



**INSTITUTO POLITÉCNICO DE BEJA**

**Escola Superior Agrária**

**Mestrado em Agronomia**



**CONTRIBUIÇÃO PARA O ESTUDO DO EFEITO DA  
REGA E DA FERTILIZAÇÃO AZOTADA NA PRODUÇÃO  
DE TRIGO MOLE**

**Patrícia Isabel Cavaco Oliveira**

**Beja**

**2018**



**INSTITUTO POLITÉCNICO DE BEJA**

**Escola Superior Agrária**

**Mestrado em Agronomia**

**CONTRIBUIÇÃO PARA O ESTUDO DO EFEITO DA  
REGA E DA FERTILIZAÇÃO AZOTADA NA PRODUÇÃO  
DE TRIGO MOLE**

**Dissertação de mestrado apresentada na Escola Superior Agrária do Instituto  
Politécnico de Beja**

**Elaborado por:**

**Patrícia Isabel Cavaco Oliveira**

**Orientada por:**

**Doutora Alexandra Telo da Costa Trincalhetas Tomaz**

**Doutor Manuel Joaquim Marques Patanita**

**Beja**

**2018**



## **AGRADECIMENTOS**

A elaboração desta dissertação não teria sido possível sem a contribuição e apoio de várias pessoas, às quais manifesto os meus mais sinceros agradecimentos, destacando:

A Professora Doutora Alexandra Tomaz e o Professor Doutor Manuel Patanita pela orientação, sugestões e apoio na revisão deste manuscrito;

Ao Centro Experimental do Instituto Politécnico de Beja (IPBeja), nomeadamente ao Eng. José das Dôres pela sua atenção, disponibilidade e sugestões e à Eng.<sup>a</sup> Rita Espada pelo seu apoio e amizade;

Ao Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio (COTR), em especial, ao Eng.º Luís Boteta pela sua colaboração e supervisão e ao Eng.º João Guerreiro pelo seu apoio e disponibilidade;

Ao Laboratório de Análises de Sementes e Matérias Primas Vegetais do Instituto Politécnico de Beja (IPBeja), nomeadamente a Eng.<sup>a</sup> Natividade Costa pela supervisão, disponibilidade e encorajamento e à técnica de laboratório D.<sup>a</sup> Paula Martins pelo acompanhamento e amizade;

E à minha família pela compreensão.

A todos, os meus sinceros agradecimentos e Bem-haja!

***“Duas coisas instruem o Homem, qualquer que seja a sua natureza:  
o instinto e a experiência.”***

***Blaise Pascal***

## RESUMO

É fundamental conhecer e aumentar a eficiência do uso dos factores de produção, para rentabilizar a actividade agrícola e garantir a sua sustentabilidade. De entre os factores de produção, destacam-se a água e o azoto, elementos essenciais para a obtenção de elevadas produções de grão com elevada qualidade tecnológica.

Neste estudo foram avaliados os efeitos de diferentes estratégias de rega (100%ETc; 100%ETc em fases críticas; sequeiro) e de fracionamento de fertilizantes azotados clássicos e específicos (EEF) na produção e qualidade do grão de trigo mole, variedade 'Antequera'.

Nos ensaios com EEF, apesar de se ter obtido produção de grão mais elevada na modalidade de rega 100%ETc, os valores foram estatisticamente semelhantes nas duas modalidades de regadio. Nos ensaios com fertilizantes clássicos, o rendimento na modalidade 100%ETc foi superior (5614kg/ha). Quanto à estratégia de fertilização, observa-se, na utilização de EEF, que a produção foi superior com um fracionamento de azoto de 75% na sementeira e 25% no encanamento. Constatou-se que uma maior disponibilidade de azoto na fase de emborrachamento permite a obtenção de maior teor de proteína no grão. As estratégias de aplicação de fertilizantes clássicos, em regadio e sequeiro não mostraram efeitos estatisticamente significativos em qualquer dos parâmetros produtivos avaliados.

**Palavras-chave:** eficiência de uso, água, produção de grão, qualidade de grão, trigo mole, fases críticas, fertilizantes azotados

## **ABSTRACT**

It's fundamental to know, and to increase, the use efficiency of the factors of production, to profitabilize the agricultural activity and to ensure its sustainability. Among the factors of production, water and nitrogen, are essential elements to obtain high grain yields with high technological quality.

In this study, the effects of different irrigation strategies (100%ETc; 100%ETc in critical stages; rainfed) and fertilizer application date/splitting of classical and specific gradual release (EEF) nitrogen fertilizers in the 'Antequera' soft wheat cultivar production and grain quality were evaluated.

In the EEF trials, although yields were higher in the irrigation mode 100%ETc, the yields in the irrigation strategies did not differ statistically. In the tests with classic fertilizers, yield in the irrigation mode 100%ETc was higher (5614kg/ha). As for the fertilization strategy, it is observed in the use of EEF that wheat production is higher with nitrogen splitting of 75% in seeding and 25% in stem elongation. It can be observed that a higher availability of nitrogen in the booting phase allows the obtaining of a higher protein content in the grain. Application of classic fertilizers, in irrigated and rainfed treatments, do not have statistically significant effect in any of the productive parameters evaluated.

**Key-words:** use efficiency, water, grain yields, critical stages, soft wheat, grain quality, nitrogen fertilizers

# ÍNDICE GERAL

	Pág.
Agradecimentos.....	I
Resumo.....	II
Abstract .....	III
Índice geral.....	IV
Índice de figuras.....	VI
Índice de quadros .....	IX
Lista de abreviaturas e siglas.....	XIII
<b>1. Introdução geral e objectivos .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Revisão bibliográfica.....</b>	<b>5</b>
2.1 Trigo ( <i>Triticum</i> spp.).....	5
2.1.1 Morfologia.....	7
2.1.2 Desenvolvimento e Exigências Ambientais .....	9
2.1.3 Principais doenças e pragas.....	10
2.2 Variedade ‘Antequera’ .....	11
2.2.1 Qualidade do grão de trigo .....	12
2.3 Factores de produção: água e azoto.....	13
2.3.1 Água .....	14
2.3.2 Gestão de regadio e o uso eficiente da água.....	15
2.3.3 Necessidades hídricas do trigo .....	17
2.3.4 Azoto .....	19
2.3.5 Gestão da fertilização e uso eficiente de azoto .....	20
2.3.6 Fertilizantes que melhoram a eficiência de uso de azoto .....	22
2.3.7 Interação água - azoto.....	24
<b>3. Materiais e métodos .....</b>	<b>26</b>



3.1	Caracterização das condições edafo-climáticas .....	26
3.2	Delineamento experimental .....	29
3.3	Práticas culturais efectuadas nos campos de ensaios.....	31
3.4	Monitorização da dinâmica de água no solo e do estado fisiológico da planta ....	33
3.5	Métodos e análises laboratoriais .....	37
3.6	Tratamento dos dados experimentais.....	40
<b>4.</b>	<b>Apresentação e discussão de resultados.....</b>	<b>41</b>
4.1	Fenologia, índices de vegetação e de clorofila .....	41
4.1.1	Estádios fenológicos do trigo mole ('Antequera') perante diferentes estratégias de fertilização e de rega .....	41
4.1.2	Índices de vegetação e de clorofila.....	46
4.2	Dinâmica da água do solo.....	52
4.2.1	Sondas capacitativas Enviroscan .....	52
4.2.2	Sonda Delta-T PR1 .....	58
4.3	Produção e componentes da produção.....	63
4.3.1	Produção de grão, peso de 1000 grãos, número de espigas/m <sup>2</sup> e número de grãos/espiga .....	63
4.3.2	Análise comparativa da produção de grão nos 3 regimes hídricos.....	74
4.4	Qualidade do grão.....	77
4.4.1	Massa do hectolitro, teor de proteína e de humidade do grão .....	77
<b>5.</b>	<b>Conclusões e considerações finais.....</b>	<b>87</b>
<b>6.</b>	<b>Referências bibliográficas .....</b>	<b>91</b>
6.1	Referências bibliográficas electrónicas .....	100
<b>Anexo I. Quadros e figuras auxiliares do capítulo 3. Materiais e Métodos.....</b>		<b>102</b>
<b>Anexo II. Quadros e figuras auxiliares do capítulo 4. Apresentação e Discussão de Resultados.....</b>		<b>106</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Estádios fenológicos do trigo (Adaptado de Revista Plantio Direto, 2017).....	8
<b>Figura 2.</b> Produção média de trigo por região (kg/ha) (Fonte: Banco de Dados Mundial, 2014).....	9
<b>Figura 3.</b> Evolução do coeficiente cultural e da profundidade radicular ao longo do ciclo de crescimento de uma cultura (Fonte: Shahidian, sd.).....	16
<b>Figura 4.</b> Fases críticas ao défice hídrico na cultura do trigo (Fonte: Boteta, 2014). ....	18
<b>Figura 5.</b> Fracionamento de fertilizantes azotados (Adaptado de Ellison, sd.).....	22
<b>Figura 6.</b> Processo de libertação de N de ureia com revestimento polimérico (Adaptado de Blaylock, 2010 in Butzen, 2013).....	23
<b>Figura 7.</b> Dados agrometeorológicos da estação da Quinta da Saúde (Beja) (Fonte: SAGRA/COTR, 2017). ....	28
<b>Figura 8.</b> Sonda capacitativa Enviroscan (Sentek) (a) e o seu sistema de aquisição de dados (b).....	34
<b>Figura 9.</b> Tubo de medição n.º 13 (a) e a sonda PR1 (Delta-T) com o medidor portátil (b). ....	35
<b>Figura 10.</b> Amostra de grão do tratamento A <sub>3</sub> com fertilizantes clássicos em sequeiro e o Analisador de grãos Infratec <sup>TM</sup> . ....	38
<b>Figura 11.</b> Contador de Sementes Pfeuffer e Balança PR1203.....	39
<b>Figura 12.</b> ‘Chondrometer’ da Ele. ....	40
<b>Figura 13.</b> Evolução da evapotranspiração cultural (ET <sub>c</sub> ) (a) e calendarização e dotações de rega aplicadas nas estratégias de rega DR1 e DR2 ao longo do ensaio (Fonte: Adaptado de COTR/SAGRA, 2017). ....	45
<b>Figura 14.</b> Espigas nos ensaios de rega DR2 (a) e DR1 (b) a 9 de Junho de 2017.....	46

<b>Figura 15.</b> Valores médios obtidos nos índices de NDVI e SPAD nas diferentes estratégias de fertilização e de rega. ....	49
<b>Figura 16.</b> Evolução do teor de humidade volumétrico (Hv, %) ao longo do tempo, medido pelas sondas Enviroscan DR1 (a) e Enviroscan DR2 (b) nos ensaios com fertilizantes específicos no fracionamento A <sub>2</sub> . ....	53
<b>Figura 17.</b> Perfil hídrico medido pela sonda Enviroscan DR1 (a) e Enviroscan DR2 (b) nos ensaios com fertilizantes específicos no fracionamento A <sub>2</sub> . ....	55
<b>Figura 18.</b> Variação do armazenamento ao longo do tempo nos ensaios DR1 e DR2 nos ensaios com fertilizantes específicos no fracionamento A <sub>2</sub> . ....	56
<b>Figura 19.</b> Variação da extracção e das regas ao longo do tempo nos ensaios DR1 (a) e DR2 (b). ....	57
<b>Figura 20.</b> Evolução do teor de humidade volumétrico (Hv, %) ao longo do tempo, medido pela sonda PR1 nos ensaios com fertilizantes específicos (DR1 - a), (DR2 - b) e nos ensaios com fertilizantes clássicos (DR1 - c), (DR2 - d). ....	59
<b>Figura 21.</b> Evolução do teor de humidade volumétrico (Hv, %) ao longo do tempo, medido pela sonda PR1 nos ensaios com fertilizantes específicos (Seq - e) e nos ensaios com fertilizantes clássicos (Seq - f). ....	60
<b>Figura 22.</b> Perfil hídrico medido pela sonda PR1 nos ensaios com fertilizantes específicos (DR1 - a), (DR2 - b), (Seq - e) e nos ensaios com fertilizantes clássicos (DR1 - c), (DR2 - e), (Seq - f). ....	61
<b>Figura 23.</b> Variação do armazenamento ao longo do tempo, nos ensaios com fertilizantes específicos e clássicos de regadio e de sequeiro. ....	62
<b>Figura 24.</b> Variação da extracção de água no perfil do solo nos ensaios com fertilizantes específicos (Esp) e clássicos (Clas) de regadio (DR1 e DR2) e de sequeiro (Seq). ....	63
<b>Figura 25.</b> Valores médios obtidos para a produção de grão, peso de 1000 grãos, n.º espigas/m <sup>2</sup> e n.º grãos/m <sup>2</sup> nas diferentes estratégias de fertilização e de rega. ....	67

<b>Figura 26.</b> Grãos de trigo ‘Antequera’ dos ensaios DR1 (a) e DR2 (b) com fertilizantes específicos no fracionamento de fertilizante A <sub>2</sub> .....	68
<b>Figura 27.</b> Grãos de trigo ‘Antequera’ do ensaio DR1 com fertilizantes específicos nos fracionamentos A <sub>3</sub> (a) e A <sub>5</sub> (b).....	69
<b>Figura 28.</b> Valores médios obtidos para a massa do hectolitro, teor de proteína e de humidade do grão nas diferentes estratégias de fertilização e de rega. ....	81
<b>Figura A.1.</b> Delineamento experimental. ....	103
<b>Figura A.2.</b> Curva de calibração das sondas Enviroscan em DR1 e DR2. ....	126
<b>Figura A.3.</b> Curva de calibração da sonda PR1. ....	127

## ÍNDICE DE QUADROS

	Pág.
<b>Quadro 1.</b> Classificação científica de <i>Triticum</i> spp. (Fonte: ITIS, 2010).....	6
<b>Quadro 2.</b> Lista das espécies de <i>Triticum</i> spp. (Fonte: ITIS, 2010).....	6
<b>Quadro 3.</b> <i>Triticum</i> spp. indicado no Catálogo Nacional de Variedades (Fonte: DGAV, 2018).....	7
<b>Quadro 4.</b> Fracionamento/época de aplicação de azoto ao longo do ciclo vegetativo do trigo mole (var. ‘Antequera’) nos ensaios com fertilizantes específicos e clássicos, em regadio e em sequeiro. ....	30
<b>Quadro 5.</b> Estádios fenológicos do trigo durante os ensaios. ....	42
<b>Quadro 6.</b> Valor médio, desvio-padrão, máximo e mínimo verificado para o índice NDVI e a leitura SPAD. ....	47
<b>Quadro 7.</b> Efeito da estratégia de rega e de fracionamento de azoto nos índices NDVI e SPAD, nos ensaios com fertilizantes específicos. ....	50
<b>Quadro 8.</b> Efeito da estratégia de rega e de fracionamento de azoto nos índices NDVI e SPAD, nos ensaios com fertilizantes clássicos.....	51
<b>Quadro 9.</b> Curvas de calibração e respectivo coeficiente de determinação ( $R^2$ ) das sondas Enviroscan e PR1.....	52
<b>Quadro 10.</b> Valores médios e desvio-padrão do teor de humidade volumétrico registrado com a sonda PR1.....	58
<b>Quadro 11.</b> Valor médio, desvio-padrão, máximo e mínimo observado para a produção de grão, n.º espiga/m <sup>2</sup> , n.º grãos/espiga e peso de 1000 grãos nos ensaios com fertilizantes específicos.....	64
<b>Quadro 12.</b> Valor médio, desvio-padrão, máximo e mínimo observado para a produção de grão, n.º espiga/m <sup>2</sup> , n.º grãos/espiga e peso de 1000 grãos nos ensaios com fertilizantes clássicos. ....	65

<b>Quadro 13.</b> Efeito da estratégia de rega e de fracionamento de azoto na produção de grão, n.º espigas/m <sup>2</sup> , n.º grão/espiga e peso de 1000 grãos, nos ensaios com fertilizantes específicos. ....	68
<b>Quadro 14.</b> Efeito da estratégia de rega e de fracionamento de azoto na produção de grão, n.º espigas/m <sup>2</sup> , n.º grão/espiga e peso de 1000 grãos, nos ensaios com fertilizantes clássicos. ....	70
<b>Quadro 15.</b> Resultados do teste de Tukey da interacção entre as diferentes dotações de rega e fracionamentos de azoto, nos ensaios com fertilizantes específicos e clássicos, para um nível de significância de 5 % ( $\alpha = 0,05$ ). ....	72
<b>Quadro 16.</b> Efeito da estratégia de fracionamento de azoto na produção de grão, n.º espigas/m <sup>2</sup> , n.º grão/espiga e peso de 1000 grãos, nos ensaios de sequeiro. ....	73
<b>Quadro 17.</b> Efeito do regime hídrico e do fracionamento de azoto no índice agregativo ponderado da produção de grão (produção de grão*). ....	75
<b>Quadro 18.</b> Resultados da análise da interacção entre as estratégias de rega e fertilização azotada no índice agregativo ponderado da produção de grão (produção de grão*), em ensaios com fertilizantes clássicos. ....	76
<b>Quadro 19.</b> Classificação da qualidade do grão segundo os parâmetros teor de proteína, peso de 1000 grãos e massa do hectolitro. ....	78
<b>Quadro 20.</b> Valor médio, desvio-padrão, máximo e mínimo observado para a massa do hectolitro, teor de proteína e de humidade do grão nos ensaios com fertilizantes específicos. ....	79
<b>Quadro 21.</b> Valor médio, desvio-padrão, máximo e mínimo observado para a massa do hectolitro, teor de proteína e de humidade do grão nos ensaios com fertilizantes clássicos. ....	80
<b>Quadro 22.</b> Efeito da estratégia de rega e de fracionamento de azoto na massa do hectolitro, teor de proteína e de humidade do grão, nos ensaios com fertilizantes específicos. ....	82

