveis de aplicação de água considerados, uma distribuição do volume de água aplicado de 98,6%; 86,6% e 55,3% para  $W_1$ ,  $W_2$  e  $W_3$  respectivamente (Quadro 5).

Quadro 5 - Teores de água medidos e previstos para os três locais distanciados do ramal de aspersores: 2,5 m ( $W_1$ ); 7,5 m ( $W_2$ ) e 12,5 m ( $W_3$ ). Cada valor representa a média de quatro pluviômetros.

Regas	Níveis de aplicação de água (W)								
	$W_1$ (mm)			$W_2$ (mm)			$W_3$ (mm)		
	Previsto	Real <sup>a</sup>	Medido	Previsto	Real <sup>a</sup>	Medido	Previsto	Real <sup>a</sup>	Medido
1	47,77	38,22	12,54	42,0	33,60	6,44	26,82	21,42	2,30
2	53,74	42,99	42,66	47,20	37,76	10,96	30,14	24,09	10,96
3	65,67	52,53	65,44	57,68	46,14	37,37	36,83	29,43	8,66
4	59,75	47,80	40,27	52,48	41,98	22,66	33,51	26,75	1,15
5	59,75	47,80	60,92	52,48	41,98	42,87	33,51	26,75	7,78
6	59,75	47,80	18,63	52,48	41,98	5,03	33,51	26,75	0,0
7	53,74	42,99	62,21	47,20	37,76	27,8	30,14	24,09	1,69
8	59,75	47,80	65,63	52,48	41,98	27,62	33,51	26,75	3,52
9	47,82	38,26	75,89	42,0	33,60	37,61	26,82	21,42	17,05
10	29,88	23,90	5,94	26,24	20,99	5,94	16,76	13,38	0,56
11	35,79	28,63	8,93	31,43	25,15	8,93	20,07	16,06	1,10

<sup>a</sup> considerou-se uma eficiência de aplicação de 80%

Pela análise do quadro 5, observa-se que para as regas 1, 6, 10 e 11 os valores reais previstos pela fórmula da elipse se afastam consideravelmente dos resultados obtidos, o que seguramente está relacionado com as condições climáticas que se fizeram sentir durante estas regas. O vento, dominante de norte e noroeste, atingiu velocidades médias compreendidas entre 6,5 e 12 km/hora, o que esteve na origem da distorção do aspecto do diagrama de aplicação de água, havendo nalguns casos humedecimento visível das partes vizinhas adjacentes à área da parcela cultivada. No que diz respeito às temperaturas médias diárias referentes aos dias em que as regas foram efectuadas, estiveram compreendidas entre os 20,75°C e os 25,75°C, que provavelmente contribuíram para que fossem relativamente elevados os valores da evaporação.

Nas restantes regas verifica-se que nos talhões mais próximos do ramal de aspersores ( $W_1$ ), a quantidade de água registada nos pluviómetros foi consideravelmente superior ao previsto pela fórmula da elipse. Em contrapartida, os talhões mais afastados do ramal ( $W_3$ ) apresentaram sempre valores muito inferiores aos previstos, ocorrendo aqui um desfasamento considerável em todas as regas. Na situação  $W_2$  existiu um bom ajustamento entre a realidade e o valor previsto pela fórmula da elipse.

Quando se confrontam estes valores com os que são ilustrados pela figura 16, verifica-se que a dispersão de valores medidos em cada ponto é elevada e facilmente se depreende que diferenças tão significativas no desempenho do sistema de rega estão relacionadas com as condições de funcionamento dos aspersores e com as condições climáticas, em especial o vento como já foi referido.

Para os diferentes níveis de satisfação das necessidades de água calculou-se o coeficiente de uniformidade de Christiansen e a uniformidade de distribuição (como é referido em 2.3.1), cujos valores se apresentam no quadro 6.

Observa-se no quadro 6 que os valores do coeficiente de uniformidade (CU) foram em praticamente todas as regas superiores aos valores da uniformidade de distribuição (UD). Segundo Oliveira (1993) esta situação deve-se ao facto da uniformidade de distribuição se referir à média dos valores mais baixos recolhidos numa área equivalente a  $\frac{1}{4}$  da área total, enquanto que o coeficiente de uniformidade está relacionado com a média dos valores mais baixos, recolhidos numa área equivalente a  $\frac{1}{2}$  da área total.

O coeficiente de uniformidade (CU) apresentou valores que estiveram compreendidos entre 12% e 96% para  $W_3$  (a 12,5 m do ramal de aspersores) e  $W_1$  (a 2,5 m do ramal de aspersores) respectivamente. Relativamente aos valores da uniformidade de distribuição (UD) também neste caso o valor mais baixo (0%) e o mais elevado (96%) ocorreram nas modalidades  $W_3$  e  $W_1$  respectivamente.

Em 4 das 11 regas os valores do coeficiente de uniformidade foram para os três níveis de aplicação de água ( $W_1$ ,  $W_2$  e  $W_3$ ) superiores a 75%. É

## APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 37

ainda de salientar que este valor, considerado por Mantovani *et al.* (1994) como típico da rega por aspersão foi, alcançado em todas regas nas modalidades distanciadas 2,5 m do ramal de aspersores ( $W_1$ ).

Quadro 6 - Coeficiente de uniformidade determinado para os diferentes níveis de água e para as diferentes regas.

Rega	Níveis de água	Cu <sup>a</sup> (%)	UD <sup>b</sup> (%)
1	$W_1$	91,9	88,7
	$W_2$	61,5	21,1
	$W_3$	78,3	66,1
2	$W_1$	95,6	95,6
	$W_2$	93,7	92,4
	$W_3$	87,7	76,5
3	$W_1$	85,9	80,9
	$W_2$	72,7	76,5
	$W_3$	84,4	84,4
4	$W_1$	76,3	54,3
	$W_2$	87,4	82,9
	$W_3$	90,9	90,9
5	$W_1$	76,3	54,5
	$W_2$	95,3	95,2
	$W_3$	78,3	66,1
6	$W_1$	86,1	80,5
	$W_2$	74,6	61,7
	$W_3$		
7	$W_1$	87,8	84,9
	$W_2$	92,6	89,4
	$W_3$	48,0	16
8	$W_1$	86,1	80,5
	$W_2$	60,6	21,1
	$W_3$	73,1	53,8
9	$W_1$	76,7	72,9
	$W_2$	91,9	83,9
	$W_3$	86,5	76,1
10	$W_1$	77,5	76,6
	$W_2$	95,3	95,2
	$W_3$	50,0	0
11	$W_1$	81,8	76,1
	$W_2$	88,5	82,8
	$W_3$	11,8	0,0

$$^a \quad Cu = 100 \left( 1.0 - \frac{\sum |X_i - \bar{X}|}{n\bar{X}} \right)$$

$$^b \quad UD = \frac{X_{qi}}{\bar{X}}$$

Para culturas de alto rendimento económico é aconselhado por alguns autores que o sistema de rega por aspersão apresente coeficientes de uniformidade de distribuição superiores a 80%, valor este que nunca foi atingido em simultâneo para os três níveis de água estudados.

### 3.3. Perfis hídricos do solo

A precipitação a partir de aspersores não é normalmente aproveitada na totalidade pelas raízes das plantas. Uma parte perde-se devido à evaporação e ao arrastamento das gotas pelo vento e outra perde-se por percolação profunda devido a não uniformidade de distribuição da precipitação sobre o solo.

O teor de água retida no solo em cada profundidade é o reflexo das suas características texturais e estruturais, verificando-se, na generalidade, um aumento da humidade com a profundidade. Os menores valores de humidade encontram-se nos primeiros 10 cm por ser a camada onde as trocas solo-atmosfera são mais intensas.

Da observação dos perfis de humidade do solo, determinados a partir dos valores medidos pela sonda capacitiva e representados nas figuras 17 a 21, é possível fazer os seguintes comentários:

Verificou-se um défice de água nos perfis mais afastados da linha de aspersores ( $W_3$ ) comparativamente aos restantes locais. Nos talhões mais próximos do ramal de aspersores  $W_1$  e  $W_2$  a maior parte do volume de água armazenou-se até aos 50-60 cm de profundidade, tendo ocasionalmente ocorrido variações em todo o perfil (Fig.20). Nos talhões  $W_3$  as variações da humidade ocorreram principalmente nos primeiros 20-30 cm (Fig. 18 e 19). A quantidade de água infiltrada não foi suficiente para que a frente de humedecimento se deslocasse em todo o perfil do solo.

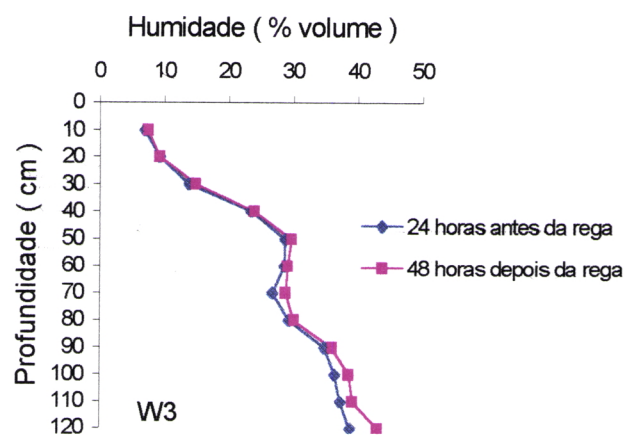
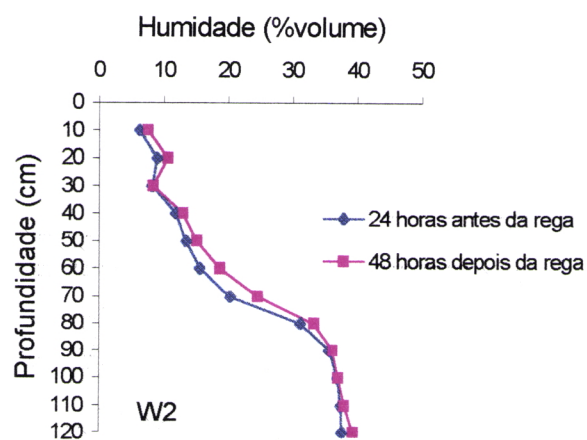
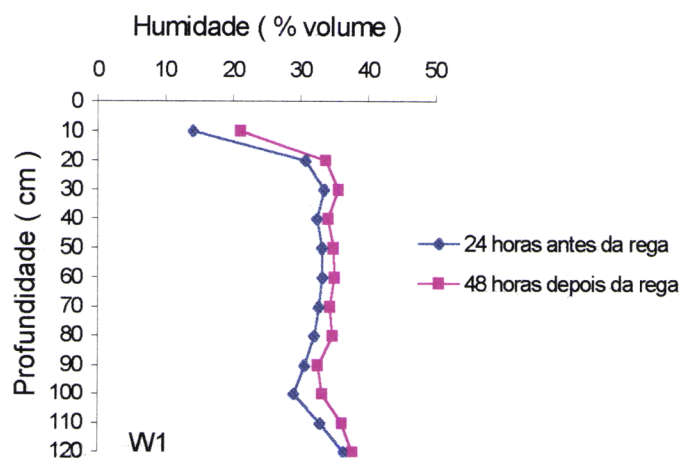


Figura 17 - Perfis de humidade do solo obtidos na 1ª rega e para os diferentes níveis de aplicação de água.

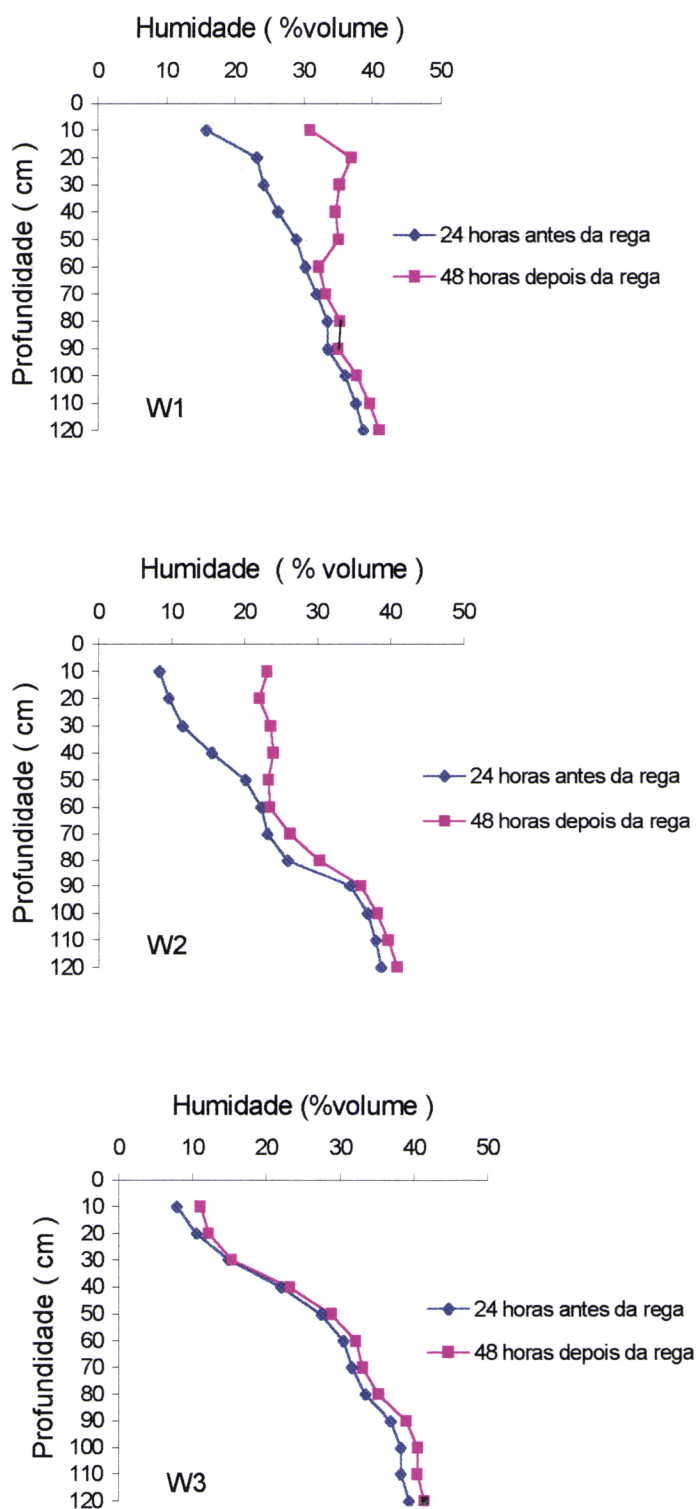


Figura 18 - Perfis de humidade obtidos na 2ª rega para os diferentes níveis de aplicação de água.



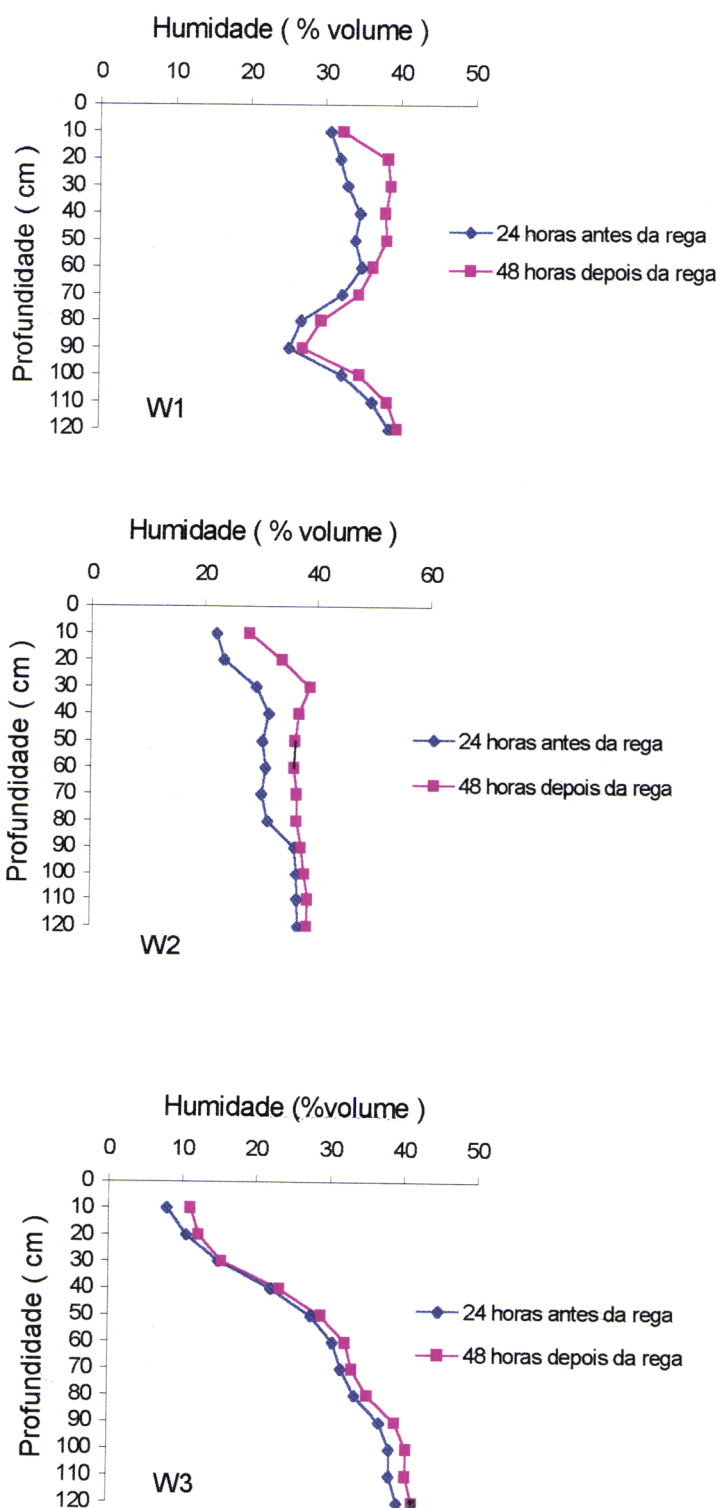


Figura 19 - Perfis de humidade obtidos na 3ª rega para os diferentes níveis de aplicação de água.

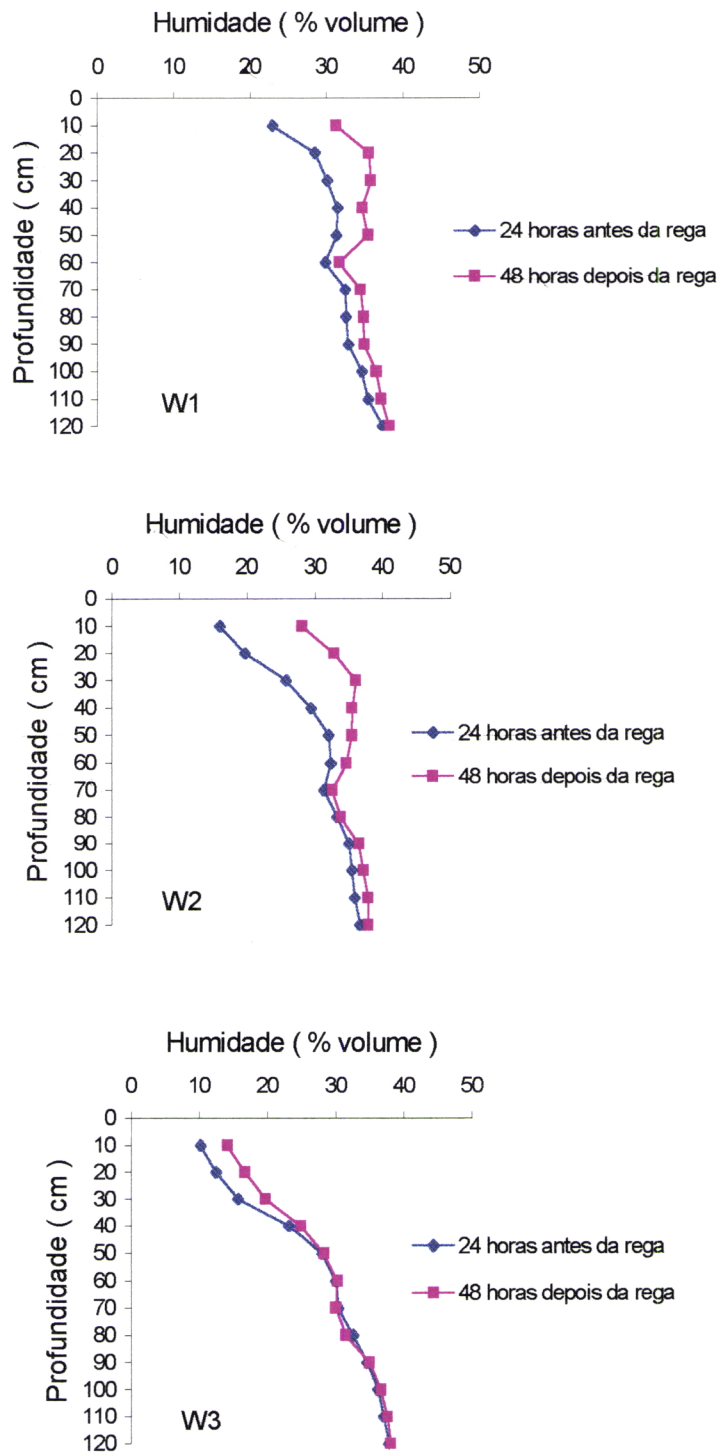


Figura 20 - Perfis de humidade do solo obtidos na 5ª rega para os diferentes níveis de aplicação de água.