<b>Quadro 23.</b> Efeito da estratégia de rega e de fracionamento de azoto na massa do hectolitro, teor de proteína e de humidade do grão, nos ensaios com fertilizantes clássicos. ....	83
<b>Quadro 24.</b> Resultados da análise da interacção entre a estratégia de rega e fertilização azotada no teor de proteína do grão, em ensaios com fertilizantes específicos.....	84
<b>Quadro 25.</b> Resultados da análise da interacção entre as estratégias de rega e fertilização azotada no teor de humidade, nos ensaios com fertilizantes específicos e clássicos. ....	85
<b>Quadro 26.</b> Efeito da estratégia de fracionamento de azoto no teor de proteína e de humidade do grão, nos ensaios de sequeiro. ....	86
<b>Quadro A.1.</b> Evolução da evapotranspiração cultural (ET <sub>c</sub> ) ao longo dos ensaios (Fonte: COTR, 2017).....	104
<b>Quadro A.2.</b> Calendarização e dotação de rega nos ensaios DR1 e DR2 (Fonte: COTR, 2017). ....	105
<b>Quadro A.3.</b> Estatística descritiva dos ensaios com fertilizantes específicos (EEF)...	107
<b>Quadro A.4.</b> Estatística descritiva dos ensaios com fertilizantes clássicos. ....	108
<b>Quadro A.5.</b> Análise ANOVA do ensaio de regadio (DR1 e DR2) com fertilizantes específicos (EEF). ....	109
<b>Quadro A.6.</b> Teste de comparação de médias (Tukey) do ensaio de regadio (DR1 e DR2) com fertilizantes específicos (EEF). ....	110
<b>Quadro A.7.</b> Análise ANOVA do ensaio de regadio (DR1 e DR2) com fertilizantes clássicos, sem o tratamento A <sub>6</sub> . ....	115
<b>Quadro A.8.</b> Teste de comparação de médias (Tukey) do ensaio de regadio (DR1 e DR2) com fertilizantes clássicos, sem o tratamento A <sub>6</sub> . ....	116
<b>Quadro A.9.</b> Análise ANOVA do ensaio de sequeiro (1 factor) com fertilizante específicos (EEF). ....	121

<b>Quadro A.10.</b> Teste de comparação de médias (Tukey) do ensaio de sequeiro (1 factor) com fertilizantes específicos (EEF).....	122
<b>Quadro A.11.</b> Análise ANOVA do ensaio de sequeiro (1 factor) com fertilizantes clássicos, sem o tratamento A <sub>6</sub> .....	123
<b>Quadro A.12.</b> Teste de comparação de médias (Tukey) do ensaio de sequeiro (1 factor) com fertilizantes clássicos, sem o tratamento A <sub>6</sub> . ....	124
<b>Quadro A.13.</b> Determinação do teor de humidade do solo pelo método gravimétrico nos três estádios de humidade (saturado, intermédio e seco) (Fonte: COTR, 2017). ...	125
<b>Quadro A.14.</b> Valores medidos com a Enviroscan e o teor de humidade calculado a partir do método gravimétrico.....	126
<b>Quadro A.15.</b> Valores medidos com a Enviroscan no ar e na água (Fonte: COTR, 2017).....	126
<b>Quadro A.16.</b> Valores medidos com a sonda PR1 e o teor de humidade calculado a partir do método gravimétrico.....	127
<b>Quadro A.17.</b> Valores medidos com a sonda PR1 na água (Fonte: COTR, 2017).....	127
<b>Quadro A.18.</b> Análise ANOVA e de Tukey da produção de grão ponderada, no ensaios com fertilizantes específicos e fertilizantes clássicos (sem o tratamento A <sub>6</sub> ).....	128



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>6</sub></b>	Tipos de fracionamentos de fertilizante / época de aplicação de azoto
<b>ANPOC</b>	Associação Nacional de Produtores de Cereais, Oleaginosas e Proteaginosas
<b>C<sub>a</sub></b>	Leitura/contagem da sonda no ar
<b>Clas</b>	Fertilizantes azotados clássicos
<b>CN</b>	Contagem normalizada
<b>COTR</b>	Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio
<b>C<sub>s</sub></b>	Leitura da sonda no solo
<b>C<sub>w</sub></b>	Leitura da sonda em água
<b>D<sub>ap</sub></b>	Densidade aparente da amostra de solo
<b>DGAV</b>	Direcção-Geral de Alimentação e Veterinária
<b>DR/Fert</b>	Dotação de rega/fracionamento de fertilizante azotado
<b>DR1</b>	Dotação de rega 1
<b>DR1/Clas</b>	Ensaio com dotação de rega 1 utilizando fertilizantes clássicos
<b>DR1/Esp</b>	Ensaio com dotação de rega 1 utilizando fertilizantes específicos
<b>DR2</b>	Dotação de rega 2
<b>DR2/Esp</b>	Ensaio com dotação de rega 2 utilizando fertilizantes específicos
<b>DR2/Clas</b>	Ensaio com dotação de rega 2 utilizando fertilizantes clássicos
<b>EEF</b>	Fertilizantes que podem aumentar/melhorar a eficiência de uso dos nutrientes, ‘Enhanced Efficiency Fertilizers’
<b>EFMA</b>	Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva
<b>Esp</b>	Fertilizantes azotados específicos
<b>ET<sub>0</sub></b>	Evapotranspiração de referência
<b>ET<sub>c</sub></b>	Evapotranspiração cultural
<b>FAO</b>	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
<b>FDR</b>	Sondas ‘Frequency Domain Reflectometry’
<b>H<sub>v</sub></b>	Teor de humidade volumétrico
<b>INIAV</b>	Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P.
<b>IPBEJA</b>	Instituto Politécnico de Beja
<b>IPMA</b>	Instituto Português do Mar e da Atmosfera

<b>ITIS</b>	Sistema Integrado de Informação Taxonómica
<b>K<sub>a</sub></b>	Constante dielétrica
<b>K<sub>c</sub></b>	Coeficiente cultural
<b>LVR</b>	Livro de Variedades Recomendadas
<b>MOGRA</b>	Modelo para Gestão da Rega no Alentejo
<b>n.º espigas/m<sup>2</sup></b>	Número de espigas por metro quadrado
<b>n.º grãos/espiga</b>	Número de grãos por espigas
<b>NDVI</b>	Índice de Vegetação da Diferença Normalizada
<b>NIR</b>	Espectroscopia de Infravermelho Próximo
<b>OCDE</b>	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
<b>p</b>	Parâmetro de gestão de rega da cultura
<b>P/L</b>	Extensibilidade da massa
<b>Peso<sub>1000</sub></b>	Peso de 1000 grãos (Peso 1000 grãos)
<b>P<sub>h+tara</sub></b>	Peso de solo húmido mais a tara
<b>Prod</b>	Produção de grão
<b>Produção de grão*</b>	Índice agregativo ponderado da produção de grão
<b>P<sub>s+tara</sub></b>	Peso de solo seco adicionando a tara
<b>R<sup>2</sup></b>	Coeficiente de determinação
<b>RFU</b>	Reserva Facilmente Utilizável
<b>RU</b>	Reserva Utilizável
<b>SAGRA</b>	Sistema Agrometeorológico para a Gestão da Rega no Alentejo
<b>sd</b>	Sem data
<b>Seq</b>	Sequeiro
<b>SPAD</b>	Índice de clorofila, ‘Soil Plant Analysis Development’
<b>Tara</b>	Peso da tara de cilindro de recolha de amostra de solo
<b>TDR</b>	Sondas ‘Time Domain Reflectometry’
<b>vs</b>	<i>Versus</i>

# 1. INTRODUÇÃO GERAL E OBJECTIVOS

Com as condições edafo-climáticas satisfatórias para produção de trigo e a existência de água proveniente do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA), o Alentejo é uma das regiões que pode contribuir para o aumento da produção nacional de trigo de qualidade e para equilibrar a balança comercial. Para isso, é fundamental garantir o uso eficiente de todos os factores de produção de forma a rentabilizar a actividade agrícola e diminuir as perdas e desperdícios. De entre os factores de produção destacam-se a água (H<sub>2</sub>O) e o azoto (N), fundamentais para a obtenção de elevadas produções de grão com elevada qualidade tecnológica.

A produção de trigo aumenta consideravelmente quando há acréscimos de água de rega, especialmente em anos com distribuição irregular da precipitação ou períodos de escassez de água. Cada vez mais, o sucesso da cultura depende da disponibilidade para a aplicação de regas de complemento (**Patanita et al.**, 2016). A gestão eficiente da água através da rega passa por fornecer uma dotação à cultura no momento oportuno, sem perdas e de forma a satisfazer as necessidades hídricas das plantas para que estas se desenvolvam todo o seu potencial. Os excessos de água para além de originarem perdas de água vão promover a lixiviação/perdas de alguns nutrientes, em especial o N, que apresenta grande mobilidade sob a forma química de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) no sistema solo - água. A detecção de grandes concentrações de nitratos nas águas superficiais e subterrâneas veio alertar para o facto de se estar a realizar uma utilização inadequada dos fertilizantes azotados. O risco de perda de N sob a forma de nitratos, por lixiviação, diminui se este for rapidamente retirado do solo por absorção vegetal, por isso a importância de coincidir as aplicações dos fertilizantes azotados com as épocas de maiores necessidades das culturas, tanto em termos de quantidade como da época de aplicação. O fracionamento racional deste elemento também permite evitar problemas de sobre - fertilização e diminuir os riscos de aparecimento de doenças foliares, além de contribuir para a sustentabilidade da empresa agrícola ao reduzir os custos de produção (**Maharjan et al.**, 2014).

Sob condições agro-ambientais que ainda assim favoreçam perdas de azoto, tais como períodos chuvosos ou regadio, utilizar fertilizantes que podem aumentar/melhorar a eficiência de uso dos nutrientes (EEF, 'Enhanced Efficiency Fertilizers'), tais como produtos de libertação controlada ou de libertação lenta, e inibidores de nitrificação, pode também melhorar a eficiência do azoto aplicado (**Maharjan et al.**, 2014, **Guertal**,

2009, **Arrobas et al.**, 2011). Os fertilizantes EEF permitem atrasar a biodisponibilidade de N no solo e ajustar a sua libertação à medida que a cultura mais necessita, melhorando o uso deste nutriente pelas plantas (**Guertal**, 2009). Para avaliar as interacções água × azoto e os efeitos deste tipo de fertilizantes na produção de trigo em regadio e de sequeiro, é importante conhecer a dose, o fracionamento e o período oportuno de aplicação do fertilizante, assim como as dotações e calendários de rega que permitem satisfazer as necessidades hídricas das plantas, mas que ao mesmo tempo, minimizam o risco de lixiviação de N. A verificação destas condições permitirá melhorar a eficiência de uso da água e de azoto e aumentar o rendimento e a qualidade do grão. Neste contexto, pretende-se garantir o máximo potencial genético de produção e a elevada qualidade para moagem do trigo mole, através da optimização da gestão de rega e da fertilização azotada, de forma a efectuar um uso eficiente destes factores. Assim sendo, este estudo pretende avaliar a influência dos factores água (H<sub>2</sub>O) e azoto (N) durante o ciclo de desenvolvimento do trigo mole, variedade ‘Antequera’.

Os principais objectivos científicos deste estudo são:

- (i) o estudo da dinâmica da água no solo ao longo do ciclo da cultura sujeita a diferentes estratégias de rega e de fertilização azotada;
- (ii) a determinação da produção, das componentes da produção e da qualidade do grão nos vários tratamentos estudados;
- (iii) e a avaliação dos efeitos combinados de diferentes dotações de rega e estratégias de fertilização azotada nas respostas produtivas de uma variedade de trigo mole classificada como melhoradora.

O delineamento experimental baseou-se na instalação de ensaios onde foram testadas diferentes estratégias de rega e de fertilização azotada (fracionamento/época de aplicação), aplicando fertilizantes clássicos e fertilizantes específicos (EEF). Para tal foram estudados os seguintes factores de produção:

a) Estratégia de rega:

- DR1: dotação de rega que satisfaz com 100 % evapotranspiração cultural (ET<sub>c</sub>);
- DR2: dotação de rega que satisfaz com 100 % ET<sub>c</sub> nas fases identificadas como críticas no que respeita à sensibilidade ao défice hídrico (fim do afilhamento - início do encanamento, início da floração e enchimento do grão (leitoso/pastoso));

- Seq: sequeiro, a satisfação das necessidades hídricas das plantas está exclusivamente dependente da precipitação ocorrida.

b) Estratégia de fertilização azotada:

- 5 épocas de aplicação/fracionamento da fertilização azotada com 165 kg N/ha de fertilizantes clássicos e 1 testemunha sem fertilização azotada;
- 6 épocas de aplicação/fracionamento da fertilização azotada com 165 kg N/ha de fertilizantes específicos;
- nos ensaios de sequeiro foram aplicados os dois tipos de fertilização referida nos pontos acima sendo que apenas se aplicaram 120 kg N/ha.

Para além do estudo dos efeitos da estratégia de rega e de fertilização azotada, realizou-se a monitorização do teor de humidade do solo através de sondas capacitivas, dos dados meteorológicos e da evapotranspiração cultural (ETc), de forma a realizar a determinação das dotações e a oportunidade de rega. Este estudo realizou-se no âmbito do projecto de investigação INTERATrigo - Avaliação do rendimento e qualidade em trigo mole em função das interações água-azoto, POCI-01-0145-FEDER-023262 e LISBOA-01-0145-FEDER-023262 (SAICT-POL/23262/2016), financiado pelo FEDER através do Programa Operacional Competitividade e Internacionalização (COMPETE 2020), do Programa Operacional Regional de Lisboa e da FCT/MCTES através de fundos nacionais (PIDDAC), e coordenado pelo Professor Doutor Manuel Patanita.

O texto desta dissertação segue a seguinte estrutura:

1. Introdução Geral e Objectivos, onde se faz uma breve introdução ao tema que se vai desenvolver e se definem os objectivos científicos a investigar;
2. Revisão Bibliográfica, na qual se compilam os conhecimentos/informações essenciais para o desenvolvimento deste estudo, abordando a morfologia, desenvolvimento e exigências ambientais do trigo, a variedade 'Antequera', a qualidade do grão de trigo, os factores de produção água e azoto e suas interacções.
3. Materiais e Métodos, onde se definem todas as variáveis em estudo e métodos de obtenção e de análise de dados, estando subdividido pelas seguintes cinco secções: delineamento experimental; caracterização das condições edafo-climáticas; práticas culturais efectuadas nos campos de ensaios; monitorização da

dinâmica de água no solo e do estado fisiológico da planta; métodos e análises laboratoriais e tratamento dos dados experimentais.

4. Apresentação e Discussão de Resultados, na qual se faz a exposição dos resultados das análises de dados realizadas e se comenta os resultados, reflectindo sobre fenologia, os índices de vegetação e de clorofila do trigo mole ('Antequera'); sobre a dinâmica da água do solo, utilizando sondas capacitativas Enviroscan e Delta-T PR1, sobre os efeitos das estratégias de rega e de fracionamento de azoto na produção e componentes da produção, na qualidade do grão;

5. Conclusões e Considerações Finais, onde se evidenciam as principais conclusões deste estudo, se faz uma breve apreciação do contexto actual em que o tema abordado está inserido e fornece algumas sugestões para estudos futuros;

6. Referências Bibliográficas;

7. Anexo I, com os dados e figuras auxiliares do capítulo 3;

8. Anexo II, com a compilação de resultados e de representações gráficas auxiliares do capítulo 4.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 TRIGO (*Triticum* spp.)

O grão de trigo é um alimento básico na alimentação humana (ex. farinha para pão e massas, cereais, cerveja) e na alimentação e no manejo animal, onde além do subproduto palha, é utilizado como matéria-prima no fabrico de alimentos compostos (ex. farelo de trigo) e como forragem. A palha é ainda utilizada na produção de biocombustível. Para além destes fins, esta gramínea é também utilizada na cosmética e na saúde (ex. óleos).

O trigo sofreu uma mutação ou hibridação natural há cerca de 10 000 anos, resultando numa planta com sementes grandes (Belderok *et al.*, 2000). Apesar de não conseguir espalhar-se com a ajuda do vento, o seu maior sucesso deveu-se às suas numerosas utilizações na alimentação (Belderok *et al.*, 2000). A antiguidade da produção de trigo também tem permitido a oportunidade para o aparecimento de muitas doenças, causadas por fungos, bactérias e vírus assim como o aparecimento de pragas, como os insectos e os parasitas, que podem levar a perdas de produção significativas. O melhoramento das plantas e o desenvolvimento de novas variedades mais resistentes às doenças e as boas práticas agronómicas são importantes meios para impedir o desenvolvimento de endemias nesta cultura com produção crescente ao longo dos anos, em todo o Mundo (Sampaio, 1990). Mundialmente, o trigo é a segunda maior produção cerealífera logo a seguir ao milho, rivalizando essa posição com o arroz (FAO, 2017). No entanto, em termos de área semeada e de consumo humano *per capita*, o trigo destaca-se com valores superiores ao milho e ao arroz (OCDE - FAO, 2017). Na Europa, o trigo tem sido a maior cultura de cereal em produção e a OCDE - FAO (2017) prevê até 2026 que a sua produção e área semeada venham a aumentar em 14 % e 0,2 %, respectivamente. Já em Portugal, segundo a FAO (2017), no período de 2014 - 2016, o trigo ocupava a terceira posição no ranking de produções cerealíferas, precedido pelo milho e pelo arroz, apresentando produções oscilatórias e com tendências negativas de 8,9 %, devido a um decréscimo de 20 % da área semeada.

O *Triticum* spp. pertence à ordem *Poales*, família *Poaceae* (gramíneas) (Quadro 1). As gramíneas são plantas monocotiledóneas, anuais e perenes, rizomatosas ou estoloníferas. O caule é geralmente oco, articulado por nós sólidos, raramente

ramificado e mais ou menos lenhoso. As folhas são lineares, sésseis com limbo e bainha enrolada em redor do caule e as raízes, geralmente são fasciculadas (Sampaio, 1990). As inflorescências são compostas por espiguetas e o fruto é uma cariopse.

**Quadro 1. Classificação científica de *Triticum* spp.** (Fonte: ITIS, 2010).

Domínio	<i>Eukaryota</i>
Reino	<i>Plantae</i>
Superdivisão	<i>Spermatophyta</i>
Divisão	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Liliopsida</i>
Ordem	<i>Poales</i>
Família	<i>Poaceae</i>
Género	<i>Triticum</i> spp.

As espécies de *Triticum* spp. (Quadro 2) podem ser classificadas segundo a necessidade de vernalização e sensibilidade ao fotoperíodo em trigo de inverno, primavera ou facultativo; segundo a dureza do grão (mais elevada no trigo duro do que no trigo mole) segundo a qualidade do grão (classe 1 - 4, conforme os valores de força alveográfica e da relação de equilíbrio entre tenacidade e extensibilidade da massa, P/L); e segundo a classes de farinhas (conforme da finalidade industrial que lhe é atribuída).

**Quadro 2. Lista das espécies de *Triticum* spp.** (Fonte: ITIS, 2010).

<i>Triticum aestivum</i>	<i>Triticum durum</i>	<i>Triticum spelta</i>
<i>Triticum aethiopicum</i>	<i>Triticum ispahanicum</i>	<i>Triticum sphaerococcum</i>
<i>Triticum araraticum</i>	<i>Triticum karamyshevii</i>	<i>Triticum timopheevii</i>
<i>Triticum boeoticum</i>	<i>Triticum macha</i>	<i>Triticum turanicum</i>
<i>Triticum carthlicum</i>	<i>Triticum militinae</i>	<i>Triticum turgidum</i>
<i>Triticum compactum</i>	<i>Triticum monococcum</i>	<i>Triticum Urartu</i>
<i>Triticum dicoccoides</i>	<i>Triticum polonicum</i>	<i>Triticum vavilovii</i>
<i>Triticum dicoccum</i>	<i>Triticum repens</i>	<i>Triticum zhukovskyi</i>



As variedades de primavera tendem a ter menor produtividade, mas um maior conteúdo proteico (Bayer, 2018) que lhes confere uma melhor qualidade tecnológica. A espécie que se produz em maior quantidade é o trigo mole (*T. aestivum*), contabilizando 90 % da produção mundial (Bayer, 2018). Em Portugal, em 2018, as variedades que constavam no Catálogo Nacional de Variedades eram as seguintes (Quadro 3):

**Quadro 3. *Triticum* spp. indicado no Catálogo Nacional de Variedades** (Fonte: DGAV, 2018).

Almensor (M)	Fado (D)	Pirana (M)
Alva (M)	Hélvio (D)	Preto amarelo (D)
Ardila (M)	Eufrates (M)	Roxo (M)
Attila (D)	Jordão (M)	Sever (M)
Barbelinha (M)	Marialva (D)	Tigre (M)
Beldur (D)	Nabão (M)	Torero (M)
Celta (D)	Paiva (M)	Vadio(D)

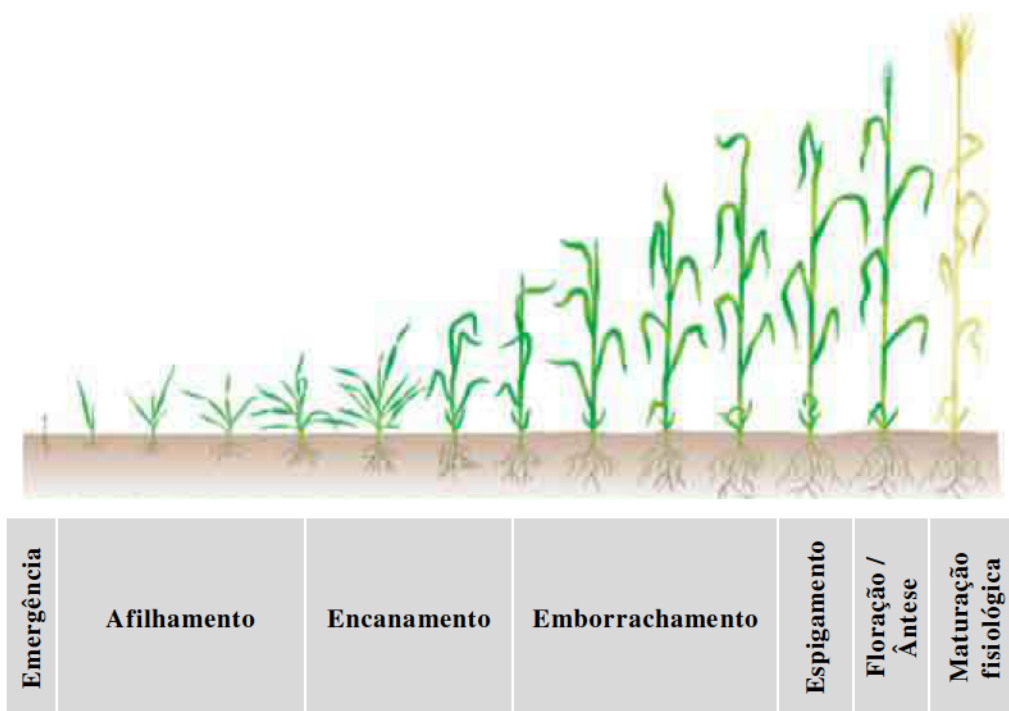
(M): trigo mole      (D): trigo duro

No entanto, a Lista de Variedades Recomendadas (LVR) para trigos de qualidade publicada pela Associação Nacional de Produtores de Cereais, Oleaginosas e Proteaginosas (ANPOC) indica, para sementeiras de 2017/18, sete variedades de trigo mole, sendo três classificadas como “Melhorador” (‘Antequera’, ‘Galera’ e ‘Valbona’) e quatro como “Semi-corretor” (‘Átomo’, ‘Azul’, ‘Nogal’ e ‘Roxo’) e quatro variedades de trigo duro classificadas como “Classe A” (‘Arcoduro’, ‘Celta’, ‘Don Norman’ e ‘Trimulato’) (ANPOC, 2018).

### 2.1.1 MORFOLOGIA

O trigo é caracterizado por uma raiz fasciculada, que à semelhança das outras plantas, tem dupla função de suporte e de absorção da água e dos nutrientes. O desenvolvimento radicular faz-se lateralmente e em profundidade até 75 cm, no entanto pode atingir 200 cm, dependendo da profundidade do solo, textura, fertilidade, temperatura, arejamento, humidade e da própria cultivar (Sampaio, 1990). De acordo com este autor, possui um

colmo erecto cilíndrico e nodoso que serve de suporte às folhas e às espigas. As folhas são de forma linear, alternas, estreitas e compridas. Inicialmente têm a cor verde e na parte final do ciclo vegetativo apresenta uma coloração verde-amarelada e depois amarela e por fim um aspecto acinzentado. A espiga é a inflorescência do trigo. É dística, de espiguetas, solitárias em cada nó, com 22 a 34 espiguetas por espiga, onde cada espigueta apresenta 3 a 9 flores. A flor, envolvida pelas glumelas é descorada, delgada e hermafrodita. O grão é uma cariopse que contém uma única semente envolvida pelo pericarpo do fruto (**Sampaio, 1990**). O ciclo de vida do trigo divide-se em três períodos (Figura 1): o vegetativo, que vai da sementeira até ao fim do afilhamento, o reprodutivo, do encanamento à floração/ântese, e o período de maturação (enchimento do grão) no qual ocorre a acumulação de amido no grão (**Sampaio, 1990**). O grau de maturação do grão é definido pelo seu conteúdo em água: grão leitoso (50 %), grão pastoso-farináceo (30 %) e grão duro (20 %). O profundo conhecimento do ciclo de vida do trigo é fundamental para a gestão agronómica com o fim de se obter alta produtividade de recursos e alto rendimento.

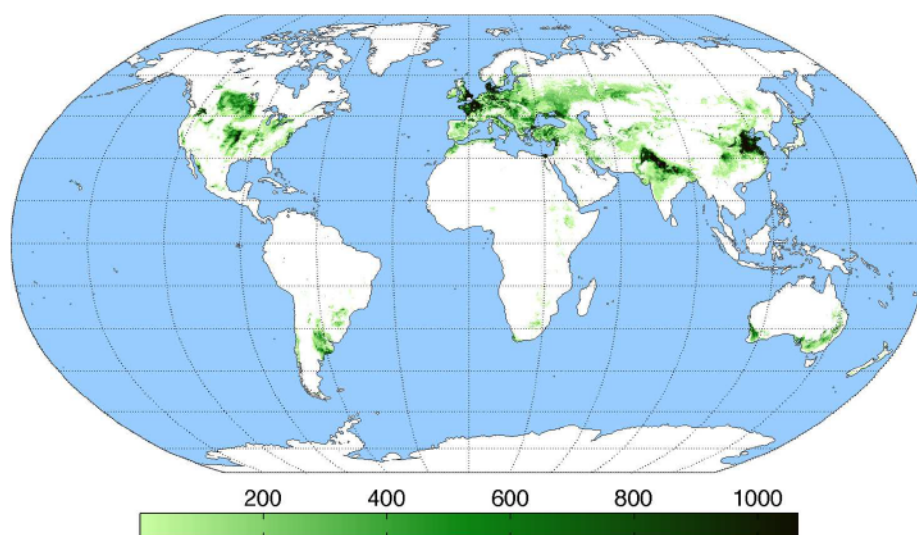


**Figura 1. Estádios fenológicos do trigo (Adaptado de Revista Plantio Direto, 2017).**

### 2.1.2 DESENVOLVIMENTO E EXIGÊNCIAS AMBIENTAIS

Idealmente o trigo responde bem em solos pesados, profundos, ricos em matéria orgânica, mas bem arejados, com alta capacidade de retenção de água e pH entre 5,5 - 7,5 (Bayer, 2018). É moderadamente sensível à salinidade, pode estabelecer-se em temperaturas baixas (variedades de inverno) e fixa o carbono na forma C<sub>3</sub>. As áreas de produção de trigo distribuem-se em zonas de clima temperado (10 - 24 °C), onde é demasiado seco ou frio para semear arroz ou milho, mas também podem ocorrer em zonas subtropicais (Figura 2).

O trigo é a gramínea de mais larga adaptação, ocupando vasta áreas de produção nos diversos continentes. Nas zonas de clima mais frio consegue obter as maiores produtividades e nas zonas de clima mais quentes pode ser cultivada a grandes altitudes ou durante o inverno (Bayer, 2018; Acevedo *et al.*, 2002). Em locais com distribuição irregular de precipitação e onde podem ocorrer grandes variações térmicas durante o inverno e a primavera (ex. condições mediterrânicas), também é possível a instalação de trigo e a obtenção de produções aceitáveis, desde que se utilizem genótipos mais flexíveis, nomeadamente, nas exigências em vernalização e fotoperíodo (ex. exigências em vernalização e fotoperíodo) (Calado *et al.*, 2008).



**Figura 2. Produção média de trigo por região (kg/ha)** (Fonte: Banco de Dados Mundial, 2014).

Os stresses abióticos como a seca, a baixa fertilidade e alta salinidade do solo condicionam o crescimento e desenvolvimento do trigo, no entanto, sementes de

maiores dimensões têm vantagens perante condições ambientais adversas (ex. seca), pois possuem um crescimento mais rápido de plântulas, um maior número de filhos produtivos por planta e um maior rendimento em grão (Mian & Nafziger, 1994; Spilde, 1989; Acevedo *et al.*, 2002). Para além, da adaptação às restrições ambientais é necessário garantir que as práticas culturais/agronómicas utilizadas são adequadas ao crescimento e desenvolvimento do trigo. A escolha da densidade de sementeira a instalar é uma decisão que pode condicionar fortemente o número de filhos produtivos (colmos secundários), assim como a manutenção da fitossanidade e a fertilização/nutrição equilibrada podem garantir plantas saudáveis, vigorosas e com boas resistências.

### 2.1.3 PRINCIPAIS DOENÇAS E PRAGAS

As pragas e doenças que causam prejuízos avultados na cultura do trigo são numerosos, dos quais os mais importantes a ter em atenção de forma a minimizar os danos causados, quer preventivamente, quer curativamente são, de acordo com Sampaio, (1990), Guia do Trigo (2014) e OEPP/EPP (1994) os seguintes:

- Aves e roedores;
- Mosquito do trigo (*Cecidomya destructor*);
- Cephus (*Cephus pigmaeus*);
- Mosca de Hesse (*Mayetiola destructor*);
- Percevejos (*Eurygaster austriacus* e *Aelia rostrata*);
- Afídeos (*Sitobion avenae*, *Rhopalosiphum padi* e *Schizaphis graminum*);
- Cária (*Tilletia carie*, *T. tritice*, *T. foetida* e *T. leavis*);
- Morrão (*Ustilago tritice*);
- Mal do Pé (*Cercospora herpotrichoides*);
- Pé negro (*Ophiobolus graminis*);
- Ferrugens (*Puccinia triticina*, *P. striiformis*, *P. graminis* e *P. tritiecina*);
- Oídio dos cereais (*Erysibe graminis*);
- Fusariose (*Fusarium nivale*, *F. roseum* e *F. graminearum*);
- Septoriose (*Septoria tritici*);
- Manchas foliares (*Bipolaris sorokiniana*, *Drechslera tritici-repentis*, *Stagonospora nodorum*).

Os insectos, as ferrugens e o oídio estão entre as pragas e doenças que causam maiores prejuízos na cultura do trigo. Em relação às ferrugens o seu impacto em todo Mundo levou à elaboração de programas de monitorização pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) e são regularmente decretados vários alertas de emergência. Em relação aos insectos, os afídeos, são as principais pragas agrícolas que, actualmente se manifestam em Portugal (**Ilharco**, 1992). São numerosos os efeitos dos seus ataques directos e indirectos na cultura do trigo, sendo uma praga que possui um largo espectro de ataque, infestando gramíneas, vinhas, pomares e plantas ornamentais.

## **2.2 VARIEDADE ‘ANTEQUERA’**

O ‘Antequera’ é uma variedade de trigo mole de Primavera que está classificada, na LVR para sementeiras de 2017/18, como trigo melhorador, denominação que é atribuída aos genótipos de trigo mole de “força” para panificação, cuja farinha é utilizada em misturas para a elaboração de lotes com as características requeridas pelas indústrias de panificação e de confeitaria (bolos e bolachas). Trata-se de um trigo de qualidade superior. O ‘Antequera’ apresenta uma massa do hectolitro média-alta, um teor de proteína médio-alto e produz uma farinha com força alveográfica e uma relação P/L elevada, o que lhe atribui a classe 1 - 2 (farinha com força média-elevada ou “melhorante e tenaz”) (**Agrovegetal**, 2009 e **Genvce**, 2011).

Possui também boas características agronómicas, como a tolerância a doenças e pragas, alto potencial de produção (produções acima da média por 3 anos consecutivos nos ensaios de campo da LVR) e elevada massa do hectolitro.

Morfologicamente é uma planta com porte erecto de altura média no final do afilhamento, uma espiga com presença de aristas e apresenta espigas supranumerárias (**Agrovegetal**, 2009 e **Genvce**, 2011).

É uma variedade de ciclo médio - largo com 123 - 129 dias da sementeira até ao espigamento (**INIAV et al.**, 2017 e 2018), precoce na fase de encanamento e um espigamento médio - precoce na fase de maturação do grão (**Agrovegetal**, 2009, e **Genvce**, 2011).

Em termos produtivos, a variedade ‘Antequera’ apresenta, em média, um índice produtivo (produção de grão) de 82 em climas áridos e semi - áridos, de 91 em climas

húmidos e de 83 em regadio, com uma capacidade de afilamento média - alta e o peso de 1000 grãos alto (Agrovegetal, 2009 e Genvce, 2011).

Apresenta uma resistência média a doenças como o Oídio (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*), Septoriose (*Septoria lycopersici*) na fase de encanamento e uma resistência alta à Ferrugem amarela (*Puccinia striiformis*) e Ferrugem-da-folha (*Puccinia triticina*) (Agrovegetal, 2009 e Genvce, 2011).

### 2.2.1 QUALIDADE DO GRÃO DE TRIGO

A qualidade do trigo pode ser analisada através de testes físico-químicos, tais como a determinação do teor de proteína e de humidade do grão, peso de 1000 grãos e a massa do hectolitro. O teor de proteína do grão é um dos indicadores de qualidade do trigo essenciais para a indústria de panificação. A indústria utiliza o teor de proteína do grão em associação com a medição qualitativa das proteínas, através do teor de glúten, pois, dependendo da variedade de trigo, esta pode possuir um baixo teor de proteína no grão, mas de alta qualidade (alta força), o que se vai expressar num alto potencial de panificação. O teor de proteína é um indicador que é afectado pelo genótipo, pelas práticas culturais (ex. fertilização azotada), pelas condições meteorológicas (ex.: precipitação e temperatura) na fase de maturação do grão e pelas doenças e pragas. A massa do hectolitro é um bom indicador indirecto da qualidade do grão, pois mede a densidade mássica do grão e permite estimar o rendimento de moagem, um critério essencial para a indústria. O tamanho do grão, a sua forma e densidade, o grau de maturação, doenças e a cultivar são factores que influenciam este indicador. Qualquer alteração que ocorra na fase de formação, crescimento e maturação do grão vai ter expressão directa neste indicador. A análise do teor de humidade do grão determina o teor de água das sementes, sendo também um indicador da qualidade do grão, pois o teor de humidade das sementes afecta diversos processos biológicos. Se o grão tiver um teor de humidade superior ao ideal para armazenamento, 10 - 12 %, segundo Payne (2002) e Curtis *et al.* (2002), pode levar à degradação da semente com o aparecimento de doenças (ex. desenvolvimento de fungos e outros microorganismos), proliferação de pragas (ex. insectos) e até pode ocorrer embebição e indução da germinação da semente.

## 2.3 FACTORES DE PRODUÇÃO: ÁGUA E AZOTO

A água e o azoto (N) são elementos fundamentais para o crescimento e desenvolvimento das culturas, pois ambos são essenciais para o processo de fotossíntese. O trigo é uma cultura cujo seu rendimento está altamente dependente do azoto, pois são necessários cerca de 25 kg de azoto para produzir 1 tonelada de grão de trigo (**Acevedo et al.**, 2002). Sendo uma planta C<sub>3</sub>, o rendimento do grão está positiva e linearmente correlacionado com a evapotranspiração da cultura, e por isso o stress hídrico inevitavelmente diminui o rendimento do trigo. No entanto, existem estádios do ciclo cultural em que o trigo se encontra mais sensível aos défices de azoto e hídrico. Segundo **Acevedo et al.**, (2002), no trigo de primavera a fase afilhamento está fortemente dependente da temperatura (**Rickman & Klepper**, 1991), mas o défice hídrico (**Cutforth et al.**, 1992) e de azoto (**Longnecker et al.**, 1993), pode também contribuir para o atraso e/ou diminuição da taxa de afilhamento. É no período do desenvolvimento da espiguetta terminal (formação do 1º nó, início do alongamento do caule - fase de encanamento) que a cultura do trigo está particularmente sensível a condições ambientais adversas, em especial a carências de azoto e de água (**Wuest & Cassman**, 1992, **Acevedo et al.**, 2002 e **Biscoe**, 1988). A expansão foliar está indicada por **Acevedo et al.** (1971) como sendo um dos períodos mais sensíveis ao stress hídrico. O stress hídrico ocorre sempre que a absorção de água pela cultura é menor que a taxa de evaporação da atmosfera (**Acevedo et al.**, 2002). Este processo pode ocorrer através de dois mecanismos: (i) a absorção da água pela cultura que está condicionada pelas características da raiz e pelas propriedades físico-químicas do solo e pela (ii) evapotranspiração, que está depende das condições atmosféricas (ex. radiação líquida, pressão vapor) e das características da cultura (ex. cobertura vegetal do solo e condutância estomática) (**Acevedo et al.**, 2002). **Peterson et al.** (1984) e **Rickman et al.** (1983) constataam que na fase de afilhamento o trigo também é muito sensível ao stress hídrico, sendo que em situações de secura o afilhamento pode ser reduzido para metade (**Acevedo et al.**, 2002). **Oosterhuibs & Cartwright** (1983) apontam que o stress hídrico imediatamente antes do início da floração pode levar à diminuição do número de espiguetas e do número de grãos por espiga (**Hochman**, 1982). Segundo **Acevedo et al.** (2002) o stress hídrico antes, durante e a após a ântese vai diminuir a disponibilidade de carbono e azoto (elementos críticos para o desenvolvimento da

espiga), vai acelerar o desenvolvimento da cultura (**Simane et al.**, 1993) e a acumulação de hidratos de carbono solúveis vão diminuir (**Nicholas & Turner**, 1993). **Hochman** (1982) e **Kobata et al.** (1992) referem que o stress hídrico durante o enchimento dos grãos não vai afectar o número de filhos férteis, nem o número de grãos, no entanto o peso dos grãos vai ser reduzido devido ao encurtamento do período de enchimento do grão resultante de senescência acelerada.