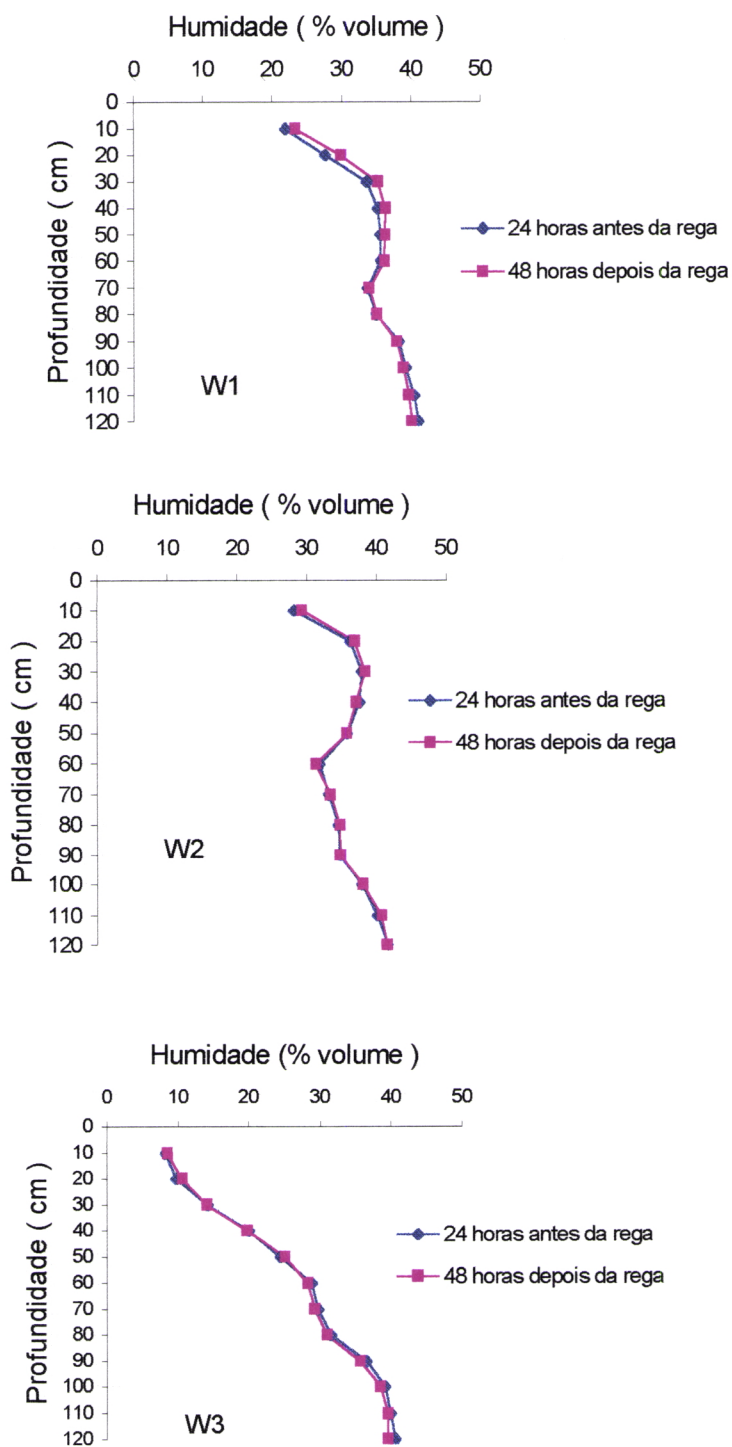


Figura 21 - Perfis de humidade do solo obtidos na 7ª rega para os diferentes níveis de aplicação de água.

Nas camadas mais profundas, os valores da humidade do solo mantiveram-se à capacidade de campo, o que é indicador de uma grande retenção de água pelo solo e da baixa densidade radical aquelas profundidades.

A partir da 7ª rega, os perfis de humidade em cada estação foram praticamente semelhantes, o que provavelmente foi o resultado de uma estabilização do sistema radical.

Nas primeiras regas (Fig. 18, 19 e 20) nos tratamentos  $W_1$  (2,5 m da linha de de aspersores) as variações de água antes e depois da rega foram elevados nas camadas superficiais do perfil do solo o que poderá ser atribuído a uma absorção radical mais superficial.

### **3.4. Comportamento da cultura face às condições edafo-climáticas**

#### **3.4.1. Produção de grão e biomassa total**

Os resultados do quadro 7 mostram a influência da rega e do azoto na produção da cultura quer em termos de produção total de biomassa seca quer em termos de produção de grão.

A análise estatística feita para a produção de grão (Quadro 8), mostra que tal como se previa esta foi influenciada pelos diferentes níveis de azoto e água. Estatisticamente não foi possível analisar os efeitos dos diferentes níveis de água porque terem sido sistematicamente impostos devido ao sistema de rega usado (tal como foi referido em 2.7). Dado que os níveis de azoto foram aleatórios o teste F é válido quer para o azoto quer para a interacção azoto x água.

## APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 45

Quadro 7 - Parâmetros culturais avaliados (cada valor é o resultado da média de 3 locais e 5 plantas).

Tratamentos	MSG (Kg/ha)	MST (Kg/ha)	Nº/m <sup>2</sup>	Peso de 1000 grãos	IC
N <sub>0</sub> W <sub>1</sub>	7036,9	15439,0	2864,4	253,5	0,46
N <sub>0</sub> W <sub>2</sub>	6984,4	15002,8	2616,9	273,1	0,47
N <sub>0</sub> W <sub>3</sub>	3904,5	10476,6	1850,5	200,8	0,34
N <sub>1</sub> W <sub>1</sub>	13383,8	28309,8	4222,4	319,9	0,50
N <sub>1</sub> W <sub>2</sub>	11619,3	20469,6	4073,9	296,4	0,57
N <sub>1</sub> W <sub>3</sub>	4067,9	9230,9	1739,4	193,7	0,39
N <sub>2</sub> W <sub>1</sub>	14151,8	25928,6	4440,9	307,5	0,55
N <sub>2</sub> W <sub>2</sub>	10591,4	18362,3	3713,4	292,6	0,58
N <sub>2</sub> W <sub>3</sub>	5984,7	11113,0	2343,4	217,5	0,51
N <sub>3</sub> W <sub>1</sub>	14804,2	25802,4	4111,9	331,03	0,58
N <sub>3</sub> W <sub>2</sub>	11859,3	20160,0	4036,9	313,43	0,59
N <sub>3</sub> W <sub>3</sub>	5090,5	9844,6	2217,4	222,08	0,49

Quadro 8 - Valores de produção de grão para os quatro níveis de azoto e os três níveis de água estudados.

Níveis de água (w)	Produção de grão (Kg/ha)				
	Níveis de azoto (N)				
	N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	Média
w <sub>1</sub>	7036,9	13383,8	14151,8	14804,2	12344,2
w <sub>2</sub>	6984,4	11620,3	10591,4	11859,3	10263,6
w <sub>3</sub>	3904,5	4067,9	5984,7	5090,5	4761,9
Média	5975,3	9690,7	10242,6	10584,7	

LSD (0,05) N=2447; NxW=1548

O azoto induziu diferenças altamente significativas ( $P \leq 0,001$ ) na produção de grão da cultura. Através do teste LSD pode concluir-se que, ao nível de 5%, apenas a modalidade  $N_0$  com uma produção média de cerca de 6t/ha foi significativamente diferente das modalidades  $N_1$ ,  $N_2$  e  $N_3$ .

A interacção entre o azoto e a água ( $N \times W$ ) foi significativa ao nível de 1%. Apenas para o nível de adubação  $N_0$  (sem adubação de cobertura) se verifica que a interacção  $N_0W_3$  é significativamente diferente de  $N_0W_2$  e  $N_0W_1$ , mas não existem diferenças significativas entre estas últimas. Para os restantes níveis de azoto estudados  $N_1$ ,  $N_2$  e  $N_3$  a resposta à água aplicada foi sempre significativamente diferente entre tratamentos.

Para todos os níveis de N estudados a produção foi marcadamente mais baixa (4-6 t/ha) nos tratamentos com menor quantidade de água aplicada ( $W_3$ ), verificando-se um aumento de produção com a quantidade de água aplicada à cultura (7-12 t/ha para  $W_2$  e 7-15 t/ha para  $W_1$ ).

Em termos gerais o maior valor de produção de grão (14,8 t/ha) foi obtido para os níveis mais altos de adubação azotada e de aplicação de água ( $N_3W_1$ ). O valor mais baixo (3,9 t/ha) foi obtido para a situação sem azoto de cobertura e mais distanciada ao ramal de aspersores ( $N_0W_3$ ). Entre as duas situações existiu uma quebra de produção da ordem dos 0,74

Podemos ainda verificar que para todas as modalidades onde existiu stress hídrico ( $W_3$ ), os níveis de azoto não tiveram um efeito nítido quer na biomassa total da cultura quer na produção de grão, o que também foi observado por Bennett *et al.* (1989). Os mesmos autores concluíram ainda que em condições em que os níveis de azoto satisfaçam as exigências da cultura, o factor limitativo mais importante é a água.

Merril *et al.* (1979) em estudos efectuados com a cultura do sorgo, concluíram que nos tratamentos onde a 1ª rega se efectuava quando o potencial de água do solo, nos primeiros 25 cm atingia os -500 KPa e as restantes regas quando o potencial atingia os -10000 KPa nos primeiros 40cm, apresentavam menos 25% a 40% de biomassa do que aqueles que

eram regados diariamente. A biomassa decresce com o aumento do déficit hídrico.

Também Hanks *et al.* (1976) num estudo em que utilizaram um ramal de aspersores encontraram variações na produção de grão de trigo em resposta ao gradiente de água impostos pelo método de rega.

Comparando os resultados obtidos no presente estudo com os obtidos por Rasquilha (1997) realizado nas mesmas condições edafo-climáticas e para a mesma cultura, observa-se que para quantidades totais de água aplicadas próximas 608mm e 580,4\* mm respectivamente, todas as modalidades excepto N<sub>0</sub>W<sub>1</sub> apresentaram produções superiores (13 - 15 t/ha) às 7,09 t/ha obtidos por Rasquilha (1997).

Os valores do índice de colheita obtidos variaram entre 0,34 e 0,59. Os valores mais baixos foram obtidos nos talhões N<sub>0</sub> W<sub>3</sub> e N<sub>1</sub> W<sub>3</sub>, o que mostra um rendimento da produção muito baixo. Há um decréscimo da produção de grão em favor da produção de biomassa, o que provavelmente foi o resultado de um déficit hídrico nas fases mais críticas da produção, que de acordo com vários autores é a da floração e início do enchimento do grão. Os valores obtidos nos restantes tratamentos, variando entre 0,46 e 0,59 foram da mesma ordem de grandeza dos obtidos por Santos *et al* (1995) citado por Varela (1996), cerca de 0,50 e superiores aos obtidos por Rasquilha (1997) que foram de 0,36. É de salientar que embora os ensaios se tenham efectuado nos mesmos solos, local e com a mesma cultura, foram sujeitos a uma condução diferente no que diz respeito à água e à fertilização.

O impacto que a água e o azoto aplicados ao solo tiveram na produção da cultura, foi traduzida por uma regressão múltipla, assumindo como variáveis independentes a água (W) e o azoto (N) e como variável dependente a produção de grão (PG). Encontrou-se uma expressão que modela a produção em função da água e do azoto:

$$PG = 2078,50 + 16,7 W + 303 N \quad (13)$$

$$\text{Para: } n=36; R^2 = 0,66 \text{ e } P= 0,000$$

---

\* Este valor corresponde ao somatório da dotação total de água aplicada e da precipitação ocorrida.

O efeito linear combinado de água e azoto afectou de forma altamente significativa a produção de grão.

### 3.4.2 Distribuição e produção de raízes

A distribuição das raízes no solo seguiu o padrão normal de enraizamento, verificando-se um decréscimo da quantidade de raízes com a profundidade e variações acentuadas no seu estado evolutivo ao longo do ciclo cultural. As figuras 23 a 27 e 28 a 32 ilustram a variação da intensidade radical ( $\text{cm}/\text{cm}^2$ ) com a profundidade, respectivamente para a linha ( $L_1$ ) e entrelinha ( $L_2$ ) de cultura, medida na parede do minirizotrão, em cinco épocas de observação.

Comparando as figuras referentes à situação linha - $L_1$ - (Fig. 22 a 26) com as relativas à situação entrelinha -  $L_2$  - (Fig 27 a 31) é notória a maior intensidade radical observada na primeira situação, a qual corresponde à distribuição das raízes directamente sob a planta. Os valores máximos de intensidade radical foram registados 135 dias após a sementeira (estado de maturação fisiológica) e foram da ordem de 9,6 e 6,8  $\text{cm}/\text{cm}^2$ , respectivamente em  $L_1$  e em  $L_2$ .

Os valores mais elevados de intensidade radical em termos de número de extremidades de raízes/ $\text{cm}^2$  de parede do minirizotrão foram de 1,3 extremidades/ $\text{cm}^2$  (modalidade  $N_1W_3$  e 112 DAS) para a situação linha e de 1,1 extremidades/ $\text{cm}^2$  (modalidade  $N_1W_3$  e 147 DAS) para a entrelinha.

A intensidade radical máxima avaliada em termos do número de raízes por unidade de superfície da parede dos minirizotrões, em relação à linha, foi da ordem de 3,2 raízes/ $\text{cm}^2$  (modalidade  $N_2W_3$  e 135 DAS) e 2,9 raízes/ $\text{cm}^2$  (modalidade  $N_2W_3$  e 135 DAS). Verifica-se que estes valores são superiores aos obtidos por Rasquilha (1997) numa situação semelhante de níveis de água disponibilizada à cultura . Este autor obteve valores máximos de número de raízes por unidade de superfície dos minirizotrões de cerca de



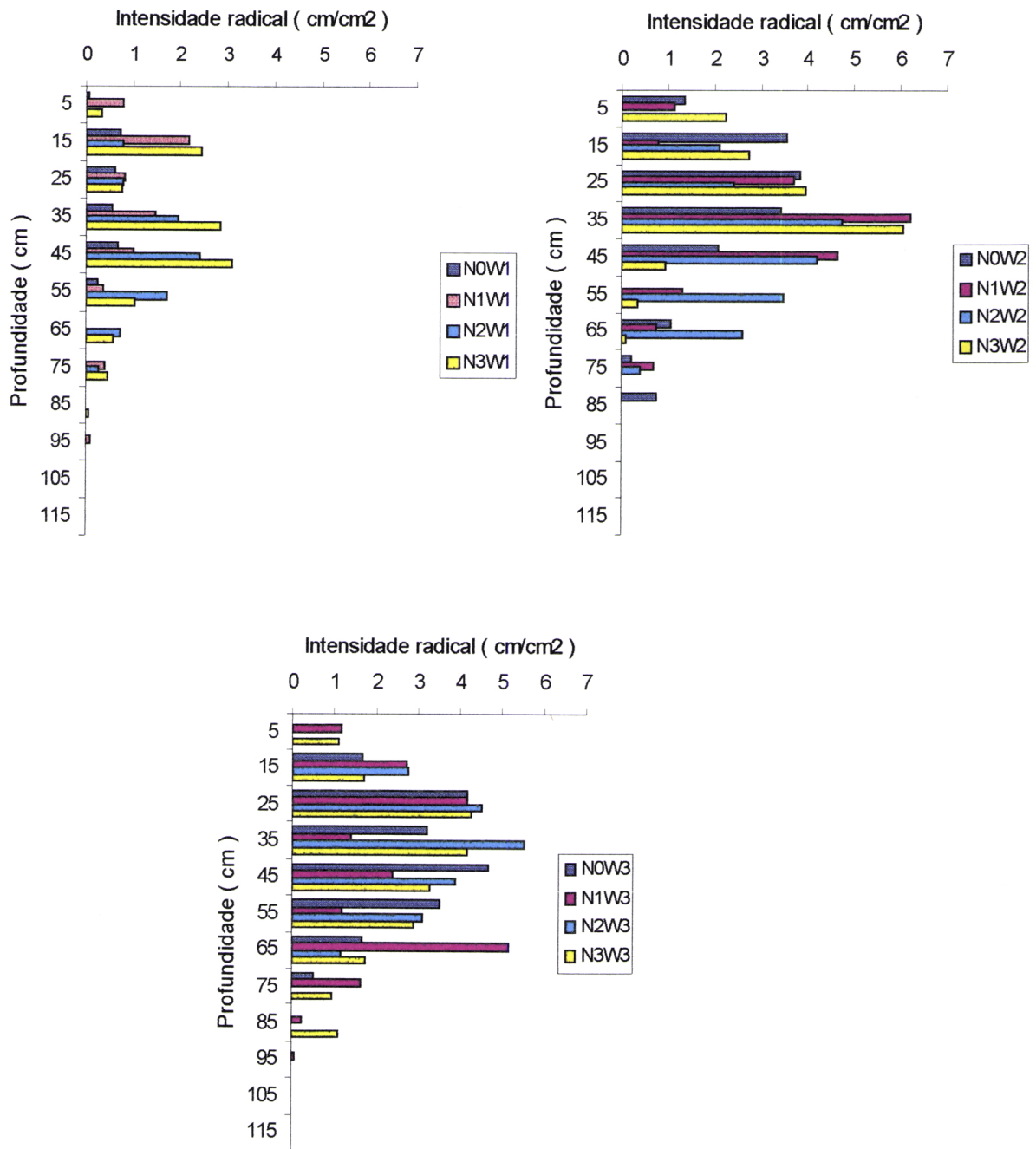


Figura 22 - Intensidade radical para os diferentes tratamentos ( água e azoto ) observada na linha 57 dias após a sementeira.

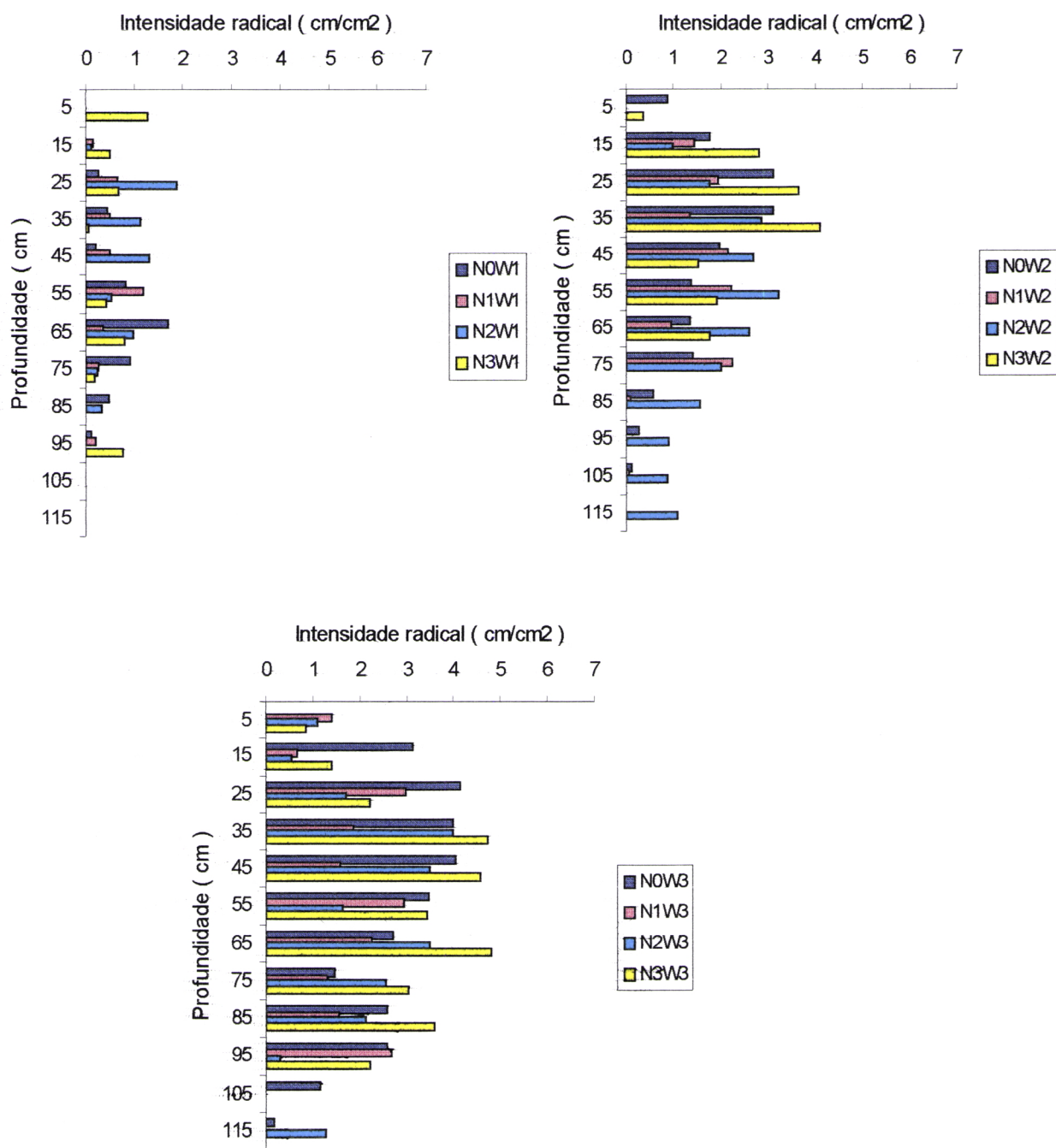


Figura 23 - Intensidade radical para os diferentes tratamentos (água e azoto) observada na linha 80 dias após a sementeira.