### 2.3.1 ÁGUA

A água é imprescindível à vida, é reagente e/ou substrato nas reacções celulares (ex. fotossíntese/fotólise), é fonte de oxigénio e hidrogénio, serve como meio e filtro, intervém na hidrólise de macromoléculas, como o amido em açúcares solúveis, imprescindíveis à germinação de sementes e à respiração nocturna (**Pimentel**, 2004). A morfologia das plantas herbáceas é sustentada pela água, que mantém a turgescência celular (**Pimentel**, 2004). A água é essencial para o aumento de volume celular, crescimento vegetal, abertura dos estomas e movimentos de folhas e flores (**Kramer & Boyer**, 1995 e **Pimentel**, 2004). Por todo o mundo, devido ao aumento do consumo, da poluição e da gestão inadequada, a água é um recurso cada vez mais escasso (**Fereres & Evans**, 2006 e **Costa et al.**, 2007).

Sendo o sector agrícola um dos principais consumidores deste recurso escasso existe, cada vez mais, a preocupação de fazer um uso eficiente e adequado da água. A inovação dos sistemas de rega (ex. rega gota-a-gota) e a adopção de novas técnicas de cultura (calendário de rega baseado na profundidade da toalha freática e salinidade do solo, utilização de águas residuais em estufas, adopção de estratégias de rega deficitária) têm permitido melhorar a eficiência no uso de água pela cultura, reduzindo as perdas por escurrimto e evapotranspiração (**Chaves et al.**, 2003; **Pereira et al.**, 2006 e **Costa et al.**, 2007).



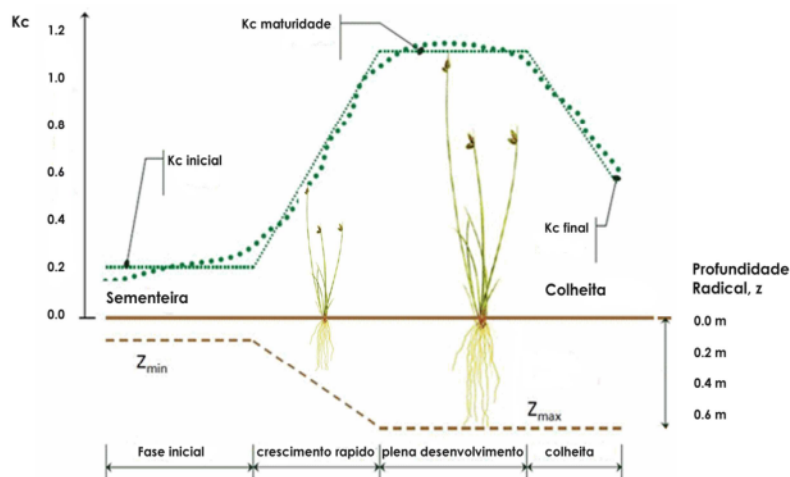
### 2.3.2 GESTÃO DE REGADIO E O USO EFICIENTE DA ÁGUA

Para uma gestão adequada de rega é essencial possuir informação/conhecimento sobre a cultura a instalar, das condições edafo-climáticas da parcela e conhecer também a disponibilidade de água para a rega. A gestão da rega pode ser realizada com base na evapotranspiração, onde se repõe no solo as perdas de água que, descontado o input de água por precipitação, ocorreram por evapotranspiração. A evapotranspiração é a perda de água sob a forma de vapor desde um solo revestido com vegetação, através de evaporação e de transpiração, durante um determinado de tempo (Allen *et al.*, 1998). A taxa de evapotranspiração de uma cultura de referência hipotética, semelhante a um extenso coberto de relva verde, com uma altura uniforme (12 cm), em crescimento activo, cobrindo totalmente o solo e bem abastecido de água é designada por evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) (Allen *et al.*, 1998). Já a evapotranspiração cultural ( $ET_c$ ) é definida como a taxa de evapotranspiração de uma cultura livre de doenças, cultivada em campos extensos e sob condições óptimas de água no solo e fertilidade e alcançando o pleno potencial produtivo (Doorenbos & Pruitt, 1977). Após a determinação da evapotranspiração de referência é possível calcular a evapotranspiração cultural, específica de uma determinada cultura, através do coeficiente cultural ( $K_c$ ).

$$ET_c = ET_0 \times K_c \quad (1)$$

Ao longo do ciclo de crescimento das plantas, o coeficiente cultural vai aumentando à medida que as necessidades hídricas das plantas aumentam (Figura 3).

O coeficiente cultural atinge o seu máximo na fase inicial da floração e mantém-se nesse valor até à formação de frutos, começando a diminuir rapidamente, à medida que a cultura entra em senescência (Shahidian, sd.). A reposição da água perdida pela cultura, pode ser diária, especialmente quando as plantas são pequenas, e ter um intervalo maior à medida que as culturas crescem (Shahidian, sd.). O intervalo entre as regas deve ir aumentando à medida que as raízes exploram camadas mais profundas do solo, de forma a humedecer toda a zona radical das plantas, sem haver perdas por percolação (Shahidian, sd.). Assim, o intervalo entre as regas e a dotação deve ser conjugado por forma a reabastecer o solo até à capacidade do campo, numa profundidade sensivelmente equivalente à zona explorada pelas raízes (Shahidian, sd.).



**Figura 3. Evolução do coeficiente cultural e da profundidade radicular ao longo do ciclo de crescimento de uma cultura (Fonte: Shahidian, sd.).**

A gestão da rega também pode ser feita com base no teor de água no solo, através de medições directas do teor de humidade no solo. Nesta metodologia, a determinação das necessidades de rega pode ser realizada através (Shahidian, sd.):

- da medição directa de água no solo, com recurso ao método gravimétrico determinando o teor de água nas amostras de solo a diferentes profundidades;
- da medição indirecta de teor água no solo, com recurso a tensiómetros, sensores de resistência eléctrica, tipo Watermark, sondas TDR ('Time Domain Reflectometry') e FDR ('Frequency Domain Reflectometry'), também conhecidas por sondas capacitativas. Estes equipamentos de monitorização medem o teor de humidade no solo através do diferencial entre a tensão da água no solo e a tensão na membrana interior/bolbo de porcelana, no caso dos tensiómetros, da condutividade/resistência eléctrica, no caso dos sensores de resistência eléctrica, e através da capacitância (permeabilidade dieléctrica do solo), no caso das sondas TDR e FDR.

A gestão da rega também pode ser realizada com base no estado hídrico da planta. A monitorização de parâmetros como a temperatura do coberto vegetal, a tensão da água na planta (medida com câmara de pressão ou de Scholander) ou a condutância estomática, permitem avaliar directamente o estado hídrico das plantas. Estas medições podem ser uma óptima ferramenta para a gestão sustentável da água em regadio, uma

vez que integram as necessidades da cultura e a disponibilidade de água no solo (**Shahidian**, sd.).

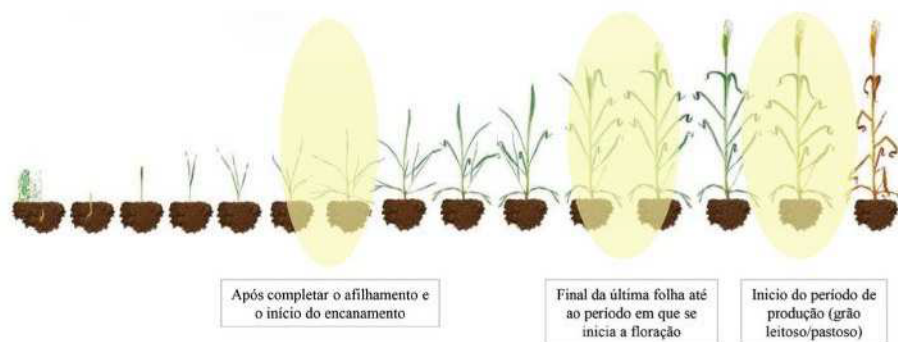
É também possível realizar um uso mais sustentável da água em regadio com a utilização de estratégias de rega deficitária, tais como o défice controlado ou o défice de água parcial no sistema radicular. Estas estratégias permitem que as culturas suportem um moderado stress hídrico com ou sem decréscimos marginais no rendimento e na qualidade da produção (**Costa et al.**, 2007). No Alentejo, as estratégias de rega deficitária no trigo são geralmente viáveis (**Rodrigues et al.**, 2003). Estas práticas podem ser justificadas pela poupança de água, o melhoramento da eficiência de uso dos nitratos, a minimização da lixiviação de nutrientes e biocidas e na redução dos custos da água (**Costa et al.**, 2007, **Toureiro et al.**, sd.).

### 2.3.3 NECESSIDADES HÍDRICAS DO TRIGO

A cultura do trigo possui uma relativa tolerância ao défice hídrico (sensibilidade média - baixa) quando comparada a outras culturas, devido à sua maior eficiência no uso da água, consequência de ser originária de regiões semiáridas (**Boteta**, 2014). No entanto, ao longo do ciclo da cultura esta sensibilidade varia destacando-se as seguintes três fases (Figura 4) em que é essencial evitar o stress hídrico:

- quando as plantas têm cerca de 15 cm de altura, no final do afilhamento e o início do encanamento (alongamento dos caules) (**Doorenbos & Pruitt**, 1977 in **Oliveira**, 2003);
- no final do desenvolvimento da espiga ou no início da floração/ântese (**Stegman et al.**, 1981; **Doorenbos & Pruitt**, 1977 in **Oliveira**, 2003);
- no início do período de formação das sementes (enchimento do grão), estágio de maturação fisiológica - grão leitoso/pastoso (**Doorenbos & Pruitt**, 1977 in **Oliveira**, 2003).

O défice hídrico nestas três fases críticas repercute-se directamente na produtividade e qualidade do trigo, pois tem efeitos adversos sobre a taxa de fotossíntese, o número total de espigas, o número potencial de sementes por espiga, no enchimento do grão (translocação dos hidratos de carbono) e na qualidade do grão (ex. engelhados) (**Boteta**, 2014; **Almeida et al.**, 2017).



**Figura 4. Fases críticas ao déficit hídrico na cultura do trigo** (Fonte: Boteta, 2014).

Tendo em conta que a produção do trigo aumenta consideravelmente quando recebe complementos hídricos à precipitação, especialmente em zonas e anos de fraca e/ou má distribuição pluviométrica (Boteta, 2014; Almeida *et al.*, 2017), a dotação de rega deve repor os níveis de humidade até onde se observa a extracção de água pelo sistema radicular. A maior parte das raízes encontra-se nos primeiros 30/40 cm de solo, mas pode chegar a profundidades de 100/120 cm (Boteta, 2014). Sendo o trigo uma planta cujo sistema radicular tem grande potencial de desenvolvimento é desejável que o solo seja de textura franca, profundo e com capacidade de armazenamento de água (Boteta, 2014). Almeida *et al.* (2017) constataram que a produção de trigo mole com regas suplementares leva, em média, a um aumento de 2967 kg/ha, correspondendo a um aumento na produção de 170 %. Os ganhos na produção de trigo mole atingem os 260 kg/ha para cada rega de 20 mm (Almeida *et al.*, 2017). No entanto, teor de humidade no solo elevado nas fases fenológicas finais pode reduzir a disponibilidade de azoto e a sua absorção, reduzindo o teor de proteína no grão (Jones & Olson - Rutz, 2012). A monitorização da água no solo na decisão da gestão da rega e o conhecimento da disponibilidade de água nas fases críticas do ciclo são fundamentais para o sucesso da cultura (Boteta, 2014). A adopção e adequação de práticas como o regadio e a optimização das fertilizações azotadas podem contribuir para o sucesso da cultura do trigo em Portugal (Almeida *et al.*, 2017).

### 2.3.4 AZOTO

O azoto (N) é um macronutriente essencial para o crescimento das plantas, pois é o componente básico dos aminoácidos, constituintes das proteínas, das vitaminas, do sistema enzimático da planta e permite a absorção de outros nutrientes. A produção de proteínas requer quantidades suficientes de azoto e de outros nutrientes, como o enxofre (S) e o potássio (K) (**Jones & Olson - Rutz**, 2012). O azoto é necessário para a síntese da molécula de clorofila e através dela é interveniente na fotossíntese, convertendo a energia solar em energia química na forma de ATP e NADPH (**Lopes**, 1995). O azoto é elemento mais abundante na atmosfera terrestre ( $\approx 78,3\%$ , na forma  $N_2$ ), no entanto, as plantas não conseguem absorver o  $N_2$  gasoso, sendo necessária a sua transformação em formas assimiláveis, ião amónia ( $NH_4^+$ ), ião nitrato ( $NO_3^-$ ) e ião nitrito ( $NO_2^-$ ) (**Lopes**, 1995; **Rodrigues & Coutinho**, 2000). Ainda de acordo com estes autores, no sistema solo - planta, as perdas de azoto podem ocorrer através dos seguintes processos: (i) desnitrificação de  $NO_3^-$ , (ii) volatilização de amoníaco ( $NH_3$ ), (iii) reacções químicas não enzimáticas envolvendo o  $NO_2^-$  (quimiodesnitrificação), (iv) lixiviação de  $NO_3^-$  e (v) erosão (azoto na forma orgânica). As perdas de desnitrificação contribuem para o aquecimento global e para a destruição da camada de ozono, enquanto as perdas por lixiviação afectam a qualidade do solo, a água e podem interferir na saúde humana e animal (**Tomaz et al.**, 2018).

As necessidades em azoto variam de planta para planta mas dependem, essencialmente, das condições ambientais (**Rodrigues & Coutinho**, 2000). Assim, em condições que favoreçam a formação de fotoassimilados (alta intensidade luminosa, temperatura adequada e ausência de stress hídrico), a disponibilidade de azoto deve ser mais elevada e vice - versa (**Mengel & Kirkby**, 1987 *cit. in Rodrigues & Coutinho*, 2000). As quantidades de azoto para um desenvolvimento vegetativo adequado devem estar equilibradas com a presença de outros nutrientes (**Rodrigues & Coutinho**, 2000). A síntese de compostos orgânicos depende, por exemplo, de iões inorgânicos como o magnésio para a formação da clorofila e de fósforo para a síntese de ácidos nucleicos (**Mengel & Kirkby**, 1987 *cit. in Rodrigues & Coutinho*, 2000).

A sua deficiência provoca amarelecimento das folhas, iniciando-se pelas mais velhas, a que se segue a senescência precoce das mesmas acompanhada pela redução ou paragem de crescimento (**Rodrigues & Coutinho**, 2000). Quando em excesso, o azoto provoca desenvolvimentos vegetativos luxuriantes devido à facilidade com que a planta o

absorve para além das suas necessidades metabólicas, com consequências negativas na produção final (**Rodrigues & Coutinho, 2000**). A acama fisiológica, uma maior susceptibilidade das culturas a pragas, doenças e condições ambientais desfavoráveis, atrasos na maturação e diminuição da qualidade dos produtos agrícolas são alguns dos efeitos negativos no desenvolvimento vegetativo atribuídos ao excesso de azoto (**Rodrigues & Coutinho, 2000**).

### **2.3.5 GESTÃO DA FERTILIZAÇÃO E USO EFICIENTE DE AZOTO**

As plantas respondem rapidamente ao azoto aplicado como fertilizante, que estimula o desenvolvimento vegetativo e a expansão do sistema radicular (**Rodrigues & Coutinho, 2000**). A adequada disponibilidade de N, através de fertilizações racionais, é o factor de gestão que garante a produção de grão com alto conteúdo proteico (**Jones & Olson - Rutz, 2012; Blandino et al., 2015**) e evita perdas de azoto no solo.

A necessidade em azoto varia ao longo do ciclo de crescimento da cultura, logo os efeitos da sua aplicação vão depender do estágio fenológico em que esta se encontra (**Tomaz et al., 2017**). O objectivo da aplicação racional de nutrientes (fertilização racional) é aumentar o desempenho geral do sistema de cultivo, proporcionando uma nutrição economicamente ideal à cultura, minimizando as perdas de nutrientes e apoiando a sustentabilidade do sistema agrícola através de contribuições para a fertilidade do solo ou outros componentes da qualidade do solo (**Fixen et al., 2014**).

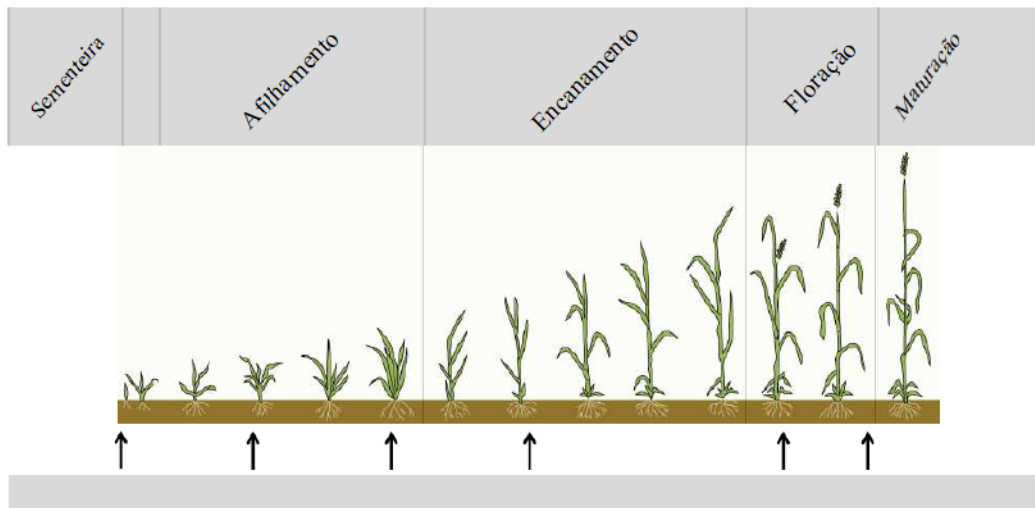
A percentagem de azoto do fertilizante recuperada por uma dada cultura é definida como a eficiência de uso de azoto (**Rodrigues & Coutinho, 2000**). Contudo, a eficiência com que as plantas utilizam o azoto do fertilizante pode ser apresentada de diversas outras formas, incluindo aspectos do metabolismo das plantas, da qualidade dos produtos agrícolas e do retorno económico do investimento em fertilizantes (**Rodrigues & Coutinho, 2000**). A eficiência com que as plantas utilizam o azoto aplicado como fertilizante é normalmente baixa, devido à elevada mobilidade natural do nutriente no sistema solo - planta - atmosfera, tendo implicações importantes do ponto de vista económico, na conservação da energia e na qualidade do meio ambiente (**Rodrigues & Coutinho, 2000**). Este é um conceito essencial para avaliar os sistemas de produção de culturas, bem como as relações solo - planta - água (**Fixen et al., 2014**). Os processos de aumentar a eficiência do uso de N consistem em minimizar as perdas a

partir do sistema solo - planta e promover a oportunidade de absorção radicular (**Rodrigues & Coutinho, 2000**). A espécie cultivada, a fonte de azoto, as quantidades aplicadas, as épocas e técnicas de aplicação são alguns dos factores que influenciam a eficiência de uso de N (**Rodrigues & Coutinho, 2000**). O fracionamento da fertilização azotada beneficia a eficiência de uso do azoto, quando comparado com a sua aplicação total à sementeira (**Sowers et al., 1994**). Apesar de existirem diferenças genotípicas na resposta do trigo ao azoto, em geral, nos genótipos com maior potencial de rendimento verifica-se uma maior eficiência de uso do azoto, ou seja uma maior taxa de absorção de azoto (**Acevedo et al., 2002**). No entanto, estes autores constataam que o teor de proteína do grão, parâmetro importante na qualidade dos grãos, possui uma relação inversa com o potencial produtivo do genótipo.