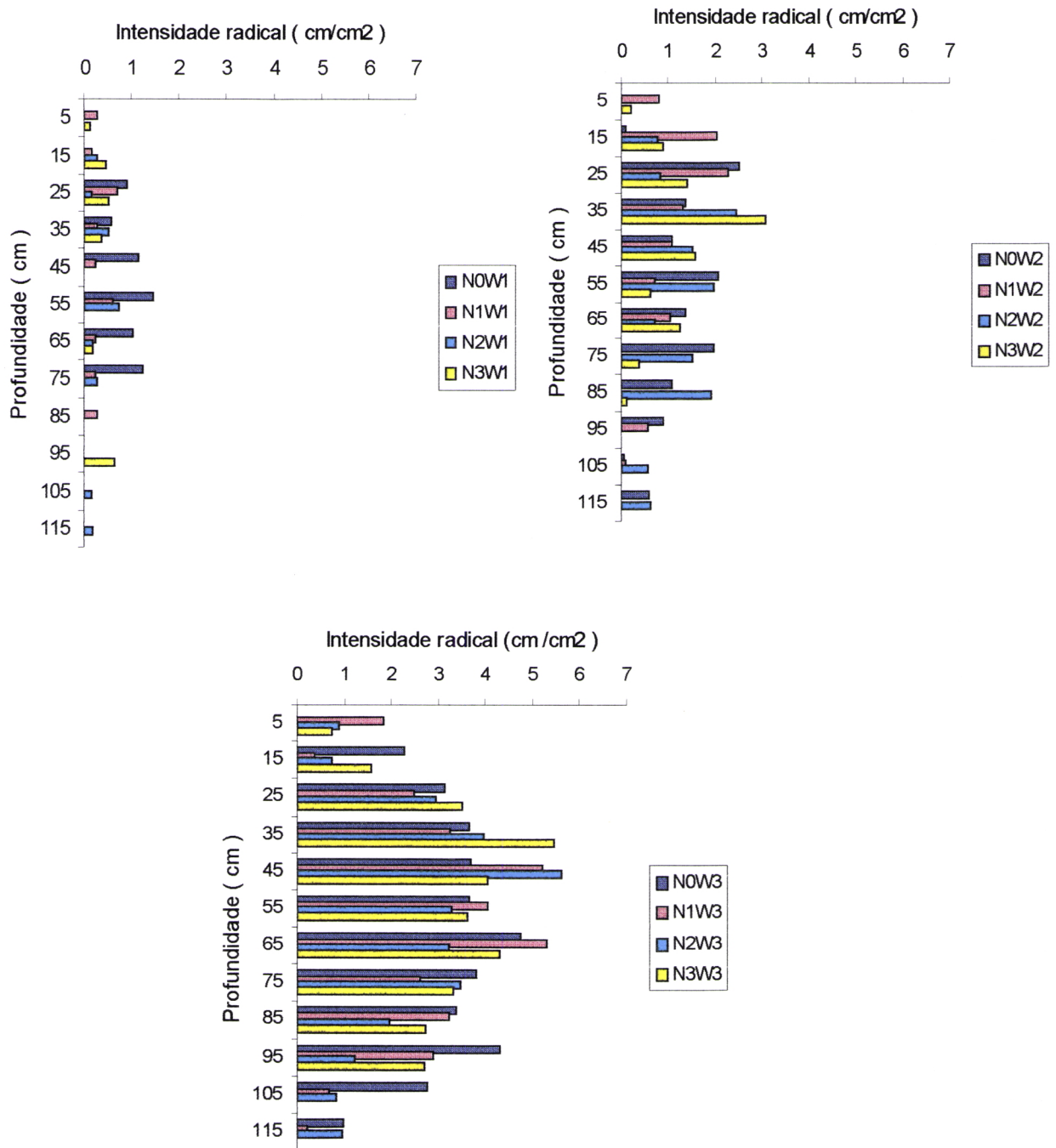


Figura 24 - Intensidade radical para os diferentes tratamentos (água e azoto) observada na linha 112 dias após a sementeira.

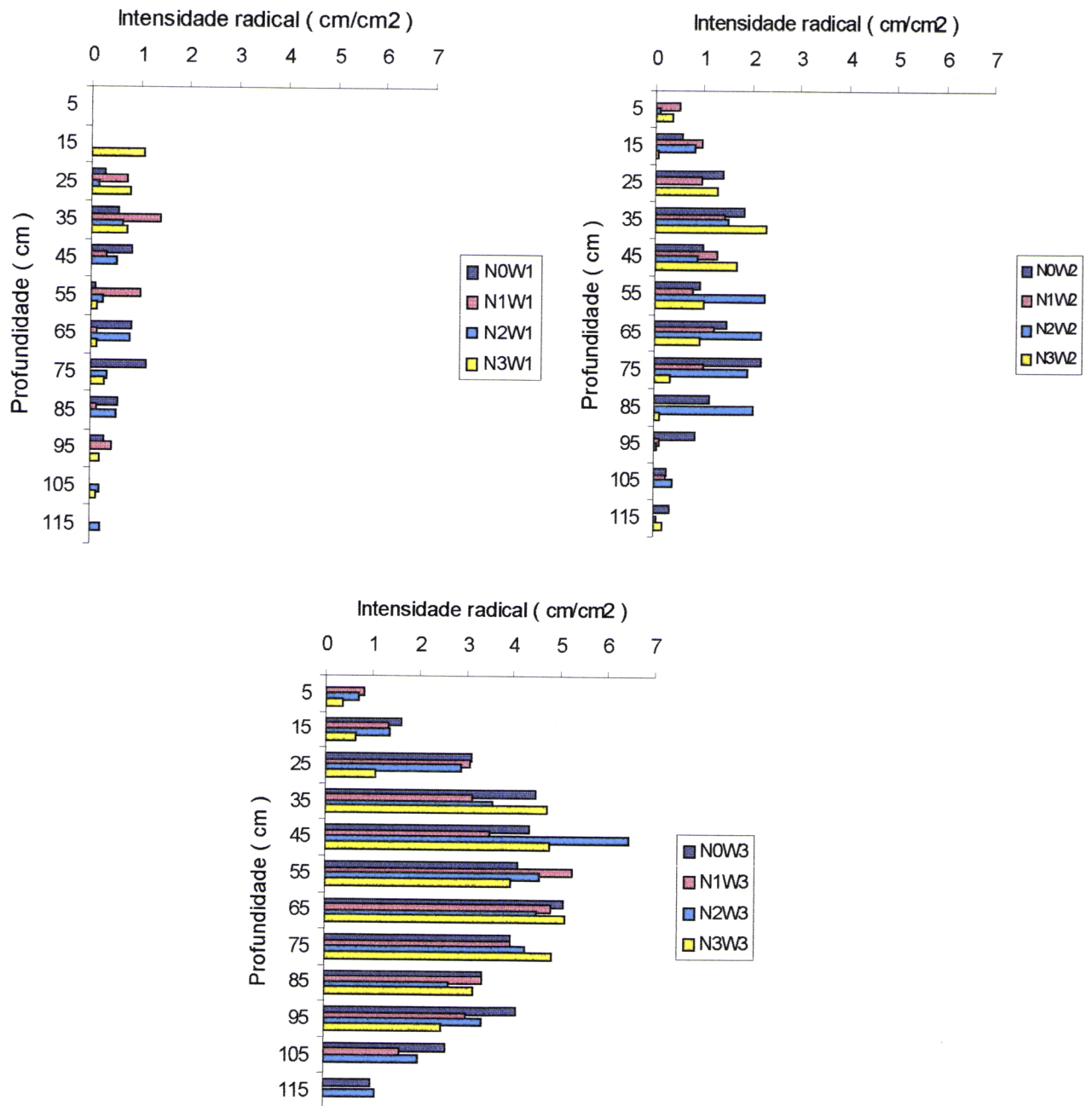


Figura 25 - Intensidade radical para os diferentes tratamentos (água e azoto) observada na linha 135 dias após a sementeira.

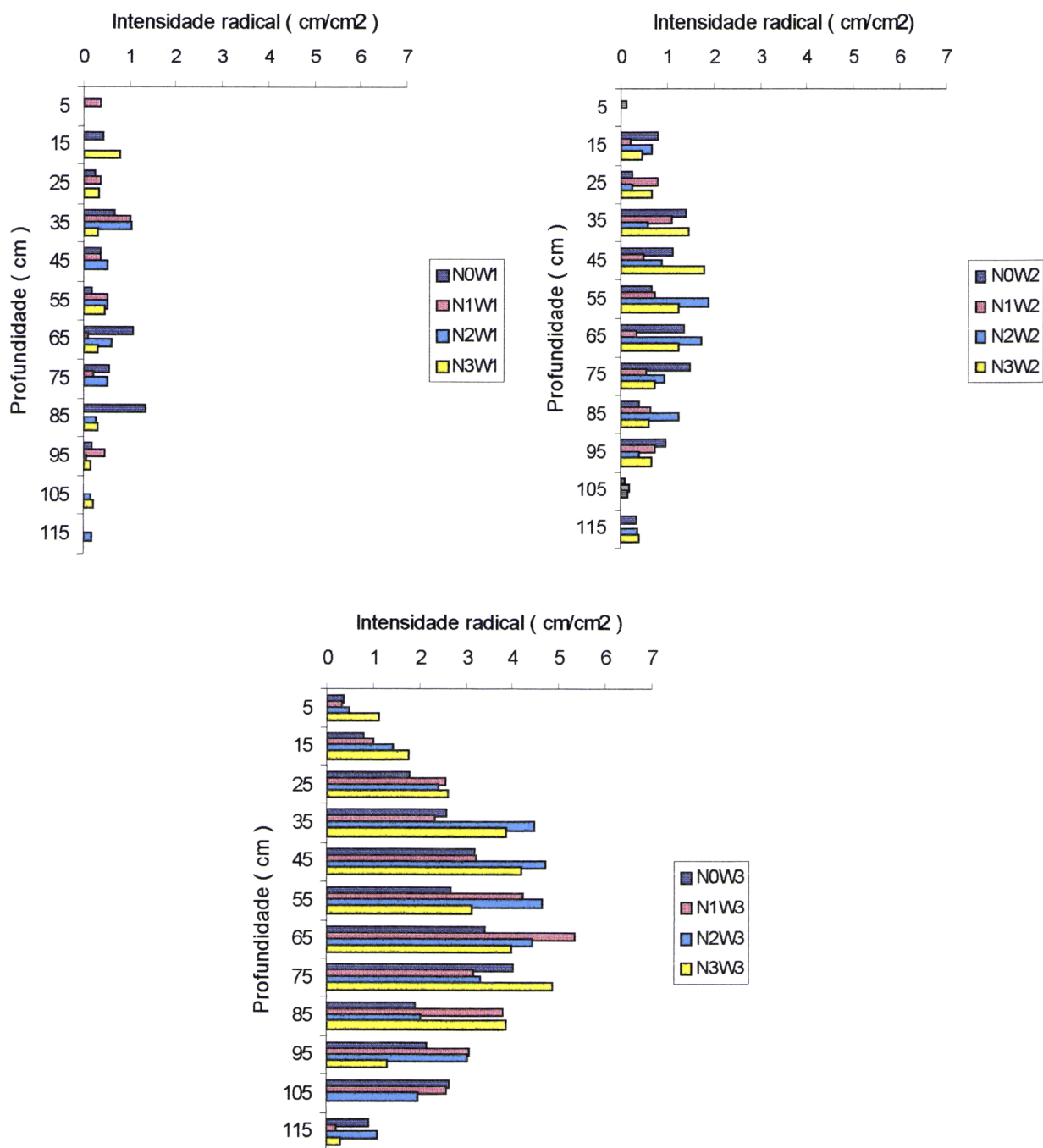


Figura 26 - Intensidade radical para os diferentes tratamentos (água e azoto) observada na linha 147 dias após a sementeira.

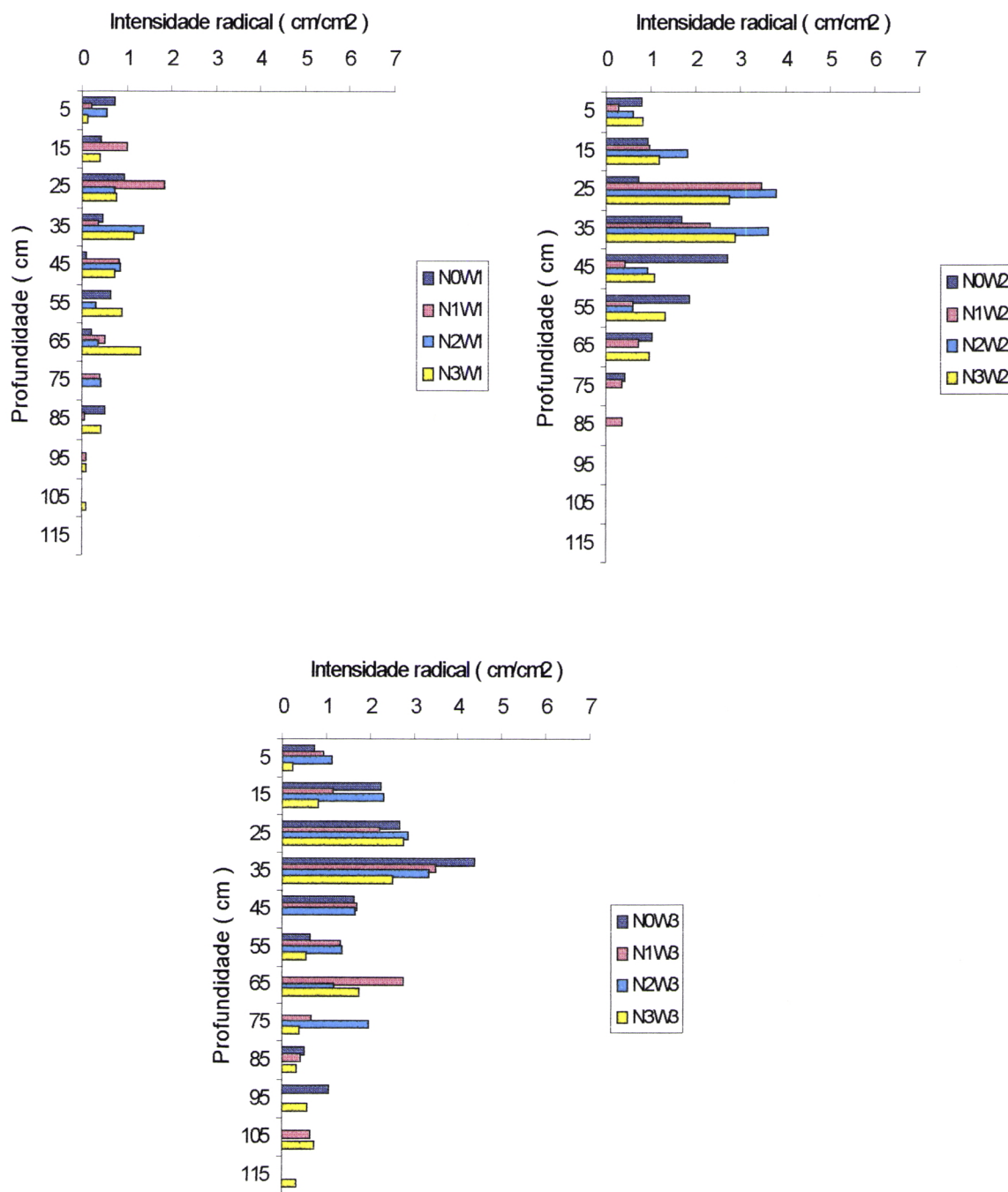


Figura 27 - Intensidade radical para os diferentes tratamentos (água e azoto) observada na entrelinha 57 dias após a sementeira.

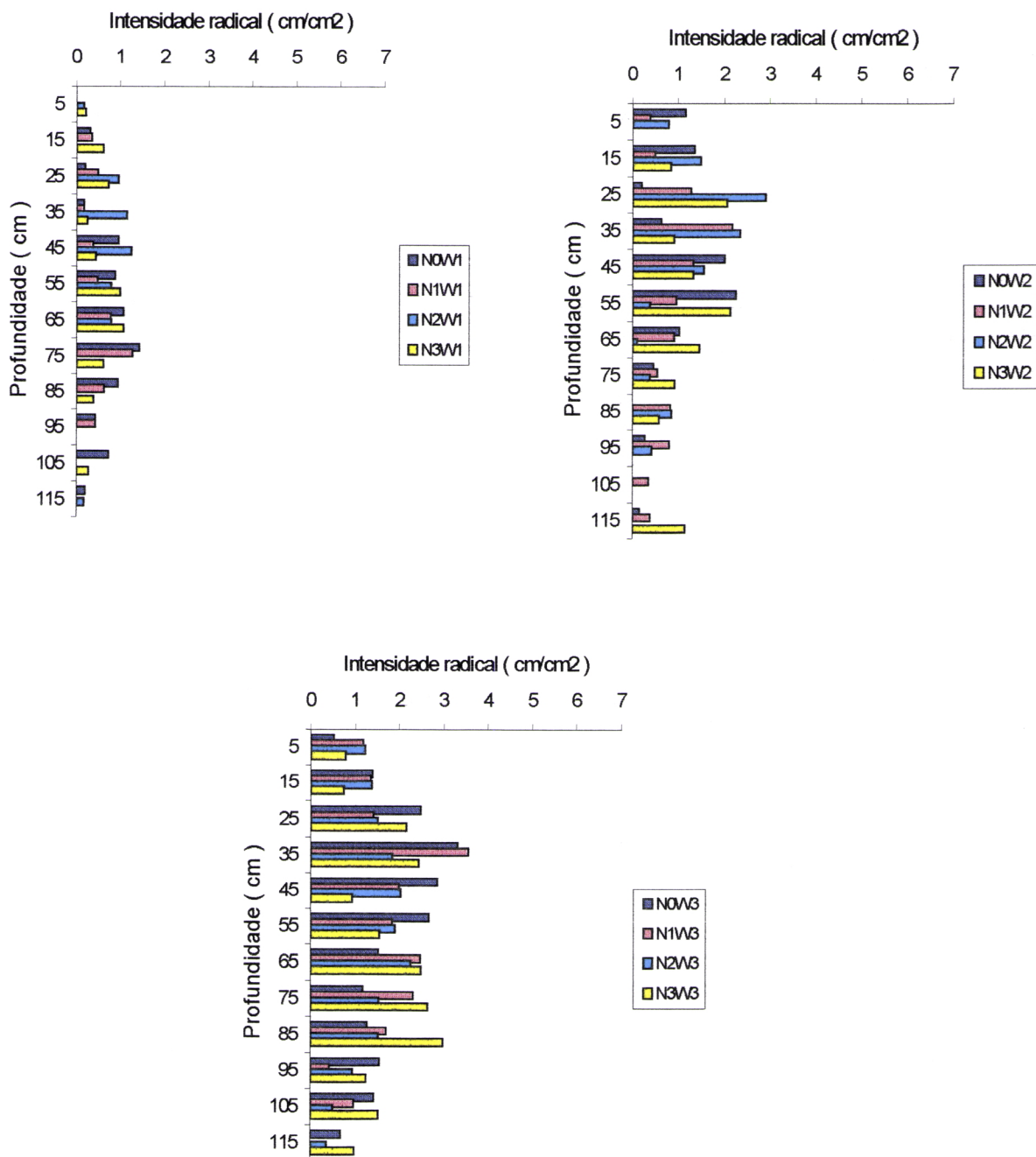


Figura 28 - Intensidade radical para os diferentes tratamentos (água e azoto) observada na entrelinha 80 dias após a sementeira.