Uma aplicação de azoto fracionada e gradual nas fases fenológicas de maior necessidade pode simplificar o processo de fertilização e reduzir o número de aplicações (**Blandino et al., 2015**), pois permite que ocorra a metabolização completa de azoto, minimizando a lixiviação de N na sua forma mais solúvel ( $\text{NO}_3^-$ ) (**Hay & Walker, 1989 cit. in Tomaz et al., 2017**).

O aumento de rendimento do grão mais significativo verifica-se quando existe aplicação de fertilizantes azotados no período *a priori* à fase de encanamento (antes de iniciar o alongamento do caule) (**Acevedo et al., 2002**). A fertilização azotada, nesta fase, vai permitir o aumento do número de filhos e do número de grão por espiga (**Jones & Olson - Rutz, 2012**). Assim, é comum aplicar uma pequena fracção do azoto em fundo, antes da sementeira, e a maior parte em cobertura, quando as condições climatéricas (menor precipitação) o permitem (**Rodrigues & Coutinho, 2000**), no início do afilhamento e no início e durante a floração (Figura 5).

A aplicação de N após a formação do 2º nó significa um decréscimo na resposta do rendimento do grão perante o aumento de N, sendo que uma aplicação durante a floração e a maturação (grão leitoso/pastoso) já não permitem a observação de qualquer resposta do rendimento do grão perante a fertilização azotada, apenas leva ao aumento do teor de proteína do grão (**Mossedaq & Smith, 1994** e **Jones & Olson - Rutz, 2012**).



**Figura 5. Fracionamento de fertilizantes azotados** (Adaptado de Ellison, sd.).

O fracionamento da aplicação dos fertilizantes está praticamente confinado à fertilização azotada (**Rodrigues & Coutinho, 2000**). Com outros nutrientes, por vezes também utilizados em quantidades elevadas, como o fósforo (P) e o potássio (K), o fracionamento não se justifica da mesma forma, uma vez que a sua mobilidade no solo é normalmente bastante menor (**Rodrigues & Coutinho, 2000**).

### **2.3.6 FERTILIZANTES QUE MELHORAM A EFICIÊNCIA DE USO DE AZOTO**

Para além da aplicação fracionada de N, outra prática agronómica para reduzir as perdas por lixiviação e diminuir a contaminação das águas (superficiais e subterrâneas), é a utilização de fertilizantes que podem aumentar / melhorar a eficiência de uso dos nutrientes (EEF, 'Enhanced Efficiency Fertilizers'). Este tipo de fertilizantes são usualmente designados de fertilizantes específicos e ao contrário dos fertilizantes azotados clássicos que ficam totalmente expostos ao processo de degradação quando aplicados no solo, os específicos controlam a dissolução do fertilizante, pois são compostos por produtos de baixa solubilidade ou que se decompõe de forma gradual. Os EEF podem-se dividir em três grupos principais (**Trenkel, 2007 cit. in Arrobas et al., 2011**):

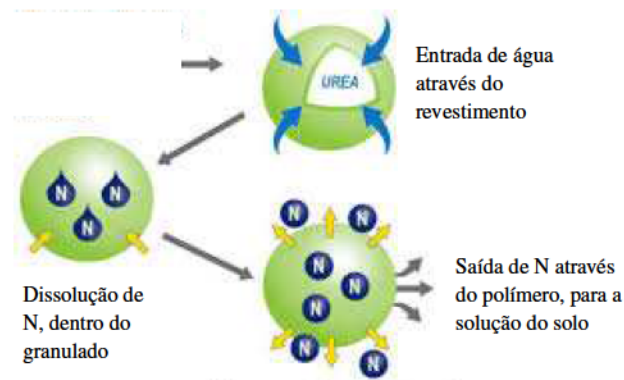
- os fertilizantes de liberação lenta, obtidos como produtos da degradação microbiana da ureia ( $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ ) e de ureia-aldeídos ( $\text{H-C=O}$ );



- os fertilizantes de liberação controlada, produtos que contêm fertilizantes clássicos cuja liberação de nutrientes no solo é regulada pelo enxofre (S) e / ou pelo revestimento polimérico (Figura 6);
- os fertilizantes estabilizados, são modificados durante o processo de produção com um inibidor de nitrificação ou de urease. Este tipo de fertilizantes atrasa a oxidação do  $\text{NH}_4^+$  em  $\text{NO}_2^-$  durante o processo de nitrificação no solo (Arrobas *et al.*, 2011). Enquanto o íon nitrato se move livremente em meio aquoso do solo, o íon amônio pode ser adsorvido negativamente nos complexos argila - húmicos, reduzindo a lixiviação (Arrobas *et al.*, 2011). Já o inibidor de urease (enzima que catalisa a hidrólise da ureia em dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e amoníaco ( $\text{NH}_3$ )) controla o processo de hidrólise de ureia, permitindo uma maior taxa de disponibilização de N às plantas (Chen, 2008).

Como vantagens, os fertilizantes EEF permitem manter / aumentar a produtividade com reduzidas taxas de aplicação de N, reduzir perdas de N para o ambiente, uma maior distribuição de nutrientes à planta e aplicações mais económicas, quando comparados com os fertilizantes clássicos.

Em solos de textura arenosa e de regadio, os fertilizantes EEF são tipicamente utilizando para reduzir a lixiviação de N (Guertal, 2009).



**Figura 6. Processo de liberação de N de ureia com revestimento polimérico (Adaptado de Blaylock, 2010 in Butzen, 2013).**

### 2.3.7 INTERACÇÃO ÁGUA - AZOTO

Como já referido anteriormente, uma gestão adequada do factor água e azoto é fundamental para obter uma produção de elevado rendimento e qualidade, no entanto a interacção destes dois factores de produção pode ter vantagens (ex. fertirrigação, permite uma absorção radicular mais rápida de nutrientes) como desvantagens (ex. lixiviação). A água é também fundamental quando existe a aplicação específica de EEF de libertação controlada, de forma a libertar o azoto dos revestimentos poliméricos.

Uma fertilização adequada permite (**Lopes**, 1995):

- uma maior produção por mm de água disponível;
- melhor desenvolvimento das raízes, de forma a encontrar água no subsolo;
- que o sistema radicular mais profundo consiga absorver mais água e nutrientes;
- a criação de um coberto vegetal mais espesso, para evitar perdas de água por evaporação;
- uma boa cobertura vegetal que diminui o escoamento superficial e a erosão;
- e que a cultura tenha um crescimento inicial mais rápido, diminuindo o aparecimento de infestantes e consequentemente a competição por água e nutrientes.

A eficiência de uso de azoto depende do estado hídrico da planta, da mesma forma que a eficiência do uso da água depende do estado nutricional da planta (**Fixen et al.**, 2014). A eficiência do uso da água pode ser melhorada através da gestão de nutrientes (**Hatfeld et al.**, 2001 *cit. in* **Fixen et al.**, 2014), embora em ambientes áridos possa ser importante para equilibrar o crescimento pré e pós - ântese, de forma a assegurar um teor de humidade adequado para preencher grãos (**Fixen et al.**, 2014). A disponibilidade de N afecta a biomassa acima do solo, a produção de resíduos de plantas, a dinâmica de nutrientes no solo e, portanto, melhora o crescimento da cultura e a eficiência de uso da água (**Maskina et al.**, 1993; **Halvorson et al.**, 1999; **Norton & Wachsmann**, 2006 *cit. in* **Fixen et al.**, 2014). **Fixen et al.** (2014) demonstraram, com estudo comparativo entre ensaios de sequeiro e de regadio, o impacto positivo que o factor água tem na resposta da produtividade à aplicação de N, na eficiência agronómica e no balanço parcial de nutrientes. E constataram uma melhoria da eficiência de uso da água à medida que a quantidade de N aumenta, quer nos ensaios de sequeiro, quer de regadio. **Albrizio et al.** (2010) também referem que o número de grãos por unidade de área explica uma grande proporção do rendimento de grão e que é essencialmente influenciado pela fertilização

azotada. A disponibilidade de água aumenta a absorção de N, em termos de resposta da cultura à fertilização azotada e da concentração de N no grão. A absorção de azoto é maior, quando há maior disponibilidade de água durante as fases fenológicas mais sensíveis ao stress hídrico (**Albrizio et al.**, 2010). Assim, a resposta da cultura à fertilização azotada depende da disponibilidade de água no solo, quantidade e distribuição de água ao longo do ciclo cultural, assim como da quantidade e do período de aplicações de N (**Pala et al.**, 1996; **Latiri - Souki et al.**, 1998 in **Albrizio et al.**, 2010).

A compreensão dos efeitos interactivos da disponibilidade de água e azoto, em conjunto com o uso eficiente destes recursos é de crucial importância para estabilizar a produção de cereais nas zonas mediterrânicas (**Albrizio et al.**, 2010). Uma melhoria contínua no desempenho do sistema cultural é fundamental para uma intensificação agrícola sustentável (**Fixen et al.**, 2014).

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

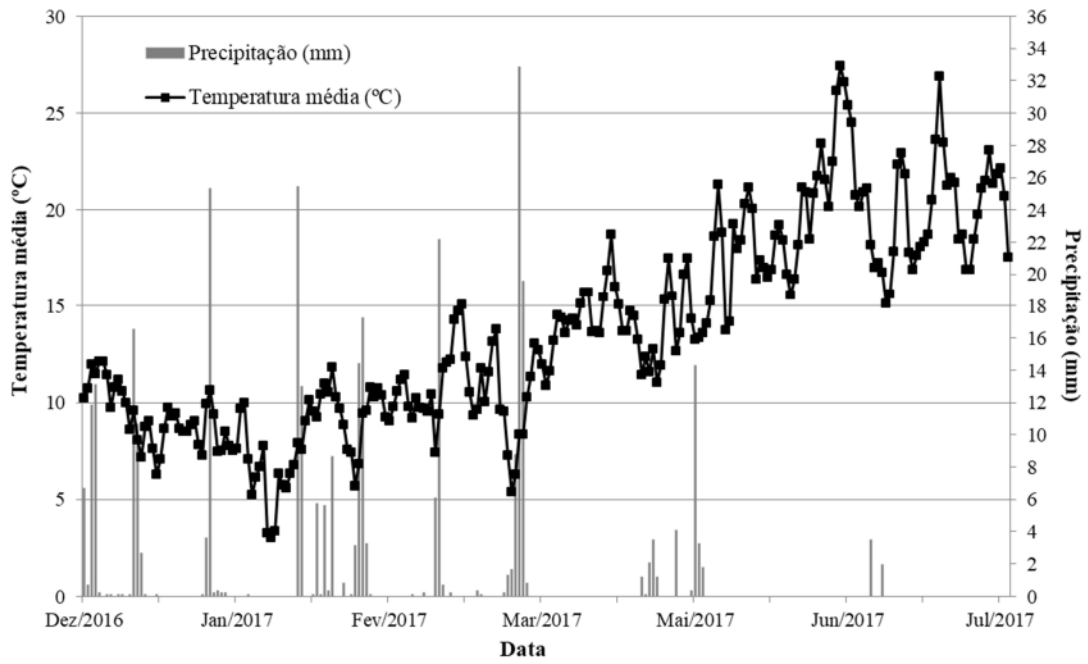
#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES EDAFO-CLIMÁTICAS

Os ensaios foram instalados em solos denominados Vertissolos pélicos (**Cardoso**, 1971), também designados por Barros Pretos, ou Vertissolos, na classificação FAO (**IUSS Working Group WRB**, 2014). Estes solos são evoluídos de perfil A, Bc, C ou A, Btx, C, cor escura e com o horizonte B entre 10 a 60 cm de profundidade (**Cardoso**, 1965). São argilosos e possuem uma apreciável percentagem de colóides minerais (ex. montmorilonoides) que lhes imprime características especiais, tais como elevada plasticidade e rijeza (**Cardoso**, 1965). Os Barros Pretos de Dioritos ou Gabros (calcários e não calcários) apresentam uma estrutura angulosa anisoforme média a grosseira no horizonte A e prismática muito grosseira com películas de argila nas faces dos agregados no horizonte B, que lhe conferem uma elevada tenacidade e um pronunciado fendilhamento nos períodos secos (**Cardoso**, 1965). Devido ao seu elevado teor em argilas, estes solos tendem a formar crostas na superfície do terreno e à medida que o teor de humidade do solo vai decrescendo observa-se a abertura de fissuras profundas no solo. A sua textura varia entre argilosa e franco-argilosa com o pH a variar entre 6,5 - 8,0; podendo atingir 8,5 nos Barros Pretos (**Cardoso**, 1965). Nos campos de ensaio da Quinta da Saúde destacam os Barros Pretos carbonatados com a presença de elementos grosseiros de diferentes granulometrias (calhaus, pedras e pedras miúdas) de origem calcária. Em termos químicos, os Barros Pretos são pobres em matéria orgânica, com relações carbono/azoto (C/N) baixas ou muito baixas, indicativas de elevada actividade biológica (**Cardoso**, 1965). A capacidade de troca catiónica é elevada devido à quantidade e qualidade dos minerais na fracção argilosa (**Cardoso**, 1965). O cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) é o ião dominante, no entanto em alguns casos o magnésio ( $\text{Mg}^{+}$ ) e o sódio ( $\text{Na}^{+}$ ) também podem atingir percentagens relativamente altas e os teores de potássio de troca são geralmente baixos (**Cardoso**, 1965). Em termos físicos, a porosidade da terra fina é apreciável e a permeabilidade mostra-se moderada a lenta, atingindo valores muito baixos nas situações de expansão das argilas (encerramento das fendas abertas) após humedecimento (**Cardoso**, 1965). Relativamente à capacidade de uso, os campos de ensaios estão inseridos em zonas que variam entre a classe A e B, solos com capacidade de uso agrícola muito elevada a moderada (com nenhuma ou poucas limitações de

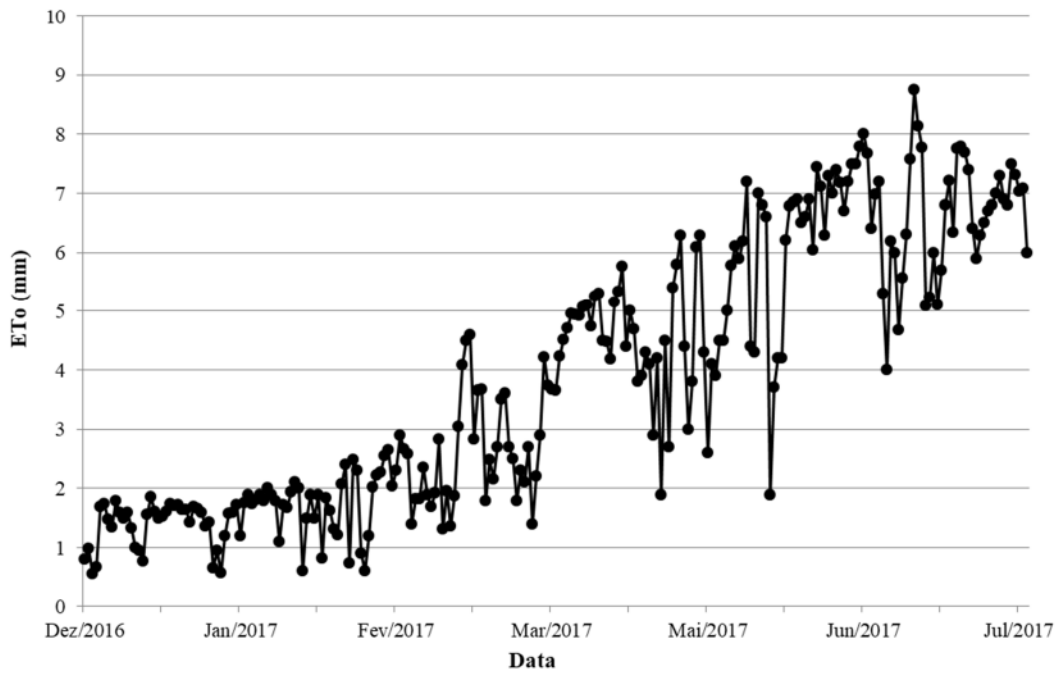
uso), com declives inferiores a 2 % (**Carta de Capacidade de Uso do Solo**, 1961) e situados fora da Zona Vulnerável de contaminação por Nitratos do Sistema Aquífero Gabros de Beja (**Mapa das Zonas Vulneráveis**, 2014).

A região Alentejo apresenta um clima quente e temperado, com características Mediterrânicas e Continentais (junto ao litoral). De acordo com a classificação de Köppen - Geiger (**Kottek et al.**, 2006) o clima é Csa (clima mediterrânico, temperatura no mês mais frio  $< 18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; nos três meses mais frios  $> -3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; no mês mais quente  $\geq 22\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), com verões quentes e secos e invernos húmidos e frios. A temperatura mínima e máxima ronda, em média, os  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Dezembro e Janeiro) e  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Julho e Agosto), respectivamente. Os valores de precipitação média anual e da temperatura média anual observados nas normais climatológicas (30 anos) são 581 mm e  $16,9\text{ }^{\circ}\text{C}$  (**IPMA**, 2017). Os dados meteorológicos foram recolhidos na proximidade dos campos de ensaio (Figura 7 (a) e (b)), na estação meteorológica automática da Quinta da Saúde (Beja), estação integrante do Sistema Agrometeorológico para gestão da Rega no Alentejo (SAGRA - COTR). Este sistema recolhe, armazena, trata e disponibiliza a informação agrometeorológica, com o objectivo de apoiar a gestão da rega e assim aumentar a eficiência no uso da água em regadio (**Maia et al.**, sd. e **Oliveira et al.** 2004). Com base nos dados meteorológicos registrado no SAGRA, a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) (Figura 7 (b)) é determinada através do método de Penman-Monteith (**COTR/SAGRA**, 2017 e **Steduto et al.**, 2012) e por sua vez através dos coeficientes culturais do trigo ( $K_{C_{\text{inicial}}} = 0,15$ ;  $K_{C_{\text{intermédio}}} = 1,1$ ;  $K_{C_{\text{final}}} = 0,15$ ; a partir de **Allen et al.**, 1998) é possível calcular a evapotranspiração cultural (ET<sub>c</sub>).