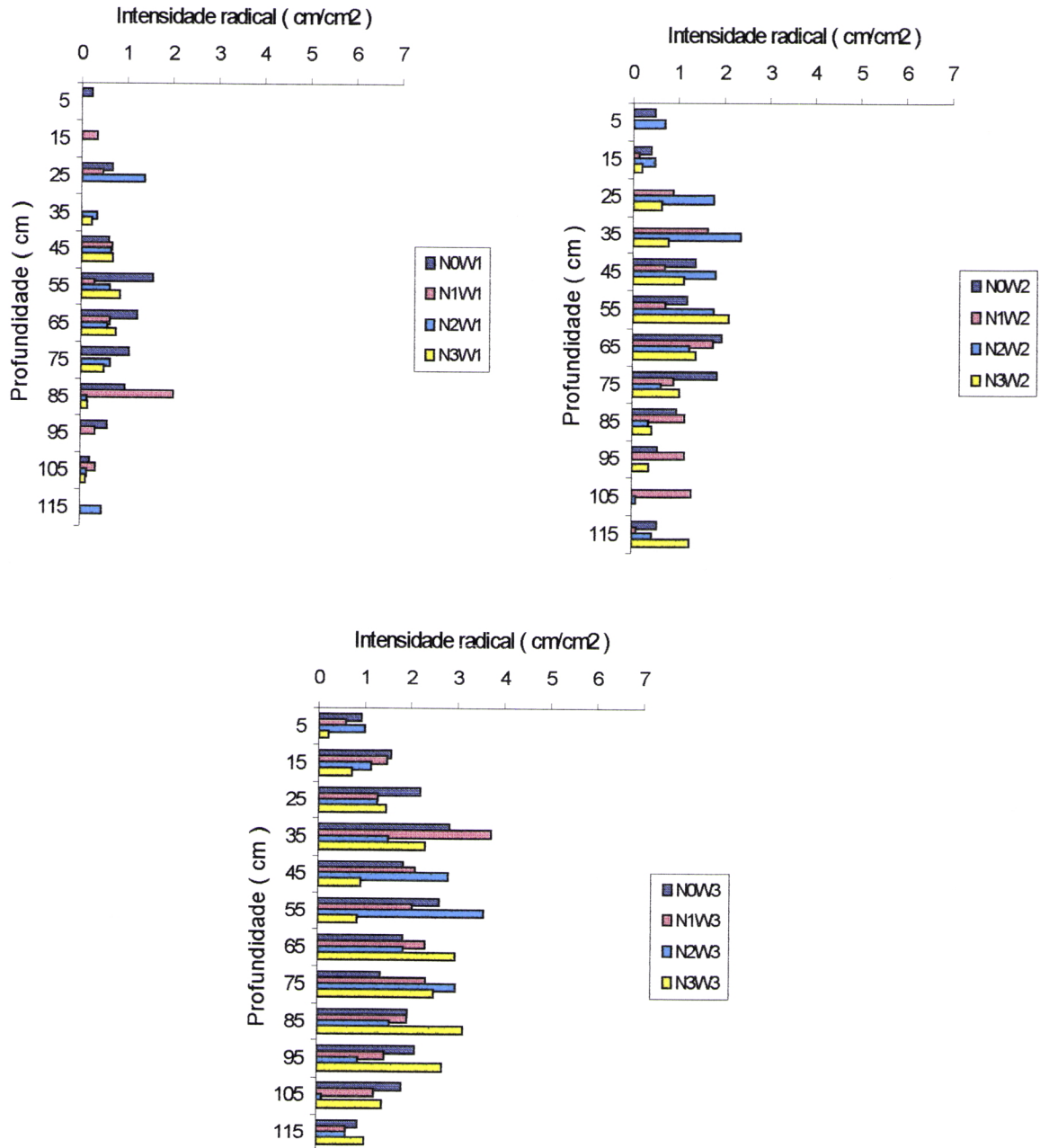


Figura 29 - Intensidade radical para os diferentes tratamentos (água e azoto) observada na entrelinha 112 dias após a sementeira.



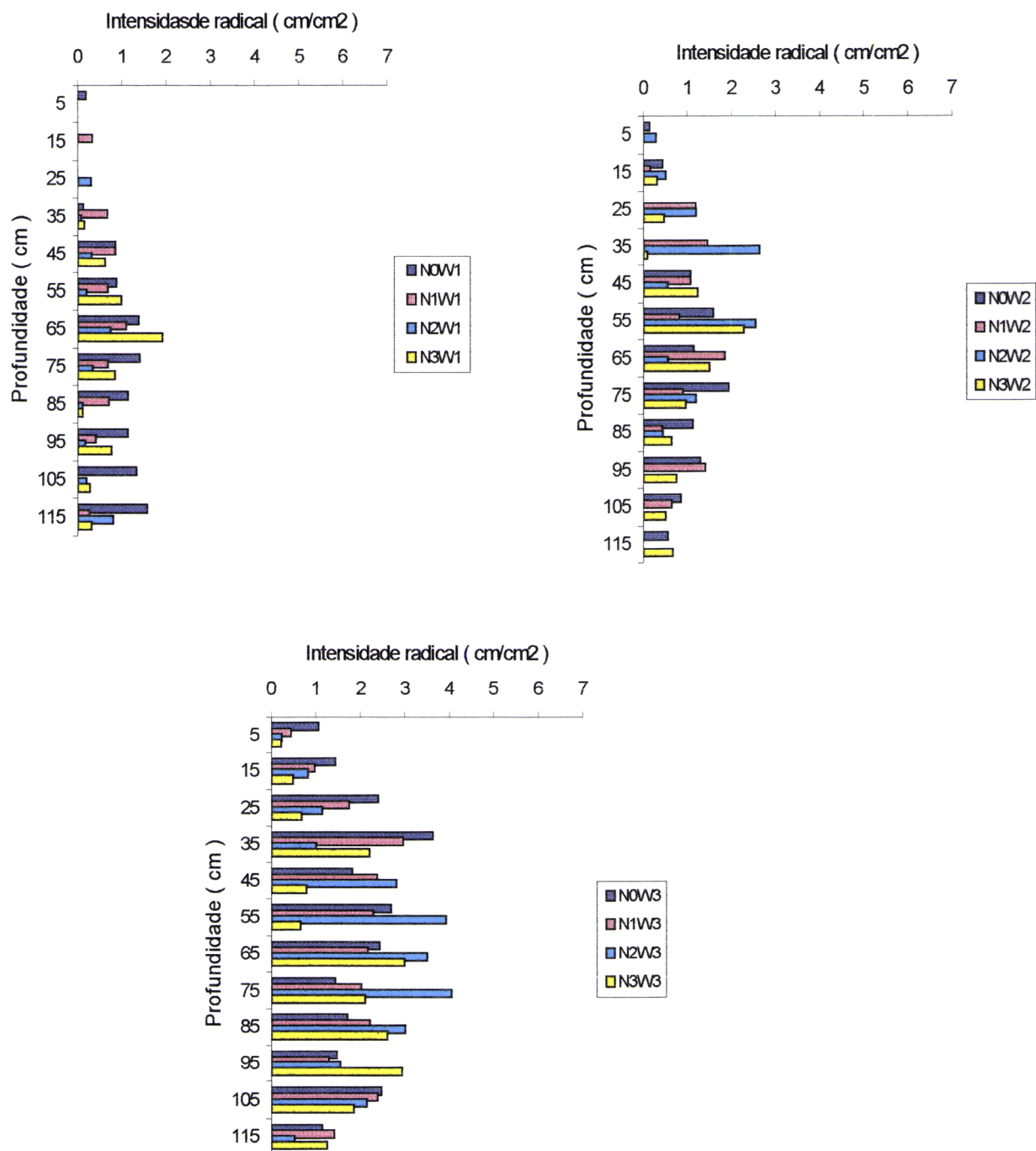


Figura 30 - Intensidade radical para os diferentes tratamentos (água e azoto) observada na entrelinha 135 dias após a sementeira

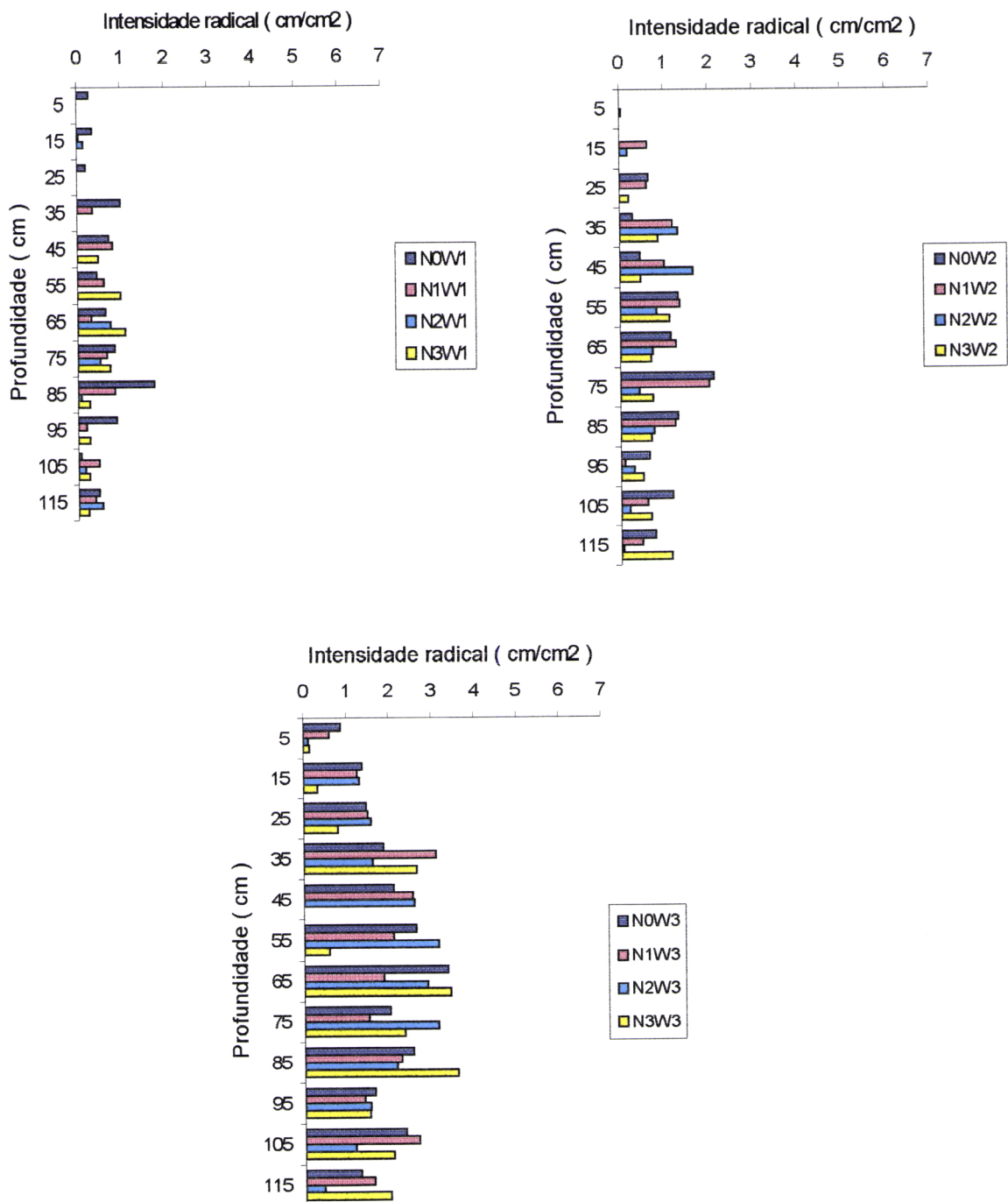


Figura 31 - Intensidade radical para os diferentes tratamentos (água e azoto) observada na entrelinha 147 dias após a sementeira.

2 raízes/cm<sup>2</sup>. Na entrelinha e no presente estudo, os valores mais elevados foram da ordem de 2,9 raízes/cm<sup>2</sup> (modalidade N<sub>1</sub>W<sub>3</sub> e 147 DAS) e 2,7 raízes/cm<sup>2</sup> (modalidade N<sub>1</sub>W<sub>3</sub> e 147 DAS). Também na situação entrelinha e nas modalidades de recursos hídricos limitados, os valores elevados referidos por Rasquilha (1997) são da ordem de 1 raiz/cm<sup>2</sup>.

A análise do crescimento radical observado nos três tratamentos, relativos a diferentes níveis de aplicação de água, mostra um padrão evolutivo diferente. Nos tratamentos W<sub>1</sub> e W<sub>2</sub> (distanciados 2,5 e 7,5 m do ramal de aspersores respectivamente) o sistema radical parece evoluir ao longo do ciclo cultural com um maior aprofundamento à custa de um decréscimo do crescimento radical em camadas intermédias do perfil. Na modalidade W<sub>3</sub>, a mais distanciada do ramal de aspersores e, como tal, a menos beneficiada pela rega, o sistema radical cresceu até final do ciclo cultural, não só em profundidade mas também lateralmente, verificando-se um aumento da intensidade radical em praticamente todas as camadas de solo observadas. Anderson (1987) citado por Oliveira (1994) refere que em condições de escassez hídrica, embora o crescimento da parte aérea das plantas possa ser afectado, o crescimento do sistema radical pode manter-se ao longo da toda a estação, o que está de acordo com o observado no presente estudo.

A variação da água disponível ao longo do perfil do solo é normalmente referida como determinante da distribuição das raízes em profundidade. Este efeito foi também observado no presente ensaio em que quer na situação linha quer na situação entrelinha, os tratamentos W<sub>3</sub> ( a 2,5 m do ramal de aspersores) apresentavam uma concentração reduzida de raízes nos primeiros 10 cm , chegando a ser nula para alguns tratamentos observando-se em contrapartida um aprofundamento radical elevado, chegando a atingir os 120 cm (Fig. 24, 25 e 26).

Klepper *et al.* (1973) ao estudarem o sistema radical do algodão, concluíram que quando o teor de água do solo era reduzido o crescimento das raízes à superfície era limitado, presumivelmente devido à resistência

que o solo oferecia, existindo vulgarmente um crescimento compensatório em profundidade. A reduzida intensidade radical observada nas camadas com excessiva humidade deve-se à reduzida taxa de difusão de oxigénio, a qual não é favorável ao crescimento das raízes. No entanto, quando a rega mantém o solo húmido a maior parte das raízes concentra-se nas camadas superficiais do solo, onde é maior o teor de água disponível (Klepper, 1991). Também Proffitt *et al.* (1985) em ensaios realizados com a cultura de trigo constataram que o aumento da frequência de rega desenvolve sistemas radicais mais superficiais.

Contrariamente ao referido noutros trabalhos, ao longo das cinco épocas de observações não foi muito evidente a existência de um pico de crescimento radical em qualquer das modalidades de água aplicada (W).

Jaafar *et al.* (1993) citado por Dardanelli *et al.* (1997) concluíram que 95% do crescimento radical total do milho era alcançado durante a fase de crescimento activo das plantas. Durante o desenvolvimento do grão, o crescimento vegetativo é reduzido ao mínimo sendo os fotoassimilados principalmente canalizados para o fruto (Begg e Turre, 1976 citados por Dardanelli *et al.*, 1997).

Dugas *et al.* (1990) num ensaio em que estudaram a influência de dois tipos diferentes de solo na distribuição das raízes, com o recurso a tubos de acrílico instalados no solo, constataram que os maiores valores de densidade radical foram obtidos à maturação fisiológica. Segundo os mesmos autores o fenómeno da continuidade do crescimento radical até à maturidade fisiológica já tinha sido observado previamente por Kaspar *et al.* (1978) e Mitchell e Russell (1971).

Taylor *et al.* (1970) mediram o desenvolvimento radical do milho com o auxílio de rizotróes. O meio onde a cultura se desenvolveu caracterizava-se por apresentar condições edafo-climáticas favoráveis ao crescimento da cultura, nomeadamente solo bem fertilizado, solto, com níveis de água, oxigénio e fertilizantes adequados à cultura, bem como temperaturas ajustadas ao crescimento normal da cultura. Ao avaliarem a intensidade

radical verificaram que esta sofria aumentos consideráveis nos últimos 20 dias do ciclo cultural, quando as plantas praticamente já não cresciam em altura, é ainda de salientar que as plantas cresciam em compartimentos sem que existisse competição entre elas.

Estudos efectuados por Borg e Grimes (1986) mostram que a profundidade de enraizamento máxima de diferentes culturas que se desenvolveram num meio com condições favoráveis só era alcançada quando as culturas atingiam a maturação fisiológica.

A variação da água disponível ao longo do perfil do solo é normalmente referida como determinante da distribuição das raízes em profundidade. Este efeito foi também observado no presente ensaio em que quer na situação linha quer na situação entrelinha, os tratamentos W<sub>3</sub> ( a 2,5 m do ramal de aspersores) apresentavam uma concentração reduzida de raízes nos primeiros 10 cm , chegando a ser nula para alguns tratamentos observando-se em contrapartida um aprofundamento radical elevado, chegando a atingir os 120 cm (Fig. 24, 25 e 26).

Ao contrário dos níveis de aplicação de água que tiveram uma acção marcada no modelo de distribuição das raízes no perfil do solo, a resposta aos níveis de aplicação de azoto parece não ser tão evidente, uma maior ou menor intensidade radical para determinados níveis de N observados a algumas profundidades poderá ter resultado da heterogeneidade do solo.

A análise dos dados apresentados no quadro 9 mostra que não foram encontradas diferenças significativas entre os valores do comprimento radical por unidade de superfície do solo para os diferentes níveis de azoto. Este resultado contrasta com os obtidos por Drew *et al.* (1974) e Tennant (1976) que encontraram aumentos significativos no comprimento radical para níveis elevados de aplicações de azoto.

De acordo com o que foi referido em 3.4.1., também o local de amostragem não foi aleatório , pelo que o teste F não é estatisticamente válido para o local e para a interacção água x local. No entanto tal como

sugere Hanks (1980) como os efeitos da rega são bastante marcados, a análise estatística não é de criticar.

Diferenças entre modalidades como resultado da aplicação de água, foram significativas (  $P < 0,05$  ) para as duas primeiras épocas de observação (57 e 80 DAS) e altamente significativas (  $P < 0,001$  ) para as restantes épocas (112, 135 e 147 DAS).

Quadro 9 - Valores de comprimento radical por unidade de superfície do solo ( $\text{cm}/\text{cm}^2$ ) observados para os quatro níveis de azoto (N) e três níveis de água (W) em 5 épocas (DAS- dias após sementeira).

Níveis de Água (w)	Intensidade radical ( $\text{cm}/\text{cm}^2$ ) 57 DAS			
	Níveis de azoto (N) x Local de amostragem (L)			
	N <sub>0</sub> L <sub>1</sub>	N <sub>1</sub> L <sub>1</sub>	N <sub>2</sub> L <sub>1</sub>	N <sub>3</sub> L <sub>1</sub>
W <sub>1</sub>	31,59	41,44	41,44	50,93
W <sub>2</sub>	59,23	59,96	67,20	60,86
W <sub>3</sub>	67,31	67,86	71,42	69,71

Níveis de Água (w)	Intensidade radical ( $\text{cm}/\text{cm}^2$ ) 57 DAS			
	Níveis de azoto (N) x Local de amostragem (L)			
	N <sub>0</sub> L <sub>2</sub>	N <sub>1</sub> L <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> L <sub>2</sub>	N <sub>3</sub> L <sub>2</sub>
W <sub>1</sub>	34,30	37,69	36,18	36,13
W <sub>2</sub>	47,65	49,96	50,52	50,19
W <sub>3</sub>	55,47	59,79	64,25	51,10

## APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 63

Quadro 9 (cont.) - Valores de comprimento radical por unidade de superfície do solo ( $\text{cm}/\text{cm}^2$ ) observados para os quatro níveis de azoto (N) e três níveis de água (W) em 5 épocas (DAS- dias após sementeira).

Níveis de Água (w)	Intensidade radical ( $\text{cm}/\text{cm}^2$ ) 80 DAS			
	Níveis de azoto (N) x Local de amostragem (L)			
	$N_0L_1$	$N_1L_1$	$N_2L_1$	$N_3L_1$
$W_1$	36,83	34,50	55,99	36,27
$W_2$	59,11	52,73	69,65	60,40
$W_3$	88,40	66,82	73,33	91,35

Níveis de Água (w)	Intensidade radical ( $\text{cm}/\text{cm}^2$ ) 80 DAS			
	Níveis de azoto (N) x Local de amostragem (L)			
	$N_0L_2$	$N_1L_2$	$N_2L_2$	$N_3L_2$
$W_1$	38,49	37,88	37,66	38,31
$W_2$	46,26	48,95	56,66	50,24
$W_3$	69,55	67,23	58,63	69,89

## APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 64

Quadro 9 (cont.) - Valores de comprimento radical por unidade de superfície do solo ( $\text{cm}/\text{cm}^2$ ) observados para os quatro níveis de azoto (N) e três níveis de água (W) em 5 épocas (DAS- dias após sementeira).