(a)



(b)



**Figura 7. Dados agrometeorológicos da estação da Quinta da Saúde (Beja) (Fonte: SAGRA/COTR, 2017).**

### 3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Os ensaios foram realizados em dois campos experimentais sujeitos a dois regimes hídricos: um em regadio, sob «center-pivot», localizado na Quinta da Saúde (38°02'06" Norte; 7°53'11" W); outro em sequeiro no Centro Experimental do IPBeja (38°01'37" N; 7°52'05" W). No campo de regadio foram estudadas duas estratégias de rega distintas, em dois ensaios de fertilização azotada: um ensaio com fertilizantes azotados específicos (EEF) e um ensaio de fertilizantes azotados clássicos. Os diferentes tratamentos em qualquer dos ensaios diferenciaram-se quanto ao fracionamento (% N total) e época de aplicação de fertilizante (Quadro 4). A dotação de rega 1 (DR1) (Figura A.1 no Anexo I) visava satisfazer a totalidade das necessidades hídricas da planta (100 % evapotranspiração cultural, ETc) ao longo do seu ciclo vegetativo e a dotação de rega 2 (DR2), com aplicações de água para satisfazer a totalidade da necessidade hídrica da planta apenas nas fases críticas do seu ciclo de desenvolvimento (100 % ETc fases críticas). No campo de sequeiro (Seq), realizaram-se os mesmos dois ensaios de tipo/fracionamento/época de aplicação de fertilizante azotado e não foi realizada qualquer aplicação de água sob a forma de rega, sendo que o factor água presente neste campo se deve exclusivamente à precipitação que se verificou durante o período do ensaio. O delineamento experimental em cada ensaio seguiu uma configuração em blocos casualizados («split-plot» nos ensaios em regadio, com as modalidades de rega como parcelas principais e os tratamentos de fertilização azotada como parcelas secundárias) com três repetições, apresentando as parcelas experimentais uma área de 9,6 m<sup>2</sup> (8,0 m × 1,2 m) constituídos por seis linhas de plantas (Figura A.1 no Anexo I).

**Quadro 4. Fracionamento/época de aplicação de azoto ao longo do ciclo vegetativo do trigo mole (var. ‘Antequera’) nos ensaios com fertilizantes específicos e clássicos, em regadio e em sequeiro.**

Tratamento	Sementeira	Afilhamento	Encanamento	Emborrachamento	Ântese	Total
<b>Fertilizantes Específicos (% N total)</b>						
A <sub>1</sub>	100					100
A <sub>2</sub>	50			50		100
A <sub>3</sub>	50		25		25	100
A <sub>4</sub>	75			25		100
A <sub>5</sub>	75		25			100
A <sub>6</sub>	100					100
<b>Fertilizantes Clássicos (% N total)</b>						
A <sub>1</sub>	33	33	33			100
A <sub>2</sub>	25	25	25		25	100
A <sub>3</sub>	25	25	25	25		100
A <sub>4</sub>		50		25	25	100
A <sub>5</sub>	50		25	25		100
A <sub>6</sub>						0

Assim, tendo em conta os diferentes fracionamentos/épocas de aplicação de fertilizante, nos ensaios com fertilizantes específicos foram testados seis tratamentos de fertilização de 165 kg N/ha, utilizando fertilizantes ternários específicos com 20 % N, cinco deles com um fertilizante estabilizado com inibidor de nitrificação (A<sub>1</sub> a A<sub>5</sub>) e um com um fertilizante de libertação controlada de azoto (A<sub>6</sub>). Nos ensaios com fertilizantes clássicos foram testados cinco tratamentos de fertilização também com 165 kg N/ha, através de fertilizante azotado clássico, e um tratamento testemunha (A<sub>6</sub>), sem fertilização azotada. No campo de sequeiro, foi seguida a mesma metodologia de fracionamento de fertilizante, que consta no Quadro 4, tendo sido aplicados no total apenas 120 kg N/ha.

Durante os ensaios, os estádios fenológicos do trigo mole variedade ‘Antequera’ foram registados visualmente, de forma a realizar / adequar as práticas culturais às necessidades das plantas e ao estudo em causa (ex. datas de aplicação de fertilizantes, datas das fases críticas para rega na dotação DR2). O conhecimento da fenologia é uma ferramenta técnica importante, pois a identificação das características morfológicas e das condições fisiológicas (necessidades) das plantas possibilita o seu desenvolvimento normal e a obtenção de um maior rendimento com qualidade superior.



### **3.3 PRÁTICAS CULTURAIS EFECTUADAS NOS CAMPOS DE ENSAIOS**

Iniciou-se a preparação do terreno para receber o ensaio, com a aplicação de 2,5 l/ha de herbicida sistémico (s.a. isopropilamónio), com a uma passagem de escarificador e de uma passagem com vibrocultor para garantir a descompactação do solo e uma boa preparação da cama de sementeira. A sementeira e a fertilização de fundo foram efectuadas no dia 24 de Janeiro de 2017, utilizando um semeador de ensaios (marca Wintersteiger) de seis linhas com uma largura de trabalho de 1,2 m.

A fertilização de fundo foi realizada conforme os fracionamentos constantes no Quadro 4 nomeadamente:

- no ensaio de fertilizantes específicos (EEF), utilizaram-se, como atrás se referiu, fertilizantes ternários com 20 % N, nomeadamente um fertilizante estabilizado com inibidor de nitrificação (Entec 20-10-10) nos tratamentos A<sub>1</sub> a A<sub>5</sub> e um fertilizante de libertação controlada de azoto (Nergetic 20-8-10) no tratamento A<sub>6</sub>;
- no ensaio de fertilizantes clássicos aplicou-se como fertilizante azotado a Ureia 46 % e um fertilizante fosfopotássico (Amicote CV 44 0-20-17) por forma a fornecer as mesmas unidades de fósforo e de potássio aplicadas nos ensaios de fertilizantes específicos.

Durante as diferentes fases do ciclo cultural do trigo, conforme o fracionamento de N indicado no Quadro 4, foi efectuada a fertilização de cobertura através de aplicação manual. Nos ensaios com fertilizantes específicos aplicou-se metade do N na forma de Ureia 46 % e o restante com Nitroamoniaco 26 %, por forma a simular a Solução 32N. Nos ensaios com fertilizantes clássicos, o N foi aplicado utilizando o Nergetic 34 % na fase de afilhamento e, a partir do encanamento, utilizando a Ureia 46 % e o Nitroamoniaco 26 %, tal como nos ensaios de fertilizantes específicos.

A colheita realizou-se após da verificação da maturação do grão, na fase de desprendimento do grão, através de uma ceifeira-debulhadora de ensaios (Hege modelo 125C) com uma largura de trabalho de 1,35 m.

O itinerário técnico seguido incluiu a aplicação de diversos produtos fitofarmacêuticos para controlo dos inimigos da cultura, nomeadamente:

- herbicidas pós-emergência 0,5 l/ha de produto comercial (s.a. pinoxadena e cloquintocete-mexilo) e 30 g/ha de produto comercial (s.a. tribenurão na forma de éster metílico) e 0,5 l/ha de adjuvante de óleo de colza metilado;
- fungicida ao encanamento, 1 l/ha de produto comercial (s.a. picoxistrobina).

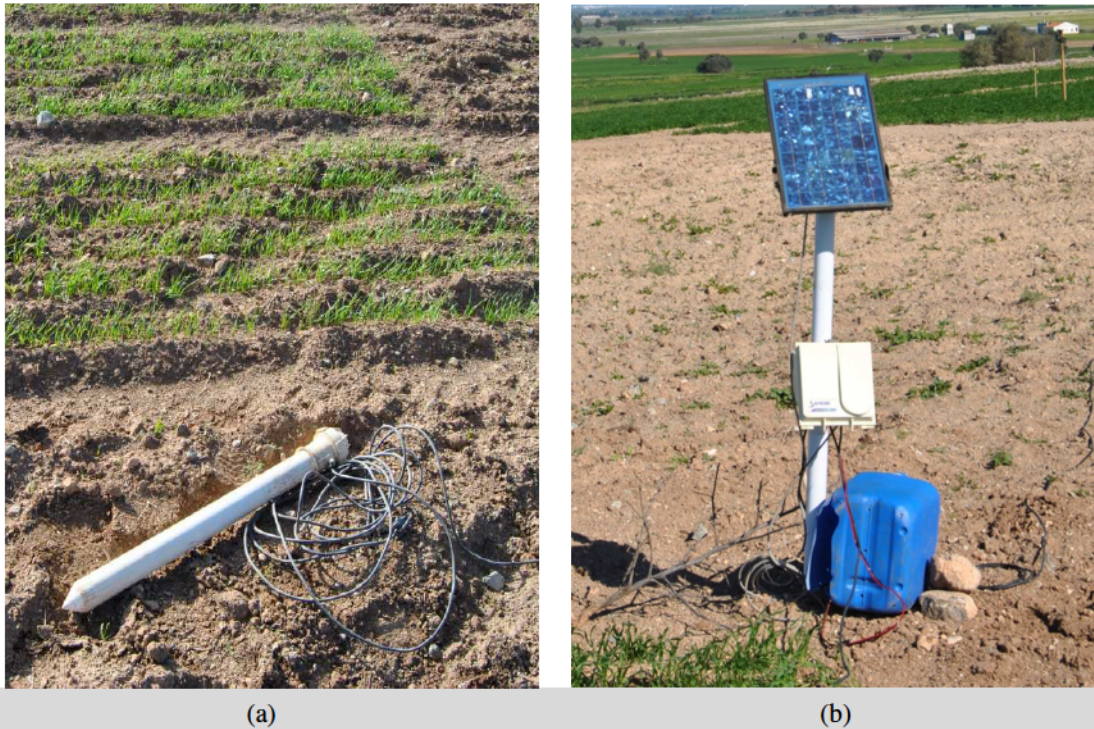
A aplicação de água foi realizada através de um sistema de rega por aspersão, utilizando um «center-pivot» Valley, constituído por quatro torres com um comprimento total de 157 m comandado por um painel de controlo e com emissores do tipo Spinner Amarelo. A gestão da rega foi baseada no calendário de rega obtido através do Modelo para Gestão da Rega no Alentejo (MOGRA - COTR). Este modelo visa dar apoio à decisão na gestão da rega com a disponibilização em tempo real de um calendário de rega óptimo, através da informação proveniente do SAGRA (COTR) e dos dados introduzidos pelo utilizador (tipo de cultura, solo, tecnologias de rega, etc.) (Maia *et al.*, *sd.*), seguindo a metodologia desenvolvida por Allen *et al.* (1998) e proposta pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO). No Quadro A.1 e A.2 no Anexo I visualiza-se os valores de ETc e o calendário de regas determinado pelo MOGRA (COTR) para as modalidades de rega ensaiadas. A frequência de rega é determinada para evitar que a planta entre em défice hídrico, ou seja, evitar que o teor de humidade do solo armazenado na zona radicular desça abaixo do défice de gestão permissível ou Reserva Facilmente Utilizável (RFU), correspondente à fracção da Reserva Utilizável (RU) que a planta utiliza em conforto hídrico e dada por:

$$RFU = RU \times p \quad (2)$$

onde  $p$  é o parâmetro de gestão de rega da cultura ( $p = 55\%$  na fase inicial e  $p = 50\%$  após a fase inicial) (Allen *et al.*, 1998). Na modalidade de rega DR1, as necessidades em rega foi determinadas de forma a satisfazer completamente as necessidade hídricas da plantas (100 % ETc) em cada momento, seguindo uma estratégia de rega de conforto hídrico, enquanto na modalidade de rega DR2 as necessidades hídricas das plantas são totalmente satisfeitas somente nas fases críticas do ciclo da cultura (100 % ETc nas fases críticas), seguindo uma estratégia de rega deficitária.

### 3.4 MONITORIZAÇÃO DA DINÂMICA DE ÁGUA NO SOLO E DO ESTADO FISIOLÓGICO DA PLANTA

Para medição do teor de humidade no solo foram colocadas duas sondas capacitativas Enviroscan (Sentek) (Figura 8 (a)), uma modalidade de rega DR1 e outra na modalidade de rega DR2. Este tipo de sondas, em conjunto com o sistema de aquisição de dados (datalogger Sentek) e uma fonte de energia (bateria recarregável por painel solar), possibilita a leitura, armazenamento em contínuo, automático e autónomo de informação sobre a humidade do solo (Figura 8 (b)). As sondas utilizadas são constituídas por um conjunto de cinco sensores colocados a diferentes profundidades (10, 20, 30, 40 e 50 cm) que medem continuamente a constante dielétrica do solo, ou seja, a capacidade ou permitividade eléctrica do complexo solo - água - ar e, conseqüentemente medem de forma indirecta o seu teor de humidade (Oliveira & Nunes, 2003). Ou seja, os sensores deste tipo de sondas geram no solo um campo eléctrico de alta frequência de modo a detectar alterações nas suas propriedades dieléctricas. A variação da constante dielétrica ( $K_a$ ) dos diferentes materiais (a 20 °C,  $K_a$  do ar = 1;  $K_a$  da água = 80 e  $K_a$  do solo = 4) altera a frequência entre o sinal emitido e reflectido. Quanto maior a humidade do solo, maior será  $K_a$  e, conseqüentemente, menor será a frequência. Quanto maior for teor de humidade do solo maior será a capacitância medida pela sonda Enviroscan. Ambas sondas foram instaladas durante os estádios fenológico de emergência (2 - 3 folhas) no centro da parcela, na entre-linha, mas o mais perto possível à linha de plantas tendo o cuidado de evitar que as raízes das plantas interferissem na medição. Para garantir um bom contacto entre o solo e as sondas e, conseqüentemente, medições correctas, foi utilizado o método de instalação com “papa”. Isto é, procedeu-se ao humedecimento do solo previamente crivado com um crivo de malha 2 mm de modo a formar uma lama ou “papa” que se ajustou ao tubo de instalação da sonda, evitando zonas de ar, sem solo, no raio de medição dos sensores (Oliveira & Nunes, 2003).



**Figura 8. Sonda capacitativa Enviroscan (Sentek) (a) e o seu sistema de aquisição de dados (b).**

De forma complementar as leituras do teor humidade do solo realizadas pelas sondas Enviroscan foram também posicionados em todas as parcelas A<sub>2</sub> (tratamento de fracionamento/período de aplicação do fertilizante) um total de dezoito tubos de acesso para medições pontuais com uma sonda Delta-T Profile Prob-PR1 (PR1) (Figura 9 (a)). A sonda PR1 possui quatro sensores a diferentes profundidades (10, 20, 30 e 40 cm) (Figura 9 (b)) e trata-se de uma sonda do tipo capacitivo, tal como a sonda Enviroscan. As leituras foram registradas no medidor portátil HH2 semanalmente desde do dia 27 Fevereiro até ao dia 28 de Junho de 2017. O posicionamento e a instalação dos tubos de acesso foram idênticos ao das sondas Enviroscan e seguindo as orientações técnicas do Guia de Rega 1.8 (Dias, 2003).



(a)



(b)

**Figura 9. Tubo de medição n.º 13 (a) e a sonda PR1 (Delta-T) com o medidor portátil (b).**

A calibração das sondas realizou-se através do método gravimétrico. Este é um método que permite correlacionar os valores medidos pelos equipamentos e os teores de humidade reais do solo, tendo em consideração as propriedades específicas do sistema solo - água dos solos do ensaio. Este procedimento garante uma maior precisão das leituras dos equipamentos. Para isso, foram seleccionados, de entre as bordaduras do ensaio, três locais representativos de toda a área de ensaio, para extrair amostras de solo a diferentes profundidades. A cada um dos locais de teste de medição equipamento /extracção de amostras, foram simulados três estádios de humidade no solo (solo seco, intermédio e saturado), para garantir que os teores de humidade medidos (equipamento) e reais (determinados em laboratório) são representativos de toda gama de humidade passível de ser observada (Fabião, 2003). A calibração de campo das sondas foi feita seguindo as orientações do Guia de Rega 1.7 (Fabião, 2003). No campo de ensaio, as amostras foram retiradas através de uma Sonda manual do tipo trado e realizaram-se as leituras com os equipamentos (duas sondas Enviroscan e a PR1) a diferentes profundidades (10, 20, 30, 40 e 50 cm). Nos diferentes equipamentos também se procedeu às leituras no ar e água (meios padrão) para posteriormente proceder à normalização das medições e assim garantir que existe correlação entre leituras, caso seja necessário substituir algum dos sensores ou este venha a perder as suas

características (Oliveira & Nunes, 2003). A contagem normalizada, CN (-) é obtida através da seguinte equação:

$$CN = \frac{C_a - C_s}{C_a - C_w} \quad (3)$$

sendo  $C_a$  a leitura/contagem da sonda no ar;  $C_s$  a leitura da sonda no solo e  $C_w$  a leitura da sonda em água.

Já em laboratório foi determinado o teor de humidade real das amostras através do método gravimétrico: as amostras foram pesadas, numa Balança de precisão, antes (peso húmido) e após (peso seco) secagem em Estufa a 105 °C até atingir peso constante. Assim, o teor de humidade volumétrico, Hv (%) é calculado através da seguinte equação:

$$Hv = \left( \frac{P_{h+tara} - P_{s+tara}}{P_{s+tara} - Tara} \times D_{ap} \right) \times 100 \quad (4)$$

onde  $P_{h+tara}$  é o peso de solo húmido mais a tara (g);  $P_{s+tara}$  é o peso de solo seco mais a tara (g); Tara é o peso da tara de cilindro de recolha de amostra de solo (g) e  $D_{ap}$  é a densidade aparente da amostra de solo ( $g/cm^3$ ). Com as leituras normalizadas e os teores de humidade reais é possível construir uma curva de calibração do tipo:

$$Hv = a \times CN^b + c \quad (5)$$

Para cada um dos equipamentos, considerando assim as especificidades das parcelas a monitorizar (a; b; c são parâmetros da equação).

Na fase de grão leitoso/pastoso (23 de Maio) foram realizadas medições do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) e do índice SPAD ('Soil Plant Analysis Development') nas parcelas dos tratamentos de rega para monitorização do estado fisiológico das plantas. Para a determinação do NDVI foi utilizado um sensor óptico portátil designado por «GreenSeeker». Este sensor emite pulsos de luz vermelha e infravermelha e mede a quantidade de cada tipo de luz que é reflectida a partir da planta (Trimble, 2008). A quantidade de luz detectada indica, instantaneamente, o vigor e a saúde das plantas (Trimble, 2008). Quanto maior for a este índice vegetativo, que pode

variar entre 0,00 - 0,99, mais saudável ou com maior biomassa se encontra a cultura. Para determinação do índice SPAD ('Soil Plant Analysis Development') foi utilizado o medidor portátil «Minolta SPAD-502». Este equipamento emite radiação no comprimento de onda onde ocorre a absorção de luz pela molécula de clorofila (650 nm, luz vermelha) e no comprimento de onda onde não há absorção (940 nm, infravermelho), quando a luz passa através da folha atinge um receptor que converte a luz transmitida em sinais digitais que são utilizados para calcular os valores SPAD (Zuffo *et al.*, 2012). Diversos estudos (Pôrto *et al.*, 2011 e Zuffo *et al.*, 2012) sustentam que esta quantificação da intensidade do verde na folha é altamente correlacionável com o teor de clorofila e pode identificar carências de azoto. A medição do índice SPAD foi obtida através da leitura média de 10 folhas recolhidas aleatoriamente das linhas centrais das parcelas. Os indicadores de NDVI e SPAD permitem uma avaliação rápida, prática e em tempo real e facilitam a tomada de decisão sobre a quantidade de fertilizante azotado a ser aplicado, permitindo um uso mais eficiente deste factor de produção. A população produtiva, ou seja, o número de espigas por metro quadrado ( $n.^{\circ}$  espigas/m<sup>2</sup>) foi determinada a partir da média aritmética de duas contagens numa área de 0,2 m<sup>2</sup> em pontos distintos da mesma parcela. Por sua vez, o número de grãos por espiga ( $n.^{\circ}$  grãos/espiga) foi calculado através da seguinte equação:

$$n.^{\circ} \text{ grãos/espiga} = \frac{\left(\frac{\text{Prod}}{\text{Peso}_{1000}}\right) \times 100}{n.^{\circ} \text{ espigas/m}^2} \quad (6)$$

Sendo a Prod a produção de grão (kg/ha); Peso<sub>1000</sub> o peso de 1000 grãos (g) e  $n.^{\circ}$  espigas/m<sup>2</sup> o número de espigas por metro quadrado (-).

### 3.5 MÉTODOS E ANÁLISES LABORATORIAIS

Para determinar a produção e componentes da produção de grão e avaliar a qualidade do grão obtido em cada uma das parcelas/tratamentos procedeu-se, em laboratório, à determinação do teor de proteína e de humidade em percentagem de matéria seca (% SS), da massa do hectolitro (kg/hl), do peso de 1000 grãos (g) e à pesagem do grão colhido em cada uma das parcelas (kg semente/parcela). Para determinar o teor de

proteína e de humidade do grão recorreu-se ao analisador de grão Infratec™ 1241 da Foss (Figura 10 (a) e (b)). Este equipamento determina quantitativamente os constituintes moleculares da amostra utilizando a Espectroscopia de Infravermelho Próximo (NIR), ou seja, através da detecção da radiação que é absorvida pelas ligações vibracionais moleculares dos grãos de trigo, na região espectral do infravermelho próximo (800 - 2500 nm). A quantidade de um composto é determinada através da curva de calibração (intensidade de absorção *versus* concentração), obtida a partir de amostras com concentrações conhecidas desse composto. Com as leituras do espectrofotómetro e as curvas de calibrações internas do aparelho (WH082126) foi possível calcular o teor de proteína e de humidade nos grãos de trigo mole, repetindo-se as leituras sempre que necessário, de forma a obter um desvio inferior 0,1 % SS entre as medições da mesma amostra.

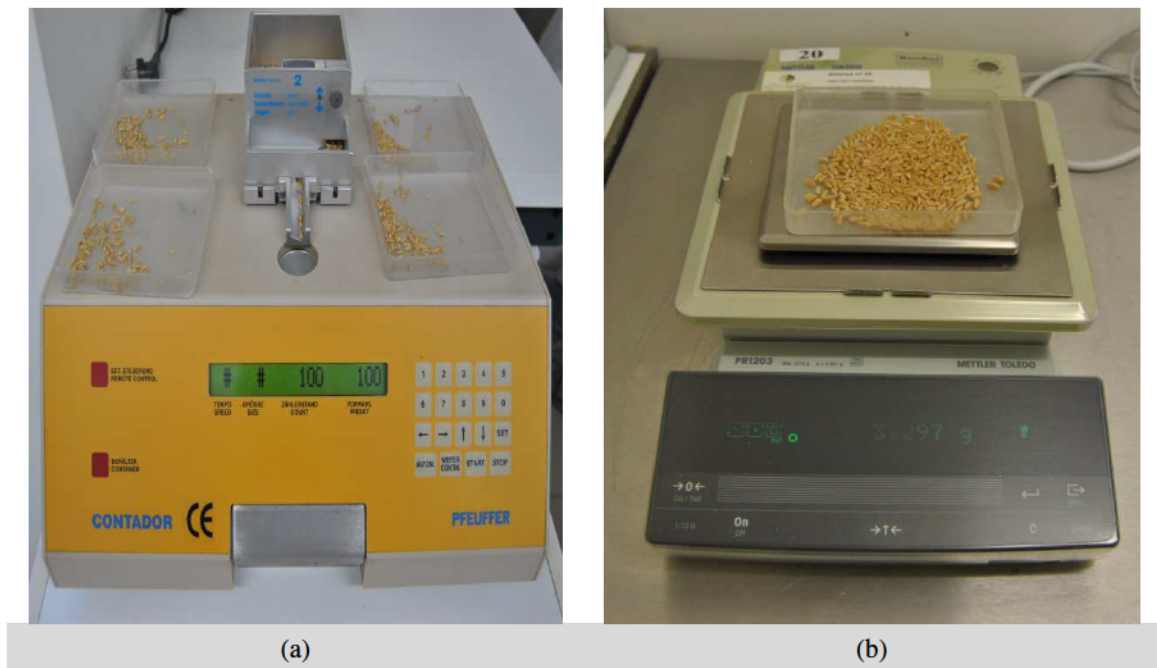


**Figura 10. Amostra de grão do tratamento A<sub>3</sub> com fertilizantes clássicos em sequeiro e o Analisador de grãos Infratec™.**

O peso de 1000 grãos (g) é calculado através de uma extrapolação linear do peso médio de 100 grãos. Para isso, foi utilizado um contador de sementes da marca Pfeuffer para realizar quatro contagens precisas de 100 sementes por amostra e uma balança de precisão PR1203 da Mettler Toledo (Figura 11 (a) e (b)) para determinar o seu respectivo peso. As amostras de sementes foram previamente limpas e em todas as



contagens foram verificadas e descartadas as semente danificadas e outras impurezas (sementes de outras espécies, glumas, aristas, etc.).



**Figura 11. Contador de Sementes Pfeuffer e Balança PR1203.**

A massa do hectolitro (kg/hl) foi determinada seguindo o procedimento da Norma Portuguesa para a determinação da massa volúmica em cereais (NP 988, 1993) do Instituto Português da Qualidade, utilizando um instrumento padrão designado por ‘Chondrometer’ da marca Ele (Figura 12) e uma balança de precisão. A amostra (1 kg) de grãos limpa é colocada neste instrumento padrão, que concentra (sem espaços vazios) e remove o grão excedente num cilindro que é posteriormente pesado. Sabendo o peso dos grãos que estão no interior do cilindro do instrumento padrão, a massa do hectolitro é calculada através da Tabela de Calibração (peso da amostra do trigo (g) *versus* massa do hectolitro (kg/hl)).



**Figura 12. 'Chondrometer' da Ele.**

A pesagem dos grãos colhidos em cada uma das parcelas (kg sementes/parcela) foi feita com a balança de plataforma Kern DE 120K10A e simultaneamente foi determinada a sua percentagem de humidade no momento da colheita com o medidor de humidade portátil Dickey-John M-3G. Estes dados foram posteriormente convertidos em quilogramas por hectare (kg/ha) e uniformizados para 12 % de humidade, de forma a retirar a influência do peso da água do peso do grão, antes do tratamento estatístico dos dados.

### **3.6 TRATAMENTO DOS DADOS EXPERIMENTAIS**

O tratamento estatístico dos dados experimentais realizou-se através do software Statistix, versão 8, da Analytical Software (Florida, EUA) e do Office Excel da Microsoft (Washington, EUA). Estes softwares permitiram a criação dos modelos de regressão linear e não linear, a sua representação gráfica, assim como também, permitiram a realização de estatística descritiva (médias, desvio-padrão, etc.), de análises de variância (ANOVA, do tipo «split-plot») e de testes de comparação de médias (Tukey) dos dados, para um determinado nível de significância ( $\alpha = 0,05$ ).

## **4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS**






### **4.1 FENOLOGIA, ÍNDICES DE VEGETAÇÃO E DE CLOROFILA**






#### **4.1.1 ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DO TRIGO MOLE ('ANTEQUERA') PERANTE DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE FERTILIZAÇÃO E DE REGA**

O estudo da fenologia do trigo mole 'Antequera' perante diferentes estratégias de fertilização azotada e de rega foi realizado através de observações visuais. No Quadro 5 é possível verificar os estádios fenológicos do ciclo de desenvolvimento do trigo e as respectivas datas durante o decorrer dos ensaios. Em termos das diferentes estratégias de fertilização não foi possível constatar visualmente diferenças significativas nos estádios fenológicos do trigo mole, quando se comparou os diferentes fracionamentos/época de aplicação de azoto para os fertilizantes específicos e entre os diferentes tratamentos de fertilização e a parcela A<sub>6</sub> (testemunha) nos fertilizantes clássicos. No decorrer do processo germinativo também não se observaram diferenças significativas perante os diversos fracionamentos de azoto.

**Acevedo et al.** (2002) observam nalguns génotipos de trigo de Primavera e de Inverno uma duração do ciclo vegetativo entre 100 a 130 dias. Já **Calado et al.** (2007) constataam que algumas cultivares, no clima Mediterrânico, levam entre 125 a 145 dias desde da sementeira até ao espigamento. Enquanto **INIAV et al.** (2017) e (2018) verificaram em dois anos consecutivos de ensaios, que a variedade 'Antequera' possui, em média, um ciclo da sementeira ao espigamento de 123 a 129 dias. Nestes ensaios observou-se, em média, um período de 83 - 91 dias entre a sementeira e o espigamento, tendo-se verificado espigamento mais precoce nos ensaios de sequeiro. A 'Antequera' é uma variedade com espigamento médio - precoce, os valores médios obtidos são concordantes com esta classificação.

**Quadro 5. Estádios fenológicos do trigo durante os ensaios.**

Estádios Fenológicos	Data	Observações
Sementeira		24 Janeiro 2017  No Seq foi efectuada 2 dias depois. Densidade de sementeira dos 3 campos de ensaio: 400 sementes germinadas/m <sup>2</sup> .
Emergência		2 Fevereiro 2017  No Seq ocorreu no dia seguinte.
Afilhamento		1 Março 2017
<b>Fim de afilhamento e início de encanamento - Fase crítica de défice hídrico</b>		
Encanamento		25 Março 2017  No Seq ocorre a 20 Março 2017.
Emborrachamento		14 Abril 2017  No Seq ocorre a 11 Abril 2017.

Emergência da espiga		24 Abril 2017	No Seq ocorre a 17 Abril 2017.
<b>Início de floração - Fase crítica de déficit hídrico</b>			
Floração/Ântese		27-28 Abril 2017	Na DR1 ocorreu 1 dia antes. No Seq observa-se antecipação do espigamento nas parcelas de fertilização específica (22 Abril 2017).
Enchimento (Grão leitoso)		19 Maio 2017	No Seq verifica-se a 8 Maio 2017.
<b>Estádio de grão leitoso/pastoso - Fase crítica de déficit hídrico</b>			
Enchimento (Grão leitoso/pastoso)		23 Maio 2017	No Seq ocorre a 15 Maio 2017.
Maturação fisiológica (Grão duro)		14 Junho 2017	Ocorre no Seq a 31 Maio 2017. E no DR2 ocorre a 9 Junho 2017.

---

Colheita



30 Junho 2017

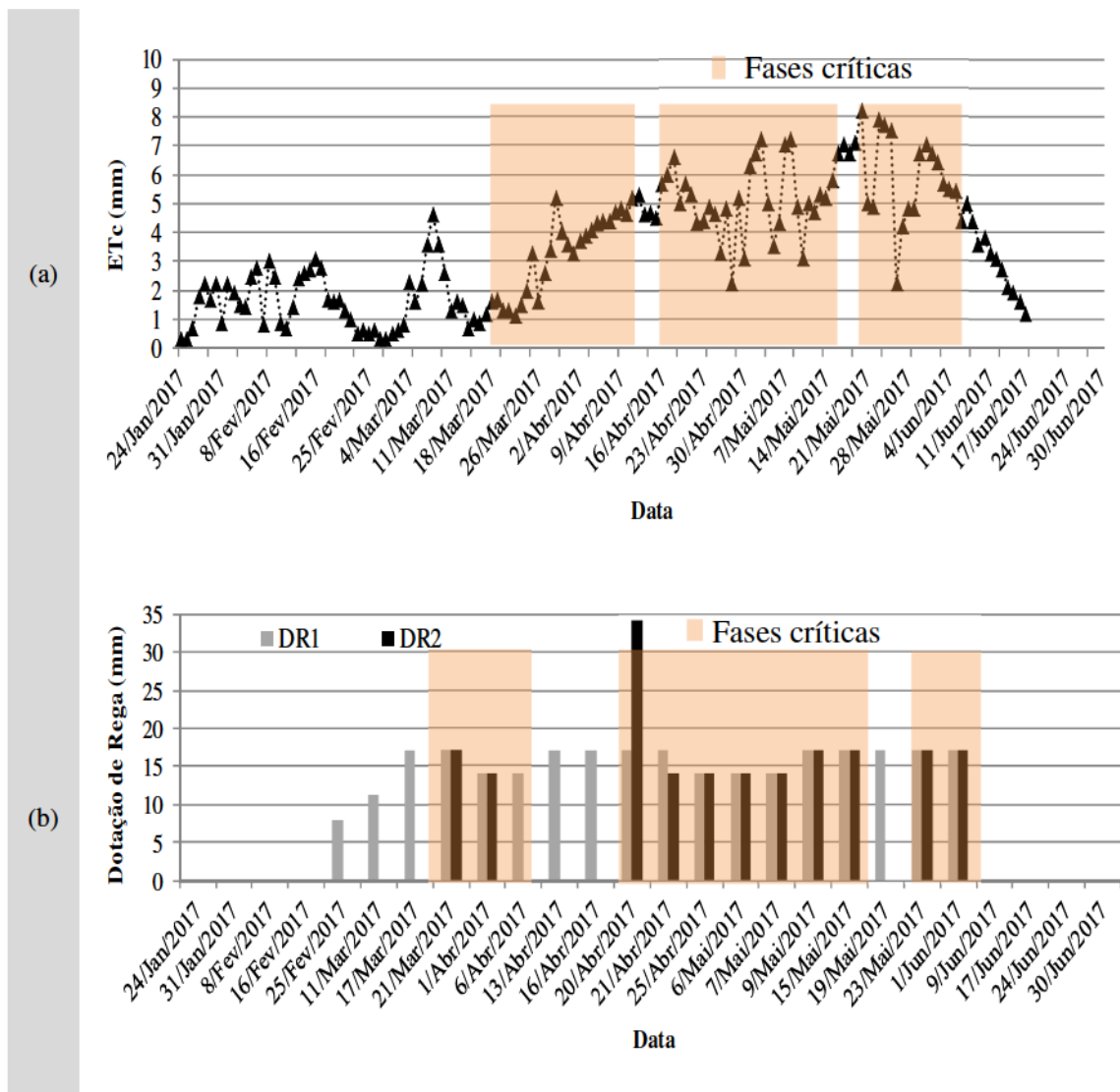
---

O desenvolvimento de qualquer cultura é um processo condicionado por factores ambientais abióticos (temperatura, humidade, fotoperíodo, níveis de O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> e N, compactação do solo, etc.) e bióticos (fungos, bactérias do solo, etc.), genéticos (variedade) e agronómicos (data e densidade de sementeira, etc.). Tendo em consideração a complexidade deste processo, este adiantamento pode dever-se ao facto de a partir de Março de 2017 se ter verificado uma subida acentuada da temperatura média (10 para 33 °C, Março - Julho) (Figura 7), favorável para germinação e desenvolvimento do trigo (12 - 25 °C, **Acevedo et al.**, 2002). A distribuição e quantidade de precipitação (Figura 7) que ocorreu entre Março e Julho, pode também ter contribuído para um ciclo mais precoce no sequeiro, pois verificou-se uma diminuição brusca da precipitação, ou seja, de fornecimento de água, estimulando o espigamento e maturação das plantas nestes ensaios. Assim, o stress hídrico pode ter contribuído para uma senescência precoce, nos ensaios de sequeiro (antecipando a data da sua maturação fisiológica).

Por outro lado, nos ensaios de regadio, as regas praticadas podem ter evitado que a textura pesada (argilosa e franco-argilosa) dos solos tivesse uma contribuição negativa no processo de desenvolvimento das raízes, devido à contracção das argilas.