Níveis de Água (w)	Intensidade radical ( $\text{cm}/\text{cm}^2$ ) 112 DAS			
	Níveis de azoto (N) x Local de amostragem (L)			
	N <sub>0</sub> L <sub>1</sub>	N <sub>1</sub> L <sub>1</sub>	N <sub>2</sub> L <sub>1</sub>	N <sub>3</sub> L <sub>1</sub>
W <sub>1</sub>	39,74	34,24	40,37	31,07
W <sub>2</sub>	54,10	47,30	53,59	46,55
W <sub>3</sub>	103,07	82,06	87,75	93,75

Níveis de Água (w)	Intensidade radical ( $\text{cm}/\text{cm}^2$ ) 112 DAS			
	Níveis de azoto (N) x Local de amostragem (L)			
	N <sub>0</sub> L <sub>2</sub>	N <sub>1</sub> L <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> L <sub>2</sub>	N <sub>3</sub> L <sub>2</sub>
W <sub>1</sub>	41,38	33,95	33,87	39,10
W <sub>2</sub>	43,49	48,49	41,49	54,33
W <sub>3</sub>	71,54	67,58	66,86	52,07



## APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 65

Quadro 9 (cont.) - Valores de comprimento radical por unidade de superfície do solo ( $\text{cm}/\text{cm}^2$ ) observados para os quatro níveis de azoto (N) e três níveis de água (W) em 5 épocas (DAS- dias após sementeira).

Níveis de Água (w)	Intensidade radical ( $\text{cm}/\text{cm}^2$ ) 135 DAS			
	Níveis de azoto (N) x Local de amostragem (L)			
	$N_0L_1$	$N_1L_1$	$N_2L_1$	$N_3L_1$
$W_1$	35,94	35,09	36,18	33,67
$W_2$	50,78	44,31	52,11	43,74
$W_3$	105,77	97,78	105,08	91,94

Níveis de Água (w)	Intensidade radical ( $\text{cm}/\text{cm}^2$ ) 135 DAS			
	Níveis de azoto (N) x Local de amostragem (L)			
	$N_0L_2$	$N_1L_2$	$N_2L_2$	$N_3L_2$
$W_1$	47,46	38,49	33,30	32,91
$W_2$	45,10	47,15	44,37	42,90
$W_3$	72,34	61,17	78,43	59,35

## APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 66

Quadro 9 (cont.) - Valores de comprimento radical por unidade de superfície do solo ( $\text{cm}/\text{cm}^2$ ) observados para os quatro níveis de azoto (N) e três níveis de água (W) em 5 épocas (DAS - dias após sementeira).

Níveis de Água (w)	Intensidade radical ( $\text{cm}/\text{cm}^2$ ) 147 DAS			
	Níveis de azoto (N) x Local de amostragem (L)			
	$N_0L_1$	$N_1L_1$	$N_2L_1$	$N_3L_1$
$W_1$	36,99	34,42	34,30	32,45
$W_2$	45,87	39,54	72,48	45,98
$W_3$	82,13	93,56	98,28	91,57

Níveis de Água (w)	Intensidade radical ( $\text{cm}/\text{cm}^2$ ) 147 DAS			
	Níveis de azoto (N) x Local de amostragem (L)			
	$N_0L_2$	$N_1L_2$	$N_2L_2$	$N_3L_2$
$W_1$	42,55	36,35	31,09	35,60
$W_2$	46,94	48,47	45,07	41,45
$W_3$	76,57	74,61	72,48	67,29

Entre os dois locais de amostragem foram encontradas diferenças ao nível de 1% (57, 112 e 147 DAS) e ao nível de 5% (80 e 147 DAS), o que permite afirmar que a estrutura do próprio sistema radical leva a que haja mais raízes sob a planta. Aos 135 e 147 dias após a sementeira a água e o

local interagem e originam diferenças entre comprimentos radicais ao nível de 1%.

### 3.4.2.1. Modelação do enraizamento

Para mais facilmente traduzir a forma como as raízes se comportaram face às diferentes variáveis estudadas, efectuou-se a simulação do fenómeno enraizamento com recurso a equações de regressão múltipla para os dois locais estudados, linha e entrelinha. As variáveis independentes profundidade (p), água (w) e época (e) foram relacionadas com a variável dependente intensidade radical (Irc). Refere-se ainda que a variável nível de azoto não foi incluída na regressão porque estatisticamente não foi significativa para o valor de Irc.

Encontrou-se uma expressão para a linha que modela o enraizamento em função da profundidade, água e época:

$$Irc = 0,521625 - 1,1316 \times 10^{-2} p - 7,5635 \times 10^{-2} w + 2,8037 \times 10^{-2} e \quad (14)$$

Para: n= 1584

$$R^2 = 0,24$$

$$p = 0,000$$

O efeito linear combinado de profundidade, água e época contribuiu de uma forma altamente significativa para a variação do enraizamento na linha.. Para a entrelinha a expressão que ilustra a modelação do enraizamento em função da profundidade, água e época é:

$$Irc = -0,415793 - 3,6896 \times 10^{-3} p - 5,6121 \times 10^{-2} w + 2,6399 \times 10^{-2} e \quad (15)$$

Para: n= 1584

$$R^2 = 0,20$$

$$P = 0,000$$

### 3.4.2.2 Produção de grão vs comprimento radical

Ao comparar o comprimento radical por unidade de superfície do solo obtido em cada tratamento com a respectiva produção de grão verifica-se que existe uma linearidade entre elas (fig.32).

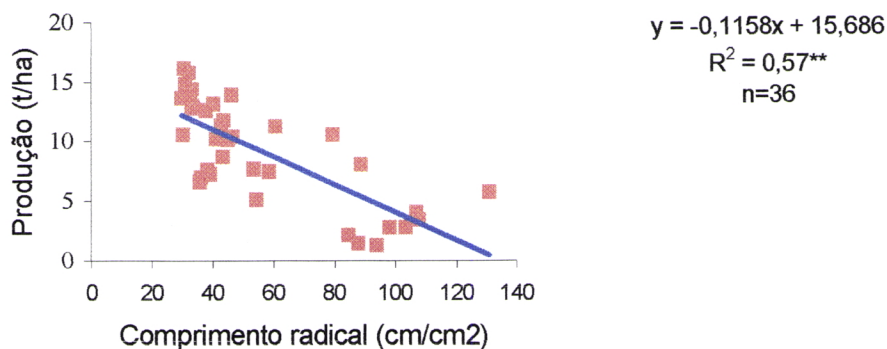


Figura 32 - relação entre a produção de grão de milho e o comprimento radical por unidade de superfície do solo.

A relação conduz a uma função com declive negativo, sendo lícito concluir que um consumo de fotoassimilados pelas raízes se faz em detrimento da produção de grão. O stress hídrico terá levado a um enraizamento maior com conseqüente consumo de energia que não foi aproveitado pela parte aérea da planta. Verificando-se a situação inversa quando a planta dispunha de condições hídricas favoráveis à superfície.

Sharp e Davies (1979) citado a partir de várias experiências também concluíram que existia um aumento no crescimento radical relativamente ao desenvolvimento da parte aérea em condições de stress hídrico do solo.

### 3.4.3. Relação entre os diferentes parâmetros usados para caracterizar a intensidade radical medida na parede dos minirizotróes

Quando se compara o número de raízes/cm<sup>2</sup> com o comprimento radical/cm<sup>2</sup> (A) e com o número de extremidades/cm<sup>2</sup> (B), verifica-se que em ambas as situações a relação é definida por uma função linear (Fig. 33). No entanto o número de raízes/cm<sup>2</sup> correlaciona-se mais significativamente com o comprimento radical/cm<sup>2</sup> ( $R^2 = 0,80$ ) do que com o número de extremidades ( $R^2 = 0,56$ ).

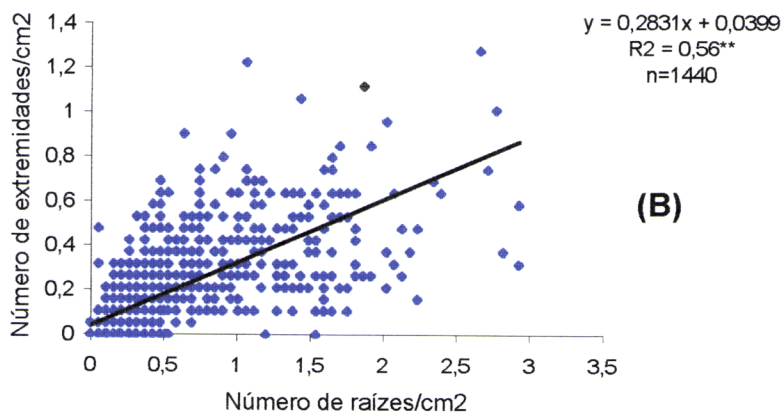
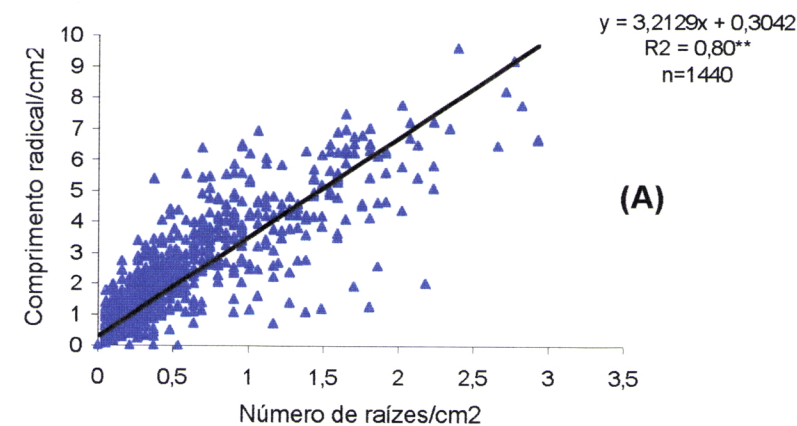


Figura 33 - (A) comprimento radical/cm<sup>2</sup>; (B) número de extremidades/cm<sup>2</sup>, como função do número de raízes /cm<sup>2</sup>.

Uma raiz que cresce ao longo da parede do minirizotróo é contabilizada a várias profundidades em termos de comprimento radical, embora em termos de extremidades só seja avaliada a sua localização inicial e final. De acordo com o que foi referido em 2.6.1. tal como refere Buckland (1993), quando apenas são considerados os pontos de contacto que correspondem às duas extremidades da raiz, estas podendo estar dentro da área fotografada podem por isso não ser contadas e por isso ser ou não contadas

---

## 4. Conclusões Finais e perspectivas futuras

Neste capítulo apresentam-se algumas conclusões, formuladas a partir dos resultados obtidos durante o ensaio e consideradas de maior interesse:

- Foi evidente que as maiores necessidades de água da cultura corresponderam à época da floração, onde se consumiu 0,38 do volume total de água aplicado;
- Em algumas regas, o volume de água medido ficou aquém do volume de água previsto, o que seguramente resultou de condições atmosféricas pouco favoráveis, nomeadamente a acção do vento. Esta situação foi bastante óbvia nos tratamentos mais distanciados do ramal de aspersores;
- Os perfis de humidade obtidos 24 horas antes e 48 horas depois da rega, mostram que nos tratamentos localizados junto ao ramal de aspersores e nos intermédios a maior fracção do volume de água infiltrado armazenou-se nos primeiros 50-60cm de profundidade. Nos tratamentos mais distanciados do ramal de aspersores o maior volume de água concentrou-se nos primeiros 20-30cm. A quantidade de água infiltrada não foi suficiente para que a frente de humedecimento se deslocasse em todo o perfil de solo estudado;
- Os diferentes níveis de azoto e água permitiram a obtenção de diferenças estatisticamente significativas na produção de grão de milho. Produções similares foram alcançadas nas duas faixas mais próximas do ramal de aspersores, no entanto, a faixa mais beneficiada pela rega, em condições óptimas de funcionamento pode conduzir a perdas excessivas por percolação enquanto que nas menos beneficiada o volume de solo molhado é insuficiente para a cultura. Podemos concluir que nas

condições deste ensaio a situação intermédia (7,5 m do ramal de aspersores) será o cenário que em termos económicos maximiza a relação água/produção

- Ao longo das cinco épocas de observações do sistema radical não foi muito evidente a existência de um pico de crescimento radical em qualquer das modalidades de água aplicada;
- É notória a maior intensidade radical observada na situação linha relativamente à situação entrelinha e pode ser atribuída a maior intensidade radical sob a planta;
- Os níveis de azoto não permitiram a obtenção de diferenças estatisticamente significativas entre intensidades radicais. Embora estatisticamente não exista um suporte válido para o factor água, a sua influência foi nítida ao longo do ciclo cultural e nas diferentes modalidades
- Da análise do comportamento do método de rega usado por um ramal de aspersores "line source" , como auxiliar para trabalhos futuros, é importante mencionar que sendo um sistema económico e de simples funcionamento a sua principal limitação resulta do facto de ser grandemente afectado pelos factores atmosféricos, principalmente o vento, que altera significativamente o padrão de distribuição de água à cultura. Para obviar esta situação pode ser necessário recorrer a cortinas de abrigo de modo a diminuir o impacto do vento ou utilizar aspersores com maior raio de alcance do que o pretendido, já que o fabricante parece não entrar em linha de conta com factores adversos ao sistema.



---

## Bibliografia

Bartolini, R., (1990) **El Maiz**. Ediciones Mundi-Prensa.

Benette, J. M., Mutti, L. S. M., Rao. P. S. C., Jones, J. W., (1989) **Interactive effects of nitrogen and water stresses on biomass acumulation, nitrogen uptake, and seed yield of maize**. Field Crop Research, 19, p. 297 - 311

Borg, H., Grimes, D.W., (1986) Depth development of roots with time: an empirical description. Transactions of the ASAE, 29, p. 194-197.

Brown, S. C., Keating, J. D. H., Gregory, P. J., Cooper, P. J. M., (1987) **Effects of fertilizer, variety and location on barley production under rainfed condition in northern Syria**. 1. Root and Shoot Growth . Field Crops Research, 16, p. 53 - 66.

Buckland, S. T., Campbell, C. D., Mackie-Dawson, L. A., Horgan, G.W., Duff, E. I.,(1993) **A method for counting roots observed in minirhizotrons and their theoretical conversation to root length density**. Plant and Soil, 153, p. 1 - 9.

Carami, A., Plaut, Z., Sinai, M., (1993) **Cotton root growth as affected by changes in soil water distribution and their impact on plant tolerance to drought**. Irrigation Science, 13, p. 177-183.

Cardoso, J. V. C., (1965) **Os Solos de Portugal – sua Classificação, Caracterização, Génese ( 1- A Sul do Tejo )**; Direcção Geral dos Serviços Agrícolas, Lisboa.

Dardnelli, J. L., Bachmeier, O. A., Sereno, R., Gil, R., (1997) **Rooting depth and soil water extraction patterns of different crops in a silty loam haplustoll**. Field Crop Research, 54, p. 29 - 38

Doorenbos, J., Kassam, A. H., (1979) **Yield response to water**. FAO Irrigation and Drainage paper, 33, Rome.

Doorenbos, J.; Pruitt, W. O., (1977) **Crop water requirements**. FAO Irrigation and Drainage paper, 24, Rome.

Dugas, W. A., Mayer, W. S., Barrs, H. D., Fleetwood, R.J., (1990) **Effects of soil type on soybean crop water use in weighing lysimeters**. Irrigation Science, 11, p. 77 - 81.

Eghball, B., Maranville, J. W., (1993) **Root development and nitrogen influx of corn genotypes grown under combined water and nitrogen stresses**. Agronomy Journal, 85, p. 147 - 152.

Ehlers, W., Khosla, B. K., Kopke, W., Stuppnagel, R., Böhm, W., Baeumer, K., (1980) **Tillage effects on root development, water uptake and growth of oats**. Soil Till. Res., 1, 19 - 34.

Feio, M., (1991) **Clima e agricultura - exigências climáticas das principais culturas e potencialidades agrícolas do nosso país**. Ministério Da Agricultura, Pescas e Alimentação, Lisboa.

Hanks, R. J., Keller, Rasmussen, V.P., Wilson, G.D., (1976) **Line source sprinkler for continuous variable irrigation-crop production studies**. Soil Science. Society American Journal, 40, p. 426 - 429.

- Hanks, R.J., Sisson, D. V., Hurst, R. L., Hubbarrd, K. G., (1980) **Satistical analysis of results from irrigation experiments using line source sprinkler system.** Soil Science Society American Journal., 44, p. 886 - 888.
- Hillel. D., (1977 a) **Computar simulation of soil water dynamics.** Int. Dev. Res. Center, Ottawa, Canada.
- Klepper, B., (1991) **Crop root system response to irrigation.** Irrigation Science, 12, p. 105 - 108.
- Maizlish, N. A., Fritton, D. D., Kendall, W. A., (1980) **Root morphology and early development of maiz at varying levels of nitrogen.** Agronomy Journal, 72, p. 25 - 31.
- Mackay, A. D., Barber, S. A., (1986) **Effect of nitrogen on root growth of two corn genotypes in the field.** Agronomy Journal, 78, p. 699 - 703.
- Mantovani, E. C., Villalobos, F.J., Orgaz, F., Ferreres, E., (1995) **Modelling the effects of sprinkler irrigation uniformity on crop yield.** Agricultural Water Management, 27, p. 247 - 257.
- Merrill, S. D., Rawlins, S.L., (1979) **Distribution and growth of sorghum roots in response to irrigation frequency.** Agronomy Journal, 71, p. 738 - 744
- Newell, R. L, Wihlelm, W. W., (1987) **Conservation tillage and irrigation effects on corn root development.** Agronomy Journal, 79, p. 160- 167.
- Oliveira, I., (1993) **Técnicas de regadio.** Tomo I, Instituto de Estruturas Agrárias e Desenvolvimento Rural, Lisboa.

Oliveira, M. R.G., (1988) **Comportamento do sistema radical de algumas espécies forrageiras e pratenses com interesse para a modernização dos sistemas de agricultura no Alentejo.** Dissertação apresentada à Universidade de Évora para obtenção do grau de Doutor em Ciências Agrárias, Évora.

Oliveira, N. R. G., Serralheiro, R. P., Reis, M. P. Z., Santos, F. L., (1994) **Maize root system response to surface irrigation in a Mediterranean brown soil: root growth related to water distribution along the furrow.** Report N. 94 - A - 019, AgEng'94 Conference on Agricultural Engineering, Milano.

Proffit, A. P. B., Berliner, P. B., Oosterhuis, D. M., , (1985) **A comparative study of root distribution and water extraction efficiency by wheat grown under high-and low-frequency irrigation.** Agronomy Journal, 77, p. 655 - 662.

Rasquilha, M. P. R., (1997) **Dinâmica do enraizamento do milho ( *Zea mays* L. ) sob diferentes regimes hídricos do solo, num estudo com recurso ao método do minirizotrão.** Tese de Mestrado. Universidade de Évora.

Raposo, J., (1989) **A rega em Portugal.** Secretaria de Estado da Agricultura.

Richner, W., Soldati, A., Stamp, P., (1996) **Shoot-to-root relations in field-grown maiz seedlings.** Agronomy Journal, 88, p. 56 - 61.

Robertson, W. K. *et al.* (1980) **Effects of pant – water stress on root distribution of corn, soybeans and peanuts in sandy soil.** Agronomy Journal, 72, p. 548 - 550.

Sharp, R. E., W. J. Davies, (1979) **Solute regulation and growth by roots and shoots of water stressed maize plants.** *Planta*, 147, 43 – 49.

Taylor, H. M., Huck, M. G., Klepper, B., Lund, Z. F. (1970). **Mesurement of soil-growth root in rhizotron.** *Agronomy Journal*, 70, p. 807 - 809.

Taylor, H. M, Klepper, B., (1974) **Water relations of cotton. root growth and water use as related to top growth and soil water content.** *Agronomy Journal*, 66, p. 584 - 588.

Taylor, H. M, Klepper, B., (1978) **The role of rooting caracteristics in the supply of water to plants.** *Adv. Agron.* 30, 99-128.

Tennant, D., (1976) **A test of a modified line intersect method of estimating root length.** *Journal of Ecology*, London, 63, p. 181 - 184.

Upchurch, D. R., (1986). **Root observations using a video recording system in minirhizotrons.** *ASA Special Publication*, 50, p. 51-65.

Upchurch, D. R.; Ritchie, J. T., (1983) **Root observation using a video recording system in mini-rhizotron..** *Agronomy Journal*, 75, p. 1009 - 1015.

Varela, J. L. B. S, (1996) **Condução táctica da rega na cultura do milho: tentativa de utilização do modelo EPICTPR.** Trabalho de Fim de Curso.

Wiesler, F.; Horst, W. J., (1994) **Root growth of maize cultivars under field conditions as studied by the core and minirhizotron method and relationships to shoot growth.** *Zeitschrift-fur-Pflazenernahrung-und-Bodenkunde*, 157, p. 351-358.

## Anexos

### Anexo I - Valores utilizados para o traçado da curva de calibração da sonda capacitiva.

Leituras da sonda capacitiva	Humidade (% volume)
14351	20.85
13869	23.79
13797	25.35
13729	23.02
14543	19.72
13878	24.31
13802	26.88
13746	22.58
13827	29.79
13909	26.96
13956	23.04
13392	21.70
13859	20.21
13800	21.37
13790	23.17
13730	28.66
13737	27.59
13787	22.69
13779	22.56
13737	33.11
13762	27.56
13782	23.65
13780	21.97
14737	16.70
14064	23.64
13841	22.28
13790	23.38
13804	23.06
13769	24.47
13771	25.0
13830	25.46
13740	23.33

**Anexo II - Análise de variância da regressão múltipla estabelecida para a produção de grão.**

Origem da variância	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Média dos quadrados	F	Significância
Regressão Linear	2	441414887,22	220707443,61	33,65	0.00
Desvios para a linha de regressão (resto)	33	216464606,74	6559533,54		
Total	35	657879493,96			

**Anexo III - Análise de variância da regressão múltipla para o comprimento radical (cm/cm<sup>2</sup> de superfície do solo) na situação linha.**

Origem da variância	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Média dos quadrados	F	Significância
Regressão Linear	3	1328,97	442,99	161,64	0.00
Desvios para a linha de regressão (resto)	1580	4330,05	2,74		
Total	1583	5659,02			

**Anexo IV - Análise de variância da regressão múltipla para o comprimento radical (cm/cm<sup>2</sup> de superfície do solo) na situação entrelinha.**

Origem da variância	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Média dos quadrados	F	Significância
Regressão					
Linear	3	737,42	245,81	130,67	0.00
Desvios para a linha de regressão (resto)	1580	2972,30	1,88		
Total	1583	3709,72			

**Anexo V - Intensidade radical (comprimento radical por unidade de superfície da parede dos minirizotróes) nos diferentes tratamentos e para a situação linha (L<sub>1</sub>) e entrelinha (L<sub>2</sub>)**

**N<sub>0</sub>W<sub>1</sub>**

Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0,564	0,48
20	1,901	0	0	0	0,689	0	0	0	0	0,877
30	0	0	0	0	0	0,295	0,167	0	0	0,606
40	0	0	0	0	1,692	0,65	0,251	0	0	0,439
50	0	0,460	0,669	1,024	0	0,313	1,859	0,669	0,961	0,898
60	0	1,316	1,650	0	0	1,139	1,776	1,274	0,397	0
70	0	2,277	0	0,815	1,316	0,653	0	0	0,982	0
80	0	1,400	1,400	1,379	0,836	0	2,382	0,125	0,919	0,543
90	0	0	0	0	0	0,45	0,689	1,065	1,901	3,071
100	0	0	0	0	0	0	0	0	1,441	0,355
110	0	0	0	0	0	0	2,194	0,292	2,59	0,167
120	0	0	0	0	0	0	0,585	0	3,384	0





<b>N<sub>0</sub>W<sub>2</sub></b>										
Prof. (cm)	<b>L<sub>1</sub></b>					<b>L<sub>2</sub></b>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	1,295	0	0	0	1,128	1,358	1,776	1,191	1,295	0
30	6,539	0,376	1,671	1,609	0,125	1,086	0,585	0	0	1,943
40	4,742	1,629	1,337	1,233	0	3,447	0	0	0	0,877
50	2,611	2,361	1,525	0,522	0,606	5,536	1,379	1,316	0,564	1,045
60	0	1,379	3,134	0,689	0,773	3,071	1,838	1,546	1,295	0,94
70	0	2,423	1,964	1,212	2,298	2,11	0,292	1,776	2,465	1,045
80	0	0	3,133	3,050	1,797	0	0	0	0,773	1,985
90	0	1,149	3,217	2,987	0,418	0	0	0	0	0,961
100	0	0,794	2,674	2,507	1,170	0	0,815	0	0	0
110	0	0	0	0,355	0	0	0	0	1,483	1,358
120	0	0	0	0	0	0	0,439	1,671	1,65	1,086

<b>N<sub>0</sub>W<sub>2</sub></b>										
Prof. (cm)	<b>L<sub>1</sub></b>					<b>L<sub>2</sub></b>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	4,032	0	0	0	0	0	1,588	0	0	0
20	5,369	0,773	0,313	0	1,212	0,167	2,256	0	0	0
30	2,632	1,629	0	0,418	0,606	1,045	0	0	0	0
40	4,345	3,739	1,838	2,402	1,567	1,65	1,88	0	0	0
50	3,572	2,423	0,313	1,358	0	1,149	1,734	0	0,418	0,355
60	0	2,737	3,029	2,131	1,212	1,358	2,11	0,669	2,235	0,752
70	3,196	1,650	2,152	3,196	1,818	0,67	0,898	2,946	0,982	1,65
80	0,689	4,199	2,465	2,632	2,152	1,256	1,361	4,387	3,572	2,423
90	2,256	0,522	0	0,396	0,815	0	0	2,925	2,758	2,152
100	0	0	0	0	1,421	0	0	1,671	2,235	1,421
110	0	0,334	0,167	0,418	0,292	0	0	0	1,045	1,629
120	0	0	1,755	0,982	1,024	0	0	0	0	1,253

<b>N<sub>0</sub>W<sub>3</sub></b>										
Prof. (cm)	<b>L<sub>1</sub></b>					<b>L<sub>2</sub></b>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0	0	0	0	0	0	0,439	1,358	1,379	1,191
20	0,815	2,047	2,465	2,402	1,024	1,504	2,246	1,152	1,859	1,053
30	2,131	4,554	4,596	4,533	0,627	3,050	1,547	1,567	1,319	1,671
40	1,421	4,116	4,805	4,784	4,199	5,160	1,990	1,384	2,656	1,925
50	3,134	3,739	4,596	4,512	3,322	1,546	1,713	0,606	1,026	2,298
60	5,682	5,244	3,384	4,408	3,823	0	1,671	1,946	2,614	2,097
70	3,865	6,351	7,521	7,479	2,507	0	2,089	2,847	2,805	2,883
80	0	3,551	7,249	7,228	4,241	0	2,283	2,79	2,769	1,416
90	0	7,751	7,103	6,706	2,131	0	2,134	3,805	2,742	2,173
100	0	7,730	6,518	6,058	2,779	0	0,627	2,189	1,173	2,799
110	0	3,426	3,802	4,095	4,868	0	1,818	2,892	2,638	2,071
120	0	0,585	2,987	3,029	2,695	0	0,462	1,150	1,139	1,664





<b>N<sub>1</sub>W<sub>2</sub></b>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	1,588	0	2,173	0	0	0	0	0	0	0
20	0,376	3,698	5,390	2,131	0	1,128	1,128	0	0	1,483
30	5,453	1,797	1,776	1,734	0,772	2,444	2,047	0,689	2,110	1,065
40	7,834	1,650	0,982	1,045	0,793	1,776	0,940	0,522	1,065	0,355
50	4,972	1,212	0	0,627	0	1,253	1,776	0,773	1,504	0,334
60	0,251	3,092	0,272	1,504	1,441	1,400	1,253	0	1,169	0,251
70	0,857	0,355	0	1,086	0	1,776	0,648	1,128	1,797	0,188
80	2,047	1,003	0	0	1,024	1,128	1,128	0,606	0,627	1,776
90	0	0,272	0	0	1,880	1,128	1,253	0,439	0	0,752
100	0	0	0	0	1,170	0	0	0,836	0,439	0,292
110	0	0,167	0	0	0	0	0	0	1,274	0
120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

<b>N<sub>1</sub>W<sub>2</sub></b>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	1,838	0	0,271	0	0	0	0	0	0	0
20	1,942	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	2,903	0	3,468	0,396	0,835	5,849	0,606	0,982	1,421	0,752
40	6,957	0,564	0,982	1,107	2,465	3,071	3,700	3,802	1,859	0
50	3,468	1,191	0	0	0	0	1,274	0	0,794	0,752
60	0,501	1,002	0,647	0,271	0	0	0,731	0,125	0,648	1,901
70	0	0,418	0,460	1,233	0	0	0,648	2,214	2,194	2,089
80	0	3,112	0	0	0	0	0	1,734	1,483	0,522
90	0	0	0	0	0	0	0	1,776	1,274	2,486
100	0	0	0	0	0	0	1,483	1,045	2,820	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,838
120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,441

<b>N<sub>1</sub>W<sub>3</sub></b>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0	0	0	0,480	0	2,841	3,530	1,430	1,320	1,784
20	0	0	0	1,609	1,797	0,836	1,546	1,859	1,008	1,053
30	0	0,397	0	1,233	1,567	4,157	2,047	2,283	2,891	2,62
40	0,648	1,233	1,400	2,068	1,964	1,838	2,265	2,907	2,288	2,852
50	1,358	2,779	1,713	2,883	2,152	2,110	2,68	2,241	2,437	2,996
60	1,629	4,888	3,656	6,267	4,136	0	3,787	2,095	2,810	2,578
70	5,829	3,489	2,590	5,056	5,244	0	3,429	3,008	2,766	2,327
80	2,779	3,969	4,596	6,685	3,656	0	0	1,465	1,551	1,915
90	0,689	4,617	4,847	5,097	7,479	0	2,614	1,068	1,810	1,620
100	0,251	4,951	2,862	6,936	6,748	0	1,253	1,611	1,455	1,710
110	0	0	0	0,585	1,901	0	0	1,128	1,095	1,970
120	0	0	0	0	0	0	0	1,880	1,538	1,979



N <sub>2</sub> W <sub>1</sub>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0	0	0	0	0	1,692	0,501	0	0	0
20	0,606	0	0,836	0	0	0	0	0	0	0
30	0	1,400	0,439	0,480	0	1,086	0,627	0,689	0,898	0
40	2,883	0,606	0	0,418	1,69217	2,340	1,718	0	0	0
50	0,501	1,483	0	0	0	0,877	0	0,731	0	0
60	0	0	0	0	0	0	1,153	0,376	0	0
70	0	0	0	0	0	0	1,253	0,585	1,253	1,629
80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,230
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0	0	0,501	0,877	1,045	1,128

N <sub>2</sub> W <sub>1</sub>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0,397	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	1,065	1,462	1,086	1,274	0,794	0	0	0	0	0
30	2,068	2,716	0	0	0	0	0	0	0	0
40	4,784	4,847	4,805	1,588	1,776	0,731	0,585	0	0	0
50	0	3,217	0	1,045	0	0,564	0,564	0,836	0	0
60	0	0	0	0	0	0,522	0,585	0,877	0	0
70	0	1,295	0,836	0,773	0	1,149	1,128	1,128	1,003	0,669
80	0	3,384	0	0	0	0	0	1,065	1,024	1,546
90	0	4,429	1,191	0	0	0	0	0,397	0,334	0
100	0	3,928	2,507	0,501	0	0	0	0	0	0
110	0,46	3,155	2,298	0,877	0	0	0	0,418	0,585	0,501
120	0,731	0	0,000	0,585	0,313	0	0	0,501	0,648	0,522

N <sub>2</sub> W <sub>2</sub>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0	0	0	0,292	0	0	0	0	0	0
20	1,211	2,486	0,835	0,877	0,668	1,776	0	0	0	0
30	5,368	3,885	1,692	0	0	5,473	2,967	1,233	0	0
40	7,082	3,990	4,094	1,942	1,399	3,844	3,155	2,382	1,233	0,209
50	2,444	0,772	0	0	0	0	3,739	2,799	0,146	0,209
60	0	2,277	0,877	1,775	1,608	0	0	1,922	0,940	0
70	1,462	2,089	0,752	2,590	1,149	0	0,292	0,731	0,188	0
80	0,480	1,441	0,731	1,880	1,462	0	1,170	0,418	1,859	0,313
90	0	0,689	1,692	1,587	1,044	0	0,836	1,065	0,919	1,421
100	0	1,692	0	0,146	1,190	0	1,253	0	0	0,292
110	0	0	0	0,501	0,438	0	0	0	0	0,522
120	0	0	0	0	1,128	0	0	0	0	0

<b>N<sub>2</sub>W<sub>2</sub></b>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0	0	0	0	0	0,272	0	0	0	0
20	2,423	0,480	1,483	1,566	1,358	1,567	1,838	1,462	1,086	0,209
30	0	0	0	0	0,167	1,086	0,794	0,984	1,065	0
40	3,155	1,964	0,606	0	0	1,588	1,045	1,755	2,319	1,713
50	3,280	3,092	1,671	0,606	1,734	0	0	0	0	1,421
60	5,473	5,013	2,862	1,880	2,109	1,776	1,149	2,092	2,627	0,522
70	5,222	4,304	0	0	0,627	0	0	0	0	0
80	0	1,504	1,128	0,334	0,856	0	0	1,274	1,070	0,104
90	0	1,713	1,671	1,609	0,564	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,084
120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,167

<b>N<sub>2</sub>W<sub>2</sub></b>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0	0	0	0,292	0	0,272	0	0	0	0
20	1,212	2,486	0,836	0,877	0,669	1,567	1,838	1,462	1,086	0,209
30	5,369	3,886	1,692	0	0	1,086	0,794	0,984	1,065	0
40	7,082	3,990	4,095	1,943	1,400	1,588	1,045	1,755	2,319	1,713
50	2,444	0,773	0	0	0	0	0	0	0	1,421
60	0	2,277	0,877	1,776	1,609	1,776	1,149	2,092	2,627	0,522
70	1,462	2,089	0,752	2,590	1,149	0	0	0	0	0
80	0,480	1,441	0,731	1,880	1,462	0	0	1,274	1,070	0,104
90	0	0,689	1,692	1,588	1,045	0	0	0	0	0
100	0	1,692	0	0,146	1,191	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0,501	0,439	0	0	0	0	0,084
120	0	0	0	0	1,128	0	0	0	0	0,167

<b>N<sub>2</sub>W<sub>3</sub></b>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0	0	0	0	0	0,961	2,695	2,542	0,689	0,355
20	2,110	1,107	0,961	1,671	1,880	5,661	2,653	2,092	2,060	2,267
30	5,077	2,047	2,549	3,238	2,277	4,680	2,340	2,384	2,115	2,533
40	5,641	3,447	2,883	1,274	2,695	6,121	1,943	1,008	1,127	2,849
50	5,327	2,758	4,011	5,933	4,868	1,985	3,575	3,62	2,249	2,583
60	5,870	4,199	4,533	6,017	6,121	0	3,178	3,563	3,320	2,518
70	1,003	3,259	2,465	7,667	7,563	0	1,158	1,008	1,643	1,599
80	0	2,820	3,572	2,967	1,776	0	1,017	1,343	1,476	1,35
90	0	2,611	2,883	3,698	3,510	0	2,423	2,253	2,211	2,324
100	0	0,940	1,546	2,820	2,799	0	0,919	2,604	2,121	2,542
110	0	0	0,564	2,402	4,032	0	0,188	0,310	2,638	2,826
120	0	3,865	1,546	2,319	1,212	0	1,086	1,901	1,567	1,337



<b>N<sub>2</sub>W<sub>3</sub></b>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	3,008	0,564	1,295	2,402	0,501	0	0	0	0	0
30	2,590	1,191	3,489	2,277	1,859	2,024	0,460	0,397	1,045	0,501
40	6,998	3,280	4,805	7,249	5,223	1,439	1,901	2,026	1,400	1,400
50	4,596	2,967	6,226	6,748	3,008	1,980	1,880	2,361	3,928	2,716
60	3,405	0,773	2,758	6,664	6,267	1,710	1,755	3,572	2,799	2,799
70	2,507	3,677	4,262	5,682	4,095	0,397	1,065	1,065	4,199	2,549
80	0	1,337	4,324	7,771	6,372	2,710	3,593	4,157	5,390	4,220
90	0	0	3,008	4,220	2,632	0	2,173	2,402	6,810	4,199
100	0	0	2,173	4,178	4,241	0	1,901	0	2,528	2,068
110	0	0	1,880	3,593	1,901	0	1,316	0	3,802	0,731
120	0	0	1,316	0,940	2,068	0	0	0	0	0

<b>N<sub>2</sub>W<sub>3</sub></b>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	1,230	3,280	2,716	2,089	1,421	2,423	0,982	0,397	0	0
20	3,196	0	0	0	1,943	1,253	1,483	1,295	0,418	0
30	5,849	1,880	2,799	3,134	3,071	1,880	1,734	0,982	0,251	0,501
40	3,990	5,265	4,178	2,152	5,473	2,507	1,692	1,504	0,501	1,410
50	1,755	4,742	6,643	6,685	6,288	1,024	0,627	2,423	2,256	2,716
60	0	0	2,590	1,024	1,546	2,423	0,773	3,572	5,641	2,799
70	0	3,551	2,925	0,209	1,671	3,155	4,554	3,468	4,68	2,549
80	0	3,551	2,507	2,026	1,776	3,280	0	3,405	5,265	4,220
90	0	3,760	0	0	0	0	0	0	0	4,199
100	0	0	0	3,071	2,110	0	0	0	0	2,068
110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,731
120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

<b>N<sub>3</sub>W<sub>1</sub></b>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0	0	0	0	0	0	0,627	0	0	0
20	6,894	0,522	0,522	0,627	0,355	0,632	0,627	0	0	0
30	1,233	0,376	0	0,772	0	0,853	1,650	0	0	0
40	3,134	0,188	1,045	1,504	0,627	0,794	0,460	0,669	0,460	0
50	3,719	0	0	0	0	0	0,376	1,233	0,731	0,689
60	1,462	0	0	0	1,191	0	0,773	0,627	0,961	2,277
70	0,397	1,692	0	0	0	0,594	0	0	1,003	1,128
80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,773
90	0,209	0	0	0	0,940	0	0	0	0	0,606
100	0	0	0	0	0	0,252	0	0	0,815	0,522
110	0	0	0	0	0	0,252	0	0	0,585	0,773
120	0	0	0	0	0	0	0	0	0,961	0,710



<b>N<sub>3</sub>W<sub>2</sub></b>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	3,531	0	0	0	0	1,838	0	0	0	0
20	3,447	2,382	1,609	0	0,710	1,170	1,170	0	0	0
30	3,656	3,844	2,883	3,050	0,961	3,217	1,158	0	0	0
40	4,450	5,912	5,306	4,700	1,943	1,253	0,327	0,961	0	0,669
50	0	3,656	3,551	3,426	1,922	3,301	2,408	3,092	3,698	0,480
60	0	2,883	0,857	0	1,337	3,802	3,259	3,343	3,760	1,149
70	0	4,220	3,489	2,444	1,922	0	0,794	0,961	1,609	0
80	0	0	0	0	0	0	0,334	0,669	0,815	0
90	0	0	0	0	0,710	0	0,334	0,961	1,295	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0	1,567	0,648
110	0	0	0	0	0	0	0	0	0,543	0,272
120	0	0	0	0	0	0	3,426	3,802	0,898	1,358

<b>N<sub>3</sub>W<sub>2</sub></b>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	2,006	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	2,382	4,157	1,086	0,209	0,648	0,627	0	0	0,898	0
30	4,032	5,139	1,358	0,794	1,086	1,045	2,528	0,501	1,003	0,355
40	6,267	2,423	2,026	1,755	1,859	2,214	0,543	0	0	0
50	2,862	0,961	1,191	1,629	3,008	0	0	0	0	0,94
60	1,045	2,883	1,045	1,671	2,194	0,209	0,543	1,692	1,671	1,629
70	0,251	0,898	0,272	0,334	1,797	2,883	2,047	2,026	2,883	2,11
80	0	0	1,149	0,961	2,173	0	2,423	2,444	2,047	2,194
90	0	0	0,376	0,334	1,086	0	1,379	0	0	1,191
100	0	0	0	0	1,316	0	0	0	0,689	0,877
110	0	0	0	0	0	0	0	0	0,961	1,797
120	0	0	0	0,501	1,233	0	0	0	1,086	1,4

<b>N<sub>3</sub>W<sub>3</sub></b>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0,397	1,253	0,397	0,606	0	0	0,543	0	0	0
30	3,008	1,212	3,029	0	0,522	5,653	4,713	2,334	0	0
40	3,071	4,680	4,074	3,656	0,585	3,789	3,149	3,086	0,773	3,928
50	6,037	6,622	4,283	6,414	4,784	0	2,776	2,762	2,361	0
60	7,437	6,142	3,134	6,330	5,515	0	0,94	0	0	0
70	5,265	7,228	3,719	7,416	5,202	3,969	3,865	2,874	1,734	4,053
80	2,820	5,097	3,447	4,888	4,471	0	0	0	0,982	3,969
90	3,301	4,784	1,838	2,737	4,533	0	3,897	3,852	1,671	5,641
100	0	2,006	2,214	3,363	1,274	0	0	2,609	0,689	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0	1,462	0,669
120	0	0	0	0	0,877	0	0	0	0	0,836

N <sub>3</sub> W <sub>3</sub>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	2,674	0	0	0,334	1,943	0,689	2,361	0,627	0,648	0,418
20	4,053	1,525	0,397	4,304	3,948	2,006	0,731	1,176	0,815	0,543
30	6,142	1,065	2,068	3,823	6,184	1,233	0	0	0	0,648
40	6,309	5,870	4,283	9,610	5,787	2,737	2,758	2,402	4,199	2,674
50	3,760	4,868	5,578	6,831	6,518	0	0	0	0	0
60	1,253	4,178	3,489	4,847	3,865	0	2,047	0,731	0	0
70	0	7,228	6,497	6,497	6,727	0	2,444	4,847	5,891	4,847
80	0	3,614	8,231	9,213	7,500	0	5,494	5,453	3,301	1,149
90	0	5,494	6,790	5,202	7,040	0	3,865	4,390	5,097	4,116
100	0	4,638	3,280	4,220	0,251	0	1,379	2,578	4,116	2,047
110	0	0	0	0	0	0	2,382	1,880	2,632	4,429
120	0	0	0	0	0	0	0,522	1,434	3,468	4,220

N <sub>3</sub> W <sub>3</sub>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0,606	2,590	1,922	1,065	1,400	0	0	0	0	0
20	0,710	1,379	0	0,898	1,337	0,439	0,961	0,961	0,648	0,460
30	3,677	4,345	3,635	1,086	1,128	1,379	1,755	2,026	2,026	1,755
40	3,092	3,593	2,737	6,184	5,181	1,045	1,421	1,421	1,629	1,358
50	0	2,173	1,024	2,361	1,253	0	0	0	0	0
60	0	0	2,862	2,068	0	1,671	1,671	1,755	1,943	1,755
70	0	0	0	1,421	0	1,358	1,149	1,149	1,379	1,421
80	0	0,460	1,253	1,421	2,653	1,149	2,423	2,026	2,026	1,943
90	0	0,501	0,627	0	0	1,045	1,191	1,149	1,045	1,045
100	0	0	1,692	0,857	2,382	1,755	2,382	2,862	4,011	2,549
110	0	0	0	0	0	2,194	2,194	2,319	1,462	1,149
120	0	0	0	0	0	1,045	2,423	1,629	0,292	0,961



<b>N<sub>0</sub>W<sub>1</sub></b>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0	0	0	0	0	0	0	0,053	0	0,798
20	0	0	0	0	0,16	0,212	0	0	0	0,106
30	0	0,106	0,372	0	0	0,531	0,053	0,106	0	0
40	0,425	0,160	0,106	0,266	0	0,159	0	0	0	0,372
50	0,585	0,106	0,160	0,160	0,106	0	0	0	0,213	0,160
60	0	0	0	0	0	0,053	0	0,319	0,106	0
70	0	0,106	0,053	0,213	0,319	0	0,425	0,319	0,319	0,319
80	0	0	0	0	0	0	0,106	0,16	0,266	0,160
90	0	0	0	0,160	0,319	0,1595	0,160	0,213	0,479	0,213
100	0	0	0	0,266	0,160	0	0,053	0,106	0,16	0,213
110	0	0	0	0	0	0	0	0,213	0,266	0
120	0	0	0	0	0	0	0	0	0,266	0,319

<b>N<sub>0</sub>W<sub>2</sub></b>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0	0,266	0	0	0	0,319	0,053	0,106	0,266	0
20	0,798	0,851	0	0,106	0	0,266	0	0	0	0
30	0,479	0,744	0,904	0,319	0	0	0	0	0	0
40	0,213	0,425	0,213	0,425	0,638	0,213	0	0	0	0
50	0	0,266	0,160	0,266	0,425	0,266	0,213	0,106	0,425	0
60	0	0	0	0	0	0,213	0,106	0,160	0,160	0,372
70	0	0	0	0	0	0	0,160	0,053	0	0,106
80	0	0	0,053	0,160	0,106	0	0	0,106	0,532	0,532
90	0	0	0	0	0	0	0	0	0,319	0,266
100	0	0	0	0	0,160	0	0	0	0,425	0,213
110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,106
120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

<b>N<sub>0</sub>W<sub>2</sub></b>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0,213	0	0	0	0,266	0,319	0,213	0,266	0,266	0
30	1,542	0,053	0,319	0,160	0,053	0,160	0,106	0	0	0,532
40	0,798	0,372	0,213	0,213	0	0,957	0	0	0	0,160
50	0,532	0,479	0,266	0,160	0,106	0,851	0,160	0,160	0,160	0,213
60	0	0,213	0,479	0,106	0,266	0,532	0,266	0,479	0,425	0,106
70	0	0,266	0,319	0,213	0,372	0,160	0,053	0,213	0,319	0,160
80	0	0	0,638	0,372	0,372	0	0	0	0,266	0,479
90	0	0,106	0,638	0,585	0,106	0	0	0	0	0,160
100	0	0,053	0,425	0,372	0,319	0	0,106	0	0	0
110	0	0	0	0,106	0	0	0	0	0,266	0,266
120	0	0	0	0	0	0	0,053	0,319	0,319	0,213



<b>N<sub>0</sub>W<sub>3</sub></b>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0,957	0,585	0,157	0	0	0,157	0,106	0,372	0,266	0,372
30	1,064	0,266	0,213	0,213	0,16	0,319	0,740	0	0,106	0
40	1,968	0,319	0,213	1,010	1,010	0,584	0,638	0,319	1,329	0,851
50	1,489	0,157	0,157	0,638	1,170	2,605	0,106	0,266	0,372	0,425
60	0,904	1,010	0,106	0,425	1,117	0,106	0,213	0,053	0,266	0,053
70	0	0	0,053	0,157	0,266	0	0	0	0,585	0
80	0	0	0	0,106	0	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0,106	0,106	0,372	0,213	0,585	0,479	0,372
100	0	0	0,157	0,372	0,532	0,637	1,489	0,372	0,532	0,319
110	0	0	0,266	0,266	0,16	0	0,532	0,372	1,064	1,436
120	0	0	0	0	0	0	0,372	0,106	0,372	0,479

<b>N<sub>1</sub>W<sub>1</sub></b>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0	0	0	0	0	0,106	0	0	0	0
20	0,319	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0,160	0,106	0,106	0,160	0	0	0	0
40	0,106	0,053	0	0,106	0,160	0,319	0	0	0	0
50	0,372	0,106	0,106	0,106	0	0	0,053	0,106	0,053	0,213
60	0,106	0,372	0,213	0,319	0,160	0	0	0	0,319	0,106
70	0	0,106	0,213	0	0	0,319	0,053	0,16	0,266	0
80	0,106	0,106	0,053	0	0	0,213	0,213	0	0	0
90	0	0	0,053	0,106	0	0,053	0,266	0,160	0,425	0,160
100	0	0,053	0	0	0	0,160	0,106	0	0,160	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0,106	0	0
120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

<b>N<sub>1</sub>W<sub>1</sub></b>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0,16	0	0,16	0	0	0,213	0	0	0	0
20	0,479	0,106	0,053	0	0	0,372	0	0	0,160	0,053
30	0	0,372	0	0	0	0,744	0,053	0	0	0
40	0,266	0,213	0	0,266	0,053	0	0,106	0	0,106	0,106
50	0,106	0	0,053	0	0,053	0,319	0,106	0	0,213	0
60	0	0	0	0	0,106	0	0,106	0	0,106	0,160
70	0	0,053	0	0,106	0	0	0,266	0	0,160	0,160
80	0	0	0	0	0,265	0	0,425	0	0,372	0,213
90	0	0	0,053	0	0	0	0,106	0,532	0,106	0,213
100	0	0	0	0,213	0,319	0	0	0,106	0	0,106
110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,638
120	0	0	0	0	0	0	0	0	0,106	0,106





<b>N<sub>1</sub>W<sub>2</sub></b>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0,372	0	0,106	0	0	0	0	0	0	0
20	0,744	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	1,064	0	0,744	0,106	0,213	1,1699	0,16	0,16	0,425	0,106
40	2,233	0,266	0,16	0,16	0,585	0,8508	0,638	0,372	0,372	0
50	0,638	0,16	0	0	0	0	0,106	0	0,213	0,16
60	0	0,16	0,106	0,053	0	0	0,053	0,053	0,213	0,266
70	0	0,053	0,106	0,479	0	0	0,053	0,266	0,372	0,425
80	0	0,479	0	0	0	0	0	0,213	0,213	0,106
90	0	0	0	0	0	0	0	0,372	0,16	0,479
100	0	0	0	0	0	0	0,372	0,106	0,532	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,372
120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,266

<b>N<sub>1</sub>W<sub>3</sub></b>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0	0	0	0,107	0	0,479	0,585	0,319	0,638	1,010
20	0	0	0	0,532	0,691	0,053	0,160	0,319	1,329	1,010
30	0	0,106	0	0,425	0,479	0,532	0,213	1,170	2,340	1,542
40	0,053	0,372	0,106	0,851	0,479	1,170	1,329	0,691	1,861	1,755
50	0,160	0,904	0,266	0,744	0,479	0,266	1,064	0,744	1,861	2,021
60	0,266	0,957	0,532	2,659	0,798	0	1,436	0,904	1,808	1,968
70	1,276	0,532	0,532	1,383	1,648	0	1,595	0,532	1,595	2,446
80	0,266	0,957	0,798	2,606	1,223	0	0	1,010	0,532	2,872
90	0,053	1,064	0,851	2,818	2,659	0	0,904	0,266	2,287	2,712
100	0,053	1,223	0,585	2,818	2,180	0	0,532	0,372	1,702	2,659
110	0	0	0	0,160	0,851	0	0	0,319	1,383	1,755
120	0	0	0	0	0	0	0	0,691	0,691	0,372

<b>N<sub>1</sub>W<sub>3</sub></b>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0,106	0,319	0,213	0,638	0,265	0	0	0,372	0	0
20	0,585	0,372	0,585	0,532	0,319	0,160	0,106	0,160	0	0,904
30	1,542	0,479	1,01	0,798	0,638	0,160	0,372	0,106	0,266	0
40	0,691	0,319	0,744	1,276	0,744	1,702	0,585	1,223	1,542	1,861
50	1,436	0,053	0,957	1,010	1,808	0,319	0,053	0,532	1,861	1,170
60	0,319	0,798	0,372	0,904	0,957	0,266	0,106	0,691	1,276	0,957
70	0,744	0	1,064	1,648	1,808	0,691	0,160	1,170	1,276	0,904
80	0,053	0	0,213	0	0,957	0	0,479	1,383	1,170	2,180
90	0	0	0,425	0,213	1,063	0	0,053	1,064	1,276	1,329
100	0	0	0,106	0	0,265	0	0	0,744	0,532	1,010
110	0	0	0,319	0	0,744	0	0	0,691	1,170	1,595
120	0	0	0,16	0	0,212	0	0	0	0,106	0,266

N <sub>1</sub> W <sub>3</sub>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0,479	0,479	1,064	0	0	0	0	0	0	0
20	1,276	0	0	0	0	0,107	0,16	0,005	0	0,106
30	1,914	1,595	0,319	1,01	1,117	0,0532	0,479	0,479	0,213	0,053
40	0	0,16	0,532	0,798	0,532	0,4254	0,638	0,798	0,053	0,053
50	0,053	0,213	2,127	1,436	1,489	0,213	0,16	0	0,106	0
60	1,064	0,160	1,914	1,914	2,021	0,160	0,213	0	0,213	0,213
70	1,914	0,851	1,861	0,798	1,968	0,372	0,479	0	0,160	0,160
80	0,532	0	0,532	1,276	1,223	0,106	0,106	0,372	0,425	0,106
90	0	0	0,798	1,276	0,638	0,213	0,319	0,479	0,266	0,266
100	0	0,691	1,861	0,585	0,479	0	0	0	0	0
110	0	0	0,106	1,489	0,851	0	0,160	0,267	0,106	0,106
120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

N <sub>2</sub> W <sub>1</sub>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0,425	0,106	0	0	0	0	0	0	0	0,160
30	0,479	0,266	0	0	0	0,213	0,691	0,532	0	0
40	0,744	0,266	0,213	0,266	0,106	0,691	0,213	0,160	0,106	0
50	0,744	0,266	0	0,479	0,266	0,106	0,585	0,053	0,425	0
60	0,532	0,213	0,160	0,160	0,213	0,213	0,213	0,266	0,106	0
70	0,106	0,372	0,160	0,213	0,160	0	0	0	0	0
80	0,160	0,053	0,053	0	0	0,638	0,319	0,266	0	0
90	0	0	0	0,213	0,160	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0,053	0	0	0	0,106	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0	0	0	0	0,106	0

N <sub>2</sub> W <sub>1</sub>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0	0	0	0	0	0,266	0,106	0	0	0
20	0,106	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0,319	0,213	0,160	0	0,372	0,372	0,213	0,266	0
40	0,425	0,160	0,106	0,106	0,213	0,585	0,213	0	0	0
50	0,053	0,160	0	0	0	0,319	0	0,16	0	0
60	0	0	0	0	0	0	0,266	0,053	0	0
70	0	0	0	0	0	0	0,532	0,160	0,160	0,213
80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,053
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0	0	0,213	0,213	0,160	0,266



N <sub>2</sub> W <sub>2</sub>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0	0	0	0,16	0	0,106	0	0	0	0
20	0,372	0,372	0,213	0,213	0,160	0,478	0,585	0,372	0,319	0,053
30	1,280	0,585	1,190	0	0,053	0,213	0,213	0,425	0	0
40	0,479	0,479	0,053	0,106	0	0,213	0,425	0,372	0,638	0,372
50	0,904	0,691	0	0	0,319	0	0	0	0	0,372
60	2,021	1,276	0,798	0,266	0,425	0,160	0,160	0,106	0,106	0,213
70	0,532	1,064	0,585	1,190	0,106	0	0	0	0	0
80	0	0,319	0,16	0,106	0,106	0	0	0,106	0,16	0,053
90	0	0,319	0,319	0,319	0,160	0	0	0	0	0
100	0	0,106	0	0,372	0,213	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0,053	0,053	0	0	0	0	0,053
120	0	0	0	0	0,16	0	0	0	0	0,053

N <sub>2</sub> W <sub>3</sub>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0	0	0	0	0	0,160	0,744	0,372	0,053	0,106
20	0,479	0,319	0,319	0,266	0,319	1,010	0,479	0,691	2,287	1,648
30	1,276	0,372	0,532	0,638	0,425	0,585	0,479	0,851	1,755	0,798
40	1,276	0,744	0,638	0,425	0,372	0,957	0,319	0,638	1,808	1,808
50	0,957	0,479	1,170	1,755	1,170	0,106	1,968	1,170	1,755	1,648
60	0,957	0,479	0,957	1,648	1,702	0	1,010	1,542	1,755	1,968
70	0,106	0,532	0,319	3,191	2,606	0	0,213	0,638	2,446	1,276
80	0	0,638	1,010	1,064	0,479	0	0,266	0,798	1,223	1,436
90	0	0,213	0,425	1,383	0,744	0	0,372	0,425	0,585	0,638
100	0	0,372	0,160	0,479	0,479	0	0,372	0,585	1,702	1,436
110	0	0	0,106	0,691	0,798	0	0,106	0,053	1,010	0,957
120	0	1,117	0,372	0,266	0,160	0	0,691	0,425	0,479	0,266

N <sub>2</sub> W <sub>3</sub>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0,744	0,160	0,532	0,691	0,213	0	0	0	0	0
30	0,479	0,160	0,851	0,798	0,266	0,3191	0,266	0,106	0,16	0,106
40	1,648	0,851	0,904	2,233	1,489	0,0532	0,213	0,479	0,319	0,851
50	1,329	0,585	1,010	2,074	0,638	0,266	0,266	0,532	0,957	1,01
60	0,425	0,053	0,479	2,925	1,595	0,106	0,16	0,532	0,638	1,01
70	0,319	0,957	1,276	1,542	0,691	0,053	0,106	0,106	1,01	0,425
80	0	0,213	0,904	2,818	1,648	0,425	0,532	0,904	1,595	1,383
90	0	0	0,744	1,329	0,638	0	0,106	0,479	1,755	1,489
100	0	0	0,372	1,170	1,064	0	0,053	0	0,691	0,479
110	0	0	0,266	0,691	0,266	0	0,053	0	1,329	0,213
120	0	0	0,266	0,266	0,213	0	0	0	0	0





<b>N<sub>3</sub>W<sub>1</sub></b>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0,053	0,266	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0,213	0,053	0,213	0,532	0,106	0	0	0	0	0
30	0	0,106	0,106	0,319	0,053	0,319	0	0	0	0
40	0,372	0	0	0,106	0,053	0,212	0	0	0	0
50	1,01	0	0	0	0	0,053	0	0	0	0,160
60	0,053	0	0	0	0	0,159	0	0	0	0,266
70	0	0	0	0,106	0,16	0	0,106	0	0	0,053
80	0	0,053	0,053	0,106	0	0	0	0	0,106	0,106
90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0,106	0	0	0	0	0	0,106
110	0	0	0	0,106	0,106	0	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

<b>N<sub>3</sub>W<sub>2</sub></b>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0,691	0,266	0,106	1,010	0	0,957	0	0	0	0
20	0,691	0,213	0	0	0	0,532	0,160	0,053	0	0
30	0,904	0,372	0	0	0	0,904	0,425	0,160	0,532	0,213
40	2,074	0,532	0,213	0,106	0,319	1,010	0,213	0,106	0,425	0,425
50	0	0	0	0	0,213	0	0,213	0,053	0	0
60	0	0	0	0,372	0,053	0	0,532	0,106	0,106	0,106
70	0	0,425	0	0	0	0	0,798	0,106	0	0
80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0	0	0	0,053	0,372	0,160
100	0	0	0	0	0,213	0	0	0,106	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,106

<b>N<sub>3</sub>W<sub>2</sub></b>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0,904	0	0	0	0	0,531	0	0	0	0
20	0,585	0,479	0,160	0	0,106	0,319	0,106	0	0	0
30	1,595	0,744	0,479	0,319	0,106	0,744	0,479	0	0	0
40	1,329	1,648	1,595	1,064	0,532	0,319	0,372	0,053	0	0,106
50	0	0,851	0,798	0,691	0,319	1,116	0,904	0,691	0,744	0,106
60	0	0,532	0,16	0	0,319	0,957	0,319	0,638	0,691	0,425
70	0	0,904	0,479	0,425	0,425	0	0,213	0,160	0,213	0
80	0	0	0	0	0	0	0,053	0,213	0,160	0
90	0	0	0	0	0,213	0	0,106	0,106	0,213	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0,266	0,266
110	0	0	0	0	0	0	0	0	0,106	0,106
120	0	0	0	0	0	0	0,266	0,106	0,372	0,160

<b>N<sub>3</sub>W<sub>2</sub></b>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0,744	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0,479	0,638	0,319	0,053	0,106	0,160	0	0	0,053	0
30	0,479	0,691	0,266	0,160	0,213	0,425	0,372	0,053	0,160	0,053
40	1,276	0,266	0,160	0,160	0,319	0	0,053	0	0	0
50	0,638	0,213	0,372	0,425	0,372	0,265	0	0	0	0,213
60	0,160	0,479	0,319	0,372	0,319	0,053	0,106	0,319	0,106	0,372
70	0,106	0,160	0,160	0,160	0,213	0	0,372	0,372	0,000	0,372
80	0	0	0,160	0,160	0,319	0	0,372	0,425	0,585	0,372
90	0	0	0,106	0,106	0,160	0	0,372	0	0	0,266
100	0	0	0	0	0,266	0	0	0	0,160	0,266
110	0	0	0	0	0	0	0	0	0,372	0,319
120	0	0	0	0,106	0,160	0	0	0	0,213	0,266

<b>N<sub>3</sub>W<sub>3</sub></b>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0,372	0,266	0,106	0,106	0	0	0,319	0	0	0
30	0,585	0,213	0,425	0	0	0,638	0,479	0,053	0	0
40	1,223	1,329	0,532	0,851	0,160	0,266	0,213	0,160	0,160	1,064
50	1,755	0,851	0,638	1,489	1,329	0	0,266	0,266	0,425	0
60	1,808	1,489	0,425	2,659	1,436	0	0,106	0	0	0
70	1,223	2,074	0,691	2,127	1,383	0,053	0,638	0,106	0,532	1,170
80	0,638	1,170	0,744	1,010	1,117	0	0	0	0,213	1,436
90	0,532	0,266	0,266	0,532	1,170	0	0,053	0,213	0,532	1,755
100	0	0,319	0,213	0,744	0,266	0	0	0,319	0,213	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0	0,425	0,106
120	0	0	0	0	0,319	0	0	0	0	0,106

<b>N<sub>3</sub>W<sub>3</sub></b>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0,532	0	0,106	0	0,372	0,1064	0,904	0,16	0,106	0,106
20	0,691	0,585	0,744	0,053	1,064	0,2659	0,638	0,319	0,106	0,053
30	1,861	0,425	0,691	0,798	1,489	0,2127	0	0	0	0,106
40	1,383	0,904	2,393	1,064	2,021	0,7977	0,16	0,266	0,798	0,532
50	1,17	1,436	1,755	1,595	2,127	0	0	0	0	0
60	0,106	0,798	1,276	0,425	1,489	0	0,798	0,266	0	0
70	0	2,074	2,765	2,659	2,925	0	0,532	1,117	1,117	1,117
80	0	1,383	1,489	2,712	1,648	0	0,744	2,127	0,744	0,16
90	0	1,595	1,436	1,702	2,34	0	0,957	1,436	2,233	1,648
100	0	1,117	1,17	0,744	0,053	0	0,266	0,957	0,798	0,532
110	0	0	0	0	0	0	0,372	0,372	0,372	1,276
120	0	0	0	0	0	0	0,106	0,957	0,372	1,276



$N_3W_3$										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0,053	0,744	0,585	0,266	0,213	0	0	0	0	0
20	0,160	0,372	0	0,16	0,319	0,053	0,053	0,106	0,106	0,213
30	0,851	0,904	0,798	0,532	0,16	0,425	0,744	0,904	0,798	0,585
40	0,585	0,798	0,425	2,287	1,861	0,213	0,213	0,266	0,213	0,160
50	0	0,479	0,106	0,744	0,213	0	0	0	0	0
60	0	0	0,638	0,691	0	0,585	0,425	0,425	0,160	0,213
70	0	0	0	0,16	0	0,585	0,585	0,372	0,266	0,213
80	0	0,106	0,213	0,638	0,904	0,638	0,106	0,160	0,213	0,160
90	0	0,213	0,106	0	0	0,106	0,213	0,106	0,053	0,106
100	0	0	0,266	0,16	0,372	0,053	0,106	0,160	1,064	0,372
110	0	0	0	0	0	0,266	0,372	0,425	0,319	0,266
120	0	0	0	0	0	0,053	0,16	0,106	0,106	0,160

**Anexo VII - Intensidade radical (número de extremidades por unidade de superfície da parede dos minirizotróes) nos diferentes tratamentos situação linha (L<sub>1</sub>) e entrelinha (L<sub>2</sub>).**

 $N_0W_1$ 

$N_0W_1$										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0,425	0	0	0	0,160	0	0	0	0	0,266
30	0	0	0	0	0	0	0,053	0	0	0,266
40	0	0	0	0	0,213	0	0,106	0	0	0,160
50	0	0,053	0,160	0,106	0	0,15953	0,213	0,160	0	0,106
60	0	0	0	0	0	0	0,319	0,160	0	0
70	0	0,266	0	0	0,106	0	0	0	0	0
80	0	0,213	0	0	0	0	0,425	0,106	0,106	0,319
90	0	0	0	0	0	0	0	0,160	0,213	0,160
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0,106	0,106
110	0	0	0	0	0	0	0,532	0,053	0,106	0,106
120	0	0	0	0	0	0	0,106	0	0,160	0



N <sub>0</sub> W <sub>2</sub>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0,160	0	0	0	0,160	0,053	0,106	0,319	0,319	0
30	0,266	0,053	0,160	0,053	0	0,053	0,053	0	0	0,425
40	0,106	0,213	0,106	0,106	0	0,319	0	0	0	0,160
50	0,160	0,160	0,160	0,106	0	0,160	0,053	0,053	0,160	0,160
60	0	0,053	0,213	0,053	0,106	0,213	0,106	0,319	0,319	0,106
70	0	0,319	0,160	0,160	0,160	0,053	0,106	0	0,053	0,160
80	0	0	0	0,053	0,106	0	0	0	0,425	0,106
90	0	0,106	0,160	0,106	0,106	0	0	0	0	0
100	0	0,053	0,053	0	0,160	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0	0,160	0,213
120	0	0	0	0,053	0	0	0	0,106	0,106	0,053

N <sub>0</sub> W <sub>2</sub>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0,160	0	0	0	0	0	0,160	0	0	0
20	0,266	0,053	0,106	0	0,106	0,106	0,213	0	0	0
30	0,160	0,053	0	0	0	0,053	0	0	0	0
40	0,213	0,053	0,425	0,213	0,106	0	0	0	0	0
50	0,904	0,053	0,053	0,160	0	0,053	0,106	0	0	0
60	0	0,053	0,319	0,213	0,319	0	0,213	0,053	0,266	0,106
70	0,372	0,213	0,160	0,053	0	0	0,106	0,266	0,160	0
80	0,106	0,213	0,053	0,266	0,213	0	0,106	0,213	0,106	0,160
90	0,213	0	0	0,213	0,319	0	0	0	0,106	0
100	0	0	0	0	0,160	0	0	0,106	0,106	0,106
110	0	0,053	0,053	0,053	0,160	0	0	0	0,213	0,213
120	0	0	0,319	0,319	0,160	0	0	0	0	0,106

N <sub>0</sub> W <sub>3</sub>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0	0	0	0	0	0	0,213	0,319	0,425	0,213
20	0,213	0,372	0,638	0,425	0	0,106	0,532	0,106	0,532	0,532
30	0,479	0,319	0,744	0,585	0,213	0,266	0	0,213	0,213	0,213
40	0,106	0,160	0,425	0,532	0,585	0,425	0,532	0,106	0,798	0,744
50	0,319	0,585	0,372	0,744	0,638	0	0,106	0	0,266	0,160
60	0,372	0,532	0,479	0,213	0,425	0	0,266	0,425	0,372	0,213
70	0,160	0,213	0,372	0,425	0,372	0	0,266	0,160	0,532	0,160
80	0	0,425	0,744	0,532	0,479	0	0,053	0,319	0,744	1,117
90	0	0,319	0,213	0,957	0,532	0	0,319	0,372	0,266	0,372
100	0	0,425	0,372	0,585	0,744	0	0,160	0,479	0,106	0,053
110	0	0,319	0,266	0,851	0,266	0	0,053	0,532	0,585	0,319
120	0	0,319	0,372	0,479	0,851	0	0,106	0,425	1,010	1,170





N <sub>1</sub> W <sub>3</sub>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0,053	0,106	0,160	0,266	0,213	0	0	0	0	0
20	0,213	0,213	0,372	0,638	0,106	0,106	0,160	0,160	0	0,532
30	0,638	0,266	0,638	0,319	0,425	0,106	0,479	0,160	0,266	0
40	0,053	0,160	0,372	0,319	0,425	0,851	0,160	0,638	0,425	1,117
50	0,532	0,053	0,266	0,319	0,638	0,266	0,053	0,213	0,266	0,372
60	0,266	0,160	0,266	0,266	0,266	0	0,213	0,213	0,319	0,425
70	0,479	0	0,266	0,798	0,425	0,053	0,319	0,213	0,213	0,266
80	0	0	0,266	0	0,904	0	0,213	0,319	0,585	0,372
90	0	0	0,372	0,213	0,691	0	0,053	0,106	0,106	0,213
100	0	0	0,053	0	0,106	0	0	0,319	0,319	0,425
110	0	0	0,213	0	0,266	0	0	0,532	0,425	0,160
120	0	0	0,213	0	0,053	0	0	0	0,053	0,425

N <sub>1</sub> W <sub>3</sub>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0,372	0,372	0,425	0	0	0	0	0	0	0
20	0,479	0	0	0	0	0	0	0	0	0,106
30	0,213	0,372	0,213	0,532	0,266	0,106	0	0	0	0,053
40	0	0,053	0,319	0,372	0,479	0,319	0	0,532	0	0,053
50	0	0,160	0,638	0,425	0,638	0	0	0	0	0
60	0,319	0,106	1,329	0,106	0,425	0	0	0	0	0
70	0,532	0,372	0,798	0,319	0,372	0	0,213	0	0	0
80	0,266	0	0,638	0,266	0,425	0	0,053	0,266	0	0,160
90	0	0	0,851	1,595	0,638	0	0	0,266	0,319	0
100	0	0	1,064	0,319	0,425	0	0	0	0,160	0
110	0	0	0,106	0,372	0,425	0	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0	0	0	0	0,053	0

N <sub>2</sub> W <sub>1</sub>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0,106	0,053	0	0	0	0	0	0	0	0,213
30	0,372	0,319	0	0	0	0,053	0,213	0,425	0	0
40	0,744	0,372	0,106	0,106	0,053	0,213	0,160	0,213	0,213	0
50	0,319	0,425	0	0,319	0,160	0,106	0,160	0,106	0,319	0
60	0,213	0,213	0	0,106	0	0,213	0,213	0,106	0,106	0
70	0	0,266	0,213	0,213	0,053	0	0	0	0	0
80	0,106	0	0	0	0	0,266	0,160	0,160	0	0
90	0	0	0	0,213	0,213	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0	0	0	0	0,106	0

$N_2W_1$										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0	0	0	0	0	0,319	0,106	0	0	0
20	0,106	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0,160	0	0	0	0,372	0,213	0,053	0,106	0
40	0,160	0,319	0,053	0,053	0,160	0,266	0,160	0	0	0
50	0	0,160	0,053	0	0	0,160	0	0,106	0	0
60	0	0	0	0	0	0	0,266	0,106	0	0
70	0	0	0	0	0	0	0	0	0,053	0
80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0	0	0,213	0,213	0,106	0,106

$N_2W_1$										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0,106	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0,372	0,106	0,106	0,106	0,213	0	0	0	0	0
30	0,266	0,425	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0,266	0,372	0,372	0,160	0,160	0	0,160	0	0	0
50	0	0,479	0,266	0,213	0	0,266	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0,213	0	0,053	0	0
70	0	0,106	0,160	0,053	0	0,160	0	0	0,372	0,053
80	0	0,106	0	0	0	0	0	0	0,160	0,213
90	0	0	0,213	0	0	0	0,213	0	0,213	0
100	0	0,160	0,319	0,160	0	0	0	0	0	0
110	0	0,106	0,106	0,106	0	0	0	0,053	0,053	0,053
120	0	0	0	0	0	0	0	0,319	0,053	0,106

$N_2W_2$										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0,106	0	0,319	0	0,160	0	0	0	0
30	0,213	0	0,319	0	0	0,266	0,213	0,266	0	0
40	0,213	0,213	0,053	0,160	0	0,053	0,213	0,319	0,106	0
50	0,160	0,106	0	0	0	0	0,160	0,160	0	0,053
60	0	0,372	0,266	0,319	0	0	0	0,106	0,106	0
70	0	0,479	0,160	0,213	0,053	0	0,053	0	0	0
80	0	0,106	0,106	0,425	0,053	0	0	0	0,266	0,106
90	0	0,106	0,213	0,106	0	0	0,213	0	0,106	0,106
100	0	0,106	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0,106	0	0	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0,532	0	0	0	0	0

<b>N<sub>2</sub>W<sub>2</sub></b>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0	0	0	0	0	0,213	0,266	0,213	0,106	0,106
20	0,479	0	0	0	0	0,106	0,372	0,213	0,106	0,053
30	0,213	0,106	0,106	0	0,160	0,160	0,532	0,266	0,213	0,319
40	0,213	0,213	0,213	0,213	0,213	0,106	0	0,213	0,160	0,053
50	0,106	0,372	0,160	0,106	0,053	0,319	0,160	0,213	0,106	0,106
60	0,106	0,532	0,106	0,053	0,213	0,053	0	0,106	0,106	0,160
70	0,053	0	0	0,160	0,213	0	0	0,106	0,053	0,053
80	0	0,160	0,053	0,160	0,106	0	0	0	0,266	0,053
90	0	0	0,160	0,160	0,160	0	0,160	0	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0,053	0,319	0,319	0	0	0	0	0	0
120	0	0,638	0,266	0,106	0	0	0	0,053	0	0

<b>N<sub>2</sub>W<sub>2</sub></b>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0,160	0,479	0,053	0	0,106	0,160	0,479	0	0	0,053
30	0	0	0	0	0,106	0	0,160	0,213	0	0
40	0,106	0,213	0,053	0	0	0	0,479	0,266	0,425	0,266
50	0,638	0,106	0,160	0	0,160	0	0	0	0	0,160
60	0,532	0,319	0,266	0,106	0,213	0	0,106	0	0	0,106
70	0,106	0,266	0	0	0,106	0	0	0	0	0
80	0	0,213	0,106	0,160	0,053	0	0	0,053	0,213	0,106
90	0	0,425	0,160	0,160	0,266	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,106
120	0	0	0,266	0	0	0	0	0	0	0,106

<b>N<sub>2</sub>W<sub>3</sub></b>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0,213	0,532	0,160	0,106	0,106	0	0	0	0	0
30	0,266	0,213	0,160	0	0,213	0,372	0,372	0,744	0,585	0,372
40	0,053	0,744	0,266	0,266	0,266	0,160	0,160	0,425	0,957	0,372
50	0,053	0,638	0,425	0,319	0,053	0	0,798	0,425	0,638	0,532
60	0,319	0	0,213	0,479	0,479	0	0,266	0,425	0,372	0,744
70	0	0,053	0,053	0,691	0,266	0	0,106	0,213	0,744	0,372
80	0	0,160	0,638	0,638	0,266	0	0,106	0,319	0,266	0,319
90	0	0	0,106	0,744	0,160	0	0,266	0,213	0,425	0,266
100	0	0	0,053	0,319	0	0	0,106	0	1,010	0,160
110	0	0	0,053	0,372	0,213	0	0,106	0	0,532	0,266
120	0	0	0,213	0,266	0,053	0	0	0	0	0



<b>N<sub>2</sub>W<sub>3</sub></b>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0,213	0,106	0,479	0,213	0,106	0	0	0	0	0
30	0,106	0,053	0,744	0,319	0,213	0,160	0,213	0,053	0	0,106
40	0,106	0,160	0,106	0,479	0,425	0	0	0,319	0,532	0,213
50	0,479	0,106	0,266	0,319	0,479	0	0,053	0,319	0,160	0,319
60	0	0,053	0,266	0,585	0,479	0	0	0	0,319	0,425
70	0,053	0,319	0,319	0,372	0,266	0	0,053	0,213	0,106	0,266
80	0	0	0,213	0,372	0,744	0	0,213	0,798	0,266	0,213
90	0	0	0,532	0,638	0,372	0	0	0,213	0,532	0,213
100	0	0	0,425	0,479	0,744	0	0	0	0,213	0,638
110	0	0	0,372	0,532	0,372	0	0	0	0,106	0,266
120	0	0	0,319	0,319	0,053	0	0	0	0	0

<b>N<sub>2</sub>W<sub>3</sub></b>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0	0,372	0,213	0,160	0,691	0,053	0,106	0,106	0	0
20	0,319	0	0	0	0,479	0,106	0,213	0,213	0,160	0
30	0,479	0	0,425	0,479	0,372	0,106	0,266	0,053	0	0
40	0,106	0,372	0,266	0,585	0,479	0,479	0,160	0,213	0,106	0,053
50	0,053	0,425	0,479	0,744	0,479	0,160	0	0,372	1,117	0,425
60	0	0	0,372	0,532	0,372	0	0,160	0,372	0,213	0,266
70	0	0,266	0,266	0,106	0,266	0	0,266	0,319	0,319	0,372
80	0	0,266	0,213	0,106	0,213	0	0	0,425	0,319	0,213
90	0	0,319	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0,372	0,266	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

<b>N<sub>3</sub>W<sub>1</sub></b>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0	0	0	0	0	0	0,160	0	0	0
20	0,585	0,160	0,106	0	0	0,425	0,160	0	0	0
30	0,213	0	0	0	0	0,319	0,266	0	0	0
40	0,425	0,106	0,160	0,266	0,053	0,372	0	0,053	0	0
50	0,213	0	0	0	0	0	0	0,053	0	0,160
60	0,160	0	0	0	0,213	0	0	0	0,053	0,160
70	0,160	0,319	0	0	0	0,266	0	0	0,213	0
80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,106
90	0,053	0	0	0	0,213	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0,053	0,106
110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,266
120	0	0	0	0	0	0	0	0	0,160	0,053

N <sub>3</sub> W <sub>2</sub>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0,372	0	0	0	0	0,319	0	0	0	0
20	0,266	0,479	0,106	0	0,053	0,319	0,053	0	0	0
30	0,213	0,638	0,532	0,213	0,053	0,266	0,372	0	0	0
40	0,319	0,266	0,213	0,425	0,160	0,053	0,160	0	0	0,106
50	0	0,213	0,213	0,372	0,213	0,372	0,319	0,213	0,213	0,106
60	0	0,160	0,266	0	0,160	0,213	0,106	0,213	0,160	0
70	0	0,266	0,479	0,213	0,160	0	0,053	0	0	0
80	0	0	0	0	0	0	0	0,160	0,160	0
90	0	0	0	0	0,053	0	0,106	0	0,266	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0,213	0,266
110	0	0	0	0	0	0	0	0	0,106	0,160
120	0	0	0	0	0	0	0,053	0,106	0,106	0,106

N <sub>3</sub> W <sub>2</sub>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0	0,106	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0,160	0,053	0,106	0,106	0	0	0	0	0	0
30	0	0,160	0,160	0,213	0,053	0,053	0	0	0	0
40	0,638	0	0	0,106	0	0,319	0	0	0	0
50	0,372	0	0	0	0	0,053	0	0	0	0,160
60	0,053	0	0	0	0	0,319	0	0	0	0,319
70	0	0	0	0,106	0,05318	0	0	0	0	0
80	0	0	0	0,106	0	0	0	0	0,053	0
90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0,213	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0,213	0,213	0	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

N <sub>3</sub> W <sub>3</sub>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0,319	0,213	0,053	0,106	0	0	0,160	0	0	0
30	0,425	0,106	0,160	0	0	0,266	0,266	0	0	0
40	0,213	0,106	0,213	0,266	0,106	0,160	0,160	0,053	0,106	0,638
50	0,266	0,160	0,160	0,213	0,213	0	0,160	0,213	0,213	0
60	0,425	0,319	0,213	0,319	0,053	0	0	0	0	0
70	0,319	0,372	0,213	0,160	0,053	0	0,213	0,053	0,266	0,266
80	0,160	0,479	0,266	0,425	0,106	0	0	0	0,053	0,266
90	0,160	0,266	0	0,266	0,266	0	0,106	0,160	0,372	0,266
100	0	0,160	0	0	0,106	0	0	0,160	0,053	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0	0,372	0,160
120	0	0	0	0	0,31906	0	0	0	0	0,213

N <sub>3</sub> W <sub>3</sub>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0,213	0	0	0,160	0,319	0	0,319	0,160	0	0,106
20	0,372	0,425	0,106	0,479	0,319	0,106	0,319	0,106	0,160	0,053
30	0,266	0,479	0,479	0,319	0,372	0,160	0	0	0	0,106
40	0,106	0,319	0,638	1,223	0,372	0,532	0,053	0,372	0,160	0,319
50	0,319	0,638	0,638	0,744	0,266	0	0	0	0	0
60	0	0,425	0,319	0,585	0,425	0	0,425	0	0,213	0
70	0	0,638	1,010	1,276	0,319	0	0,425	0,585	0,479	0,425
80	0	0,532	0,585	0,744	0,532	0	0,585	0,479	0,691	0,106
90	0	0,585	1,064	0,638	0,691	0	0,638	0,266	0,160	0,372
100	0	0,266	0,319	0,744	0	0	0,266	0,638	0,106	0,266
110	0	0	0	0	0	0	0,532	0,319	0,372	0,266
120	0	0	0	0	0	0	0,106	0,160	0,372	0,266

N <sub>3</sub> W <sub>3</sub>										
Prof. (cm)	L <sub>1</sub>					L <sub>2</sub>				
	Época (DAS)					Época (DAS)				
	57	80	112	135	147	57	80	112	135	147
10	0	0,160	0,160	0,160	0,106	0	0	0	0	0
20	0	0,319	0	0,160	0,160	0,053	0,106	0	0,160	0,266
30	0,479	0,372	0,319	0	0,106	0	0	0	0	0
40	0,053	0,266	0,372	0,319	0,372	0	0,053	0	0	0,160
50	0	0,425	0	0,319	0,160	0	0	0	0	0
60	0	0	0,319	0,319	0	0	0	0	0,106	0
70	0	0	0	0,106	0	0	0	0	0	0
80	0	0,106	0,160	0,160	0,160	0	0,106	0	0	0
90	0	0,160	0,106	0	0	0	0	0	0	0
100	0	0	0,160	0,053	0,160	0	0,106	0,106	0,213	0,213
110	0	0	0	0	0	0	0	0,532	0,425	0
120	0	0	0	0	0	0	0,106	0,106	0,106	0