Relativamente à utilização de diferentes tipos de fertilizantes, apenas se verificou no sequeiro uma ligeira antecipação do estágio fenológico de floração nas parcelas onde foram aplicados os fertilizantes específicos (Quadro 5), no entanto, esta antecipação deixa de ser notória à medida que a cultura se foi desenvolvendo. Em termos das diferentes estratégias de rega, observa-se um ligeiro adiantamento no sequeiro em relação às modalidades regadas na fase de encanamento. É também nesta fase, a partir do mês de Março de 2017, que se vai verificar um aumento da temperatura média, uma diminuição drástica da precipitação e por consequência um aumento da evapotranspiração de referência (Figura 7 (a) e (b)) e da evapotranspiração cultural

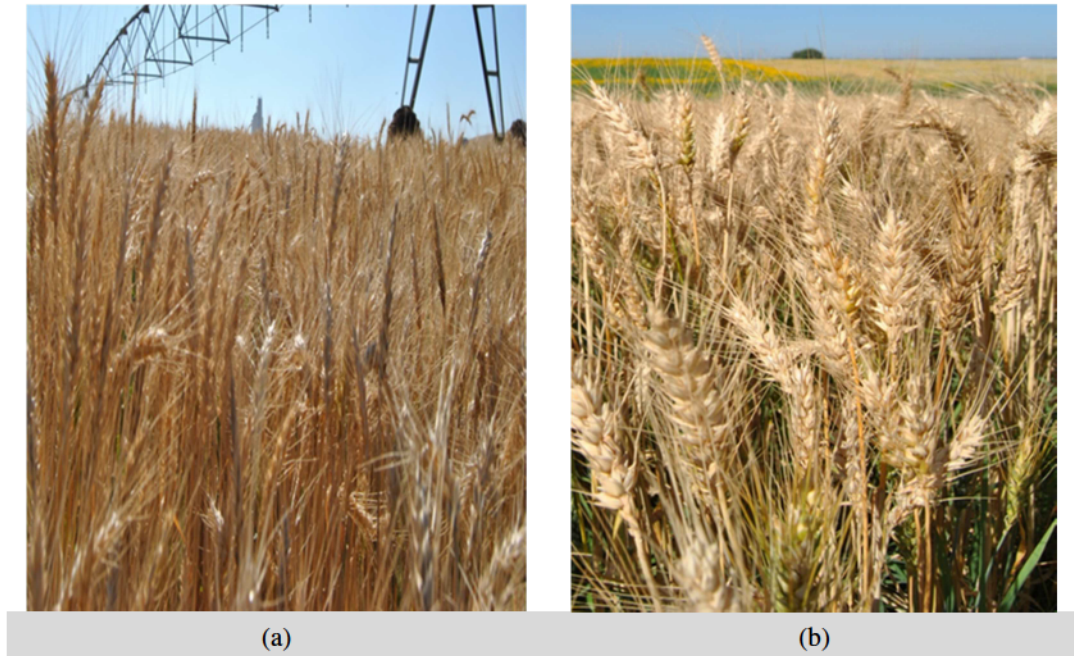
(Figura 13 (a) e Quadro A.1 no Anexo I), durante um grande período de tempo. Esta ocorrência climática evidenciou as diferenças entre as várias estratégias de rega. Este adiantamento do ciclo vegetativo acentuou-se ao longo dos estádios fenológicos seguintes, até mesmo no mês de Maio de 2017 onde se verificou uma descida da temperatura média e um aumento ligeiro da precipitação (Figura 7 (a)).



**Figura 13. Evolução da evapotranspiração cultural (ETc) (a) e calendarização e dotações de rega aplicadas nas estratégias de rega DR1 e DR2 ao longo do ensaio (Fonte: Adaptado de COTR/SAGRA, 2017).**

Nos estádios finais, verificou-se uma antecipação em DR2 em relação à modalidade DR1 que se tornou bastante evidente na fase de maturação fisiológica, pois a 9 de Junho de 2017 já se observava em DR2 (Figura 14 (a)) as espigas e sementes completamente

secas (grão duro), enquanto em DR1 ainda foi possível identificar algumas espigas de coloração amarelo-esverdeado e os grãos ainda apresentavam alguma humidade (Figura 14 (b)).



**Figura 14. Espigas nos ensaios de rega DR2 (a) e DR1 (b) a 9 de Junho de 2017.**

Este fenómeno pode dever-se ao facto de, no início da fase de floração, ter sido realizada em DR2 uma rega substancial (34,08 mm, Figura 13 (b) e Quadro A.2 no Anexo I) e de ao longo desta fase crítica ter-se mantido a rega ao mesmo nível do ensaio DR1 (100 % ETc). Para além disso, no fim da fase crítica de floração, na modalidade DR2 impôs-se a um período de ausência de rega (Figura 13 (b)) quando a evapotranspiração cultural se encontrava em tendência crescente até ao seu registo máximo diário (8,20 mm, Figura 13 (a) e Quadro A.1 no Anexo I). Este stress hídrico pode ter contribuído favoravelmente, estimulado o trigo em DR2 a antecipar o seu processo de maturação relativamente ao trigo na modalidade DR1.

#### **4.1.2 ÍNDICES DE VEGETAÇÃO E DE CLOROFILA**

Os índices NDVI e SPAD são dois indicadores que permitem *in situ* e de forma expedita conhecer o índice vegetativo, o teor de clorofila e através de rectas de



calibração pode-se até aferir o teor de N da cultura. Estes dois parâmetros associados ao conhecimento do estádios fenológicos, dos sintomas de doenças e pragas da cultura possibilitam a tomada de decisão, atempada, sobre o momento de fertilizar e/ou de implementar meios de luta contra os inimigos da cultura. Em sequeiro não foi possível realizar uma determinação correcta dos índices de NDVI e SPAD, pois as plantas já se encontravam numa fase de maturação mais avançada (níveis baixos de clorofila) à data em que foram realizadas as medições destes dois parâmetros (23 Junho). No Anexo II, Quadro A.3 e A.4 é possível visualizar a estatística descritiva de todos os parâmetros estudados nos ensaios com fertilizantes específicos e clássicos, respectivamente. No Quadro 6 visualiza-se o valor médio e desvio-padrão dos índices NDVI e SPAD, assim como os valores máximos e mínimos verificados nos ensaios com fertilizantes específicos e clássicos.

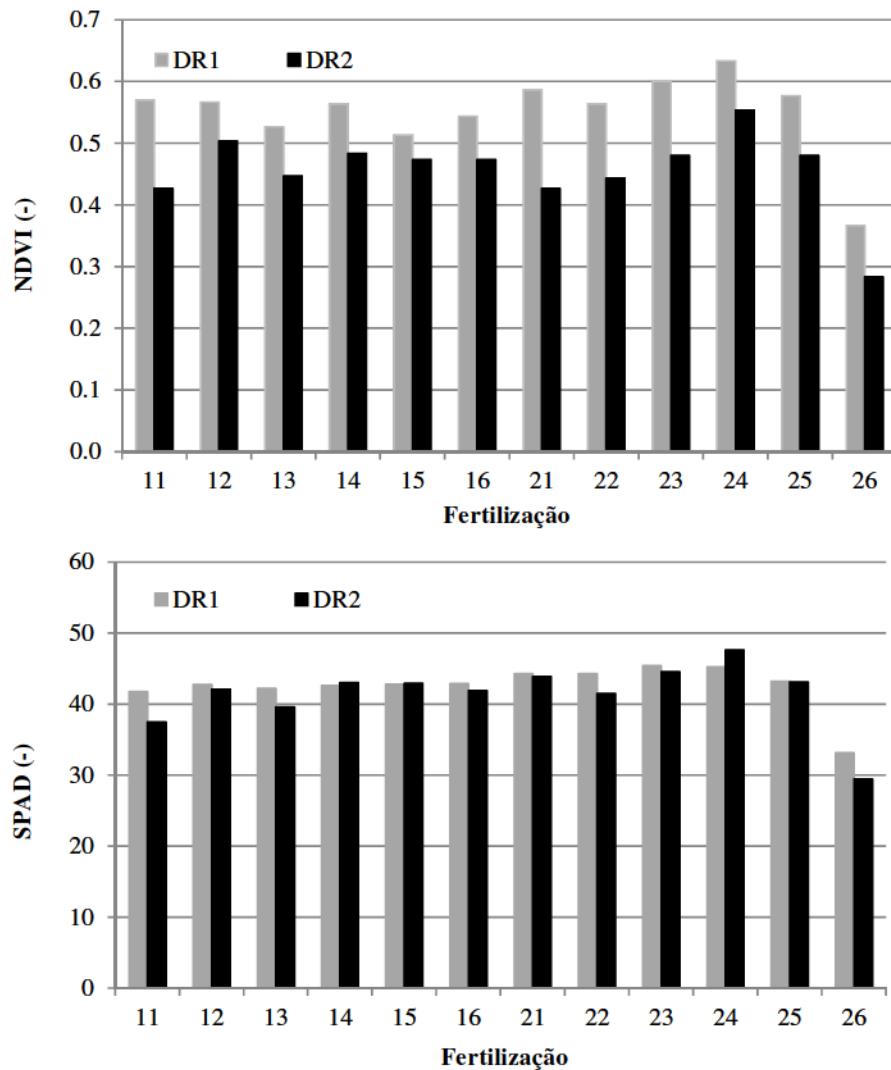
**Quadro 6. Valor médio, desvio-padrão, máximo e mínimo verificado para o índice NDVI e a leitura SPAD.**

		NDVI (-)	SPAD (-)
<b>Fertilizantes Específicos</b>	<b>Dotação de rega 1 (DR1)</b>		
	Média ± Desvio padrão	0,55 ± 0,04	42,51 ± 1,73
	Máximo	0,61	45,10
	Mínimo	0,44	39,00
	<b>Dotação de rega 2 (DR2)</b>		
	Média ± Desvio padrão	0,47 ± 0,04	41,14 ± 3,92
	Máximo	0,53	47,20
	Mínimo	0,38	33,50
<b>Fertilizantes Clássicos</b>	<b>Dotação de rega 1 (DR1)</b>		
	Média ± Desvio padrão	0,55 ± 0,09	42,58 ± 4,70
	Máximo	0,66	47,90
	Mínimo	0,33	30,70
	<b>Dotação de rega 2 (DR2)</b>		
	Média ± Desvio padrão	0,42 ± 0,11	40,05 ± 7,47
	Máximo	0,59	48,70
	Mínimo	0,24	25,20

Com a utilização de fertilizantes específicos e clássicos os índices NDVI e SPAD mostram aumentos, em termos médios, quando se deixa de regar só nas fases críticas da cultura (DR2) e se passa a regar sempre que é necessário satisfazer as necessidades hídricas das plantas, ou seja, em DR1. Em termos de alteração do tipo de fertilizante, estes dois parâmetros apresentam valores médios semelhantes para DR1, mas para DR2 a utilização de fertilizantes específicos faz com que a média de NDVI e de SPAD sejam superiores, do que com os fertilizantes clássicos. Nos ensaios de regadio, os resultados médios de NDVI indicam que a cultura se encontra numa fase intermédia ( $0,42 \pm 0,11$  -  $0,55 \pm 0,09$ ) do índice vegetativo, apresentando um valor máximo de 0,66 nos ensaios de DR1 com fertilizantes clássicos. Na Figura 15 é possível visualizar os valores médios obtidos para os índices NDVI e SPAD nas diferentes estratégias de fertilização e de rega, simultaneamente.

Em termos médios, o índice vegetativo da cultura é superior na modalidade DR1 em relação a DR2. A aplicação dos fracionamentos A<sub>1</sub> e A<sub>2</sub> nos fertilizantes específicos e do fracionamento A<sub>4</sub> nos fertilizantes clássicos permite um maior desenvolvimento vegetativo médio da cultura, respectivamente. Já os resultados médios do índice SPAD nas duas modalidades de rega revelam que, DR1 e DR2 produzem o mesmo efeito na clorofila da cultura, com a excepção do fracionamento A<sub>6</sub> nos fertilizantes clássicos em que se obtiveram piores resultados. Em termos de estratégia de fertilização, as leituras SPAD revelaram-se, também semelhantes para os dois tipos de fertilizantes, com a excepção do fracionamento A<sub>6</sub> nos fertilizantes clássicos.

Para determinar se um existe efeito significativo entre as estratégias de fertilização e de rega e na sua interacção (fertilização × rega) sobre as todas as variáveis em estudo recorreu-se à análise de variância (ANOVA) para testar as diferenças entre as médias das várias amostras (Quadros A.5, A.7, A9 e A11 no Anexo II).



**Legenda:**

DR1: Dotação de Rega 1

DR2: Dotação de Rega 2

Fertilização: Fracionamento de fertilizante

11: Fertilizantes específicos tratamento A<sub>1</sub>

12: Fertilizantes específicos tratamento A<sub>2</sub>

13: Fertilizantes específicos tratamento A<sub>3</sub>

14: Fertilizantes específicos tratamento A<sub>4</sub>

15: Fertilizantes específicos tratamento A<sub>5</sub>

16: Fertilizantes específicos tratamento A<sub>6</sub>

21: Fertilizantes clássicos tratamento A<sub>1</sub>

22: Fertilizantes clássicos tratamento A<sub>2</sub>

23: Fertilizantes clássicos tratamento A<sub>3</sub>

24: Fertilizantes clássicos tratamento A<sub>4</sub>

25: Fertilizantes clássicos tratamento A<sub>5</sub>

26: Fertilizantes clássicos tratamento A<sub>6</sub>

**Figura 15. Valores médios obtidos nos índices de NDVI<sup>1</sup> e SPAD nas diferentes estratégias de fertilização e de rega.**

A análise de variância permite determinar se existem ou não diferenças entre as médias dos tratamentos, no entanto, não indica quais das médias são significativamente diferentes. Para isso é necessário realizar um teste de comparação de médias. Dentre os

<sup>1</sup> Ponto (.) utilizado para separar as casas decimais.

vários métodos de comparação de médias foi seleccionado o teste de Tukey para um nível de significância ( $\alpha$ ) de 5 % (Quadros A.6, A.8, A.10 e A.12 no Anexo II). Na análise de variância dos ensaios com fertilizantes clássicos foi excluída a amostra A<sub>6</sub>, pois como se trata do tratamento testemunha (sem fertilização) é considerado como um ‘outlier’ que pode interferir com os resultados e induzir em erro. No Quadro 7 é possível visualizar que efectivamente não existem diferenças significativas entre as duas modalidades de rega, os valores médios dos índices NDVI e SPAD são estatisticamente semelhantes, nos ensaios com fertilizantes específicos. Os resultados médios obtidos para a utilização de fertilizantes específicos, mostram também que não existe diferenças estatisticamente significativas entre os diferentes fracionamentos / época de aplicação de N. Relativamente, aos factores rega / fertilização azotada este são independentes, pois não existe interacção entre eles.

**Quadro 7. Efeito da estratégia de rega e de fracionamento de azoto nos índices NDVI e SPAD, nos ensaios com fertilizantes específicos.**

Factor de variação	NDVI (-)	SPAD (-)
<b>Estratégia de rega</b>		
DR1	0,55 <sup>a</sup>	42,51 <sup>a</sup>
DR2	0,47 <sup>a</sup>	41,14 <sup>a</sup>
<b>Fracionamento</b>		
A <sub>1</sub>	0,50 <sup>a</sup>	39,63 <sup>a</sup>
A <sub>2</sub>	0,54 <sup>a</sup>	42,42 <sup>a</sup>
A <sub>3</sub>	0,49 <sup>a</sup>	40,88 <sup>a</sup>
A <sub>4</sub>	0,52 <sup>a</sup>	42,80 <sup>a</sup>
A <sub>5</sub>	0,49 <sup>a</sup>	42,85 <sup>a</sup>
A <sub>6</sub>	0,51 <sup>a</sup>	42,37 <sup>a</sup>
<b>Interacção</b>	n.s.	n.s.

**Nota:** Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre médias para cada factor de variação, de acordo com o teste Tukey para P-value < 0,05.  
n.s.: Não significativo; \*: Significativo para P-value < 0,05

Nos ensaios com fertilizantes clássicos os resultados da ANOVA e Tukey (Quadro 8) revelam que existem diferenças significativas entre as duas modalidades de rega, para o índice NDVI. A melhor estratégia para obter um índice vegetativo médio mais elevado

(0,59) é a modalidade DR1. Para o índice de clorofila da cultura, não se observam diferenças estatisticamente significativas entre as duas estratégias de rega, quando se utiliza fertilizantes clássicos. Relativamente à estratégia de fertilização azotada, constata-se que os valores médios de NDVI e SPAD são estatisticamente semelhantes entre fracionamentos diferentes, nos ensaios com fertilizantes clássicos. E tal como na utilização de fertilizantes específicos, com os clássicos também não se observa interacção entre as estratégias de rega e de fertilização azotada.

**Quadro 8. Efeito da estratégia de rega e de fracionamento de azoto nos índices NDVI e SPAD, nos ensaios com fertilizantes clássicos.**

Factor de variação	NDVI (-)	SPAD (-)
<b>Estratégia de rega</b>		
DR1	0,59 <sup>a</sup>	44,47 <sup>a</sup>
DR2	0,45 <sup>b</sup>	42,17 <sup>a</sup>
<b>Fracionamento</b>		
A <sub>1</sub>	0,51 <sup>a</sup>	44,37 <sup>a</sup>
A <sub>2</sub>	0,52 <sup>a</sup>	43,62 <sup>a</sup>
A <sub>3</sub>	0,54 <sup>a</sup>	44,50 <sup>a</sup>
A <sub>4</sub>	0,54 <sup>a</sup>	43,43 <sup>a</sup>
A <sub>5</sub>	0,49 <sup>a</sup>	40,70 <sup>a</sup>
<b>Interacção</b>	n.s.	n.s.

**Nota:** Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre médias para cada factor de variação, de acordo com o teste Tukey para P-value < 0,05.  
n.s.: Não significativo; \*: Significativo para P-value < 0,05

## 4.2 DINÂMICA DA ÁGUA DO SOLO

A avaliação da evolução da água do solo nestes ensaios foi realizada através da monitorização o teor de humidade do solo com recurso a três sondas capacitativas, duas sondas Enviroscan com medições contínuas e uma sonda Delta-T PR1 com leituras pontuais semanais. Para garantir uma maior precisão/adequação das leituras obtidas por estas sondas aos solos dos ensaios foi realizada a sua calibração, recorrendo à determinação do teor de humidade do solo em laboratório (Quadro A.13 no Anexo II). Com a informação laboratorial do teor de humidade gravimétrico, calcula-se o teor de humidade volumétrico (Hv) através da equação (4), para cada camada do solo (Quadros A.14 e A.16 no Anexo II). Já as leituras das sondas normalizadas (CN) são determinadas a partir da equação (3), conhecendo as leituras das sondas em água e ar (Quadros A.15 e A.17 no Anexo II). Com estes valores é então possível representar graficamente das leituras e teor de humidade volumétrico (Figuras A.2 e A.3 no Anexo II) e através do melhor ajustamento aos dados obter as seguintes curvas de calibração (equação (5)) para as sondas Enviroscan e PR1 (Quadro 9).

**Quadro 9. Curvas de calibração e respectivo coeficiente de determinação ( $R^2$ ) das sondas Enviroscan e PR1.**

Sondas	Enviroscan	PR1
CN (-) vs Hv (%)	$CN = 0,160 \times Hv^{0,5314}$	$CN = 0,534 \times Hv^{0,1734}$
$R^2$	0,8773	0,6249

### 4.2.1 SONDAS CAPACITATIVAS ENVIROSCAN

A Figura 16 mostra a evolução o teor de humidade volumétrico ao longo do tempo medido pelas das duas sondas Enviroscan. Ambas as sondas estão instaladas em parcelas de ensaio com fertilizantes específicos no fracionamento A<sub>2</sub>, estando uma no ensaio de dotação de rega 1 (DR1, Figura 16 (a)) e a outra na dotação de rega 2 (DR2, Figura 16 (b)). Verifica-se que existem lacunas no registo durante alguns períodos (16 de Abril - 2 de Maio e 8 de Maio - 30 de Junho), que se podem ter devido a erros de aquisição e/ou de armazenamento de dados no sistema de aquisição de dados das sondas Enviroscan.

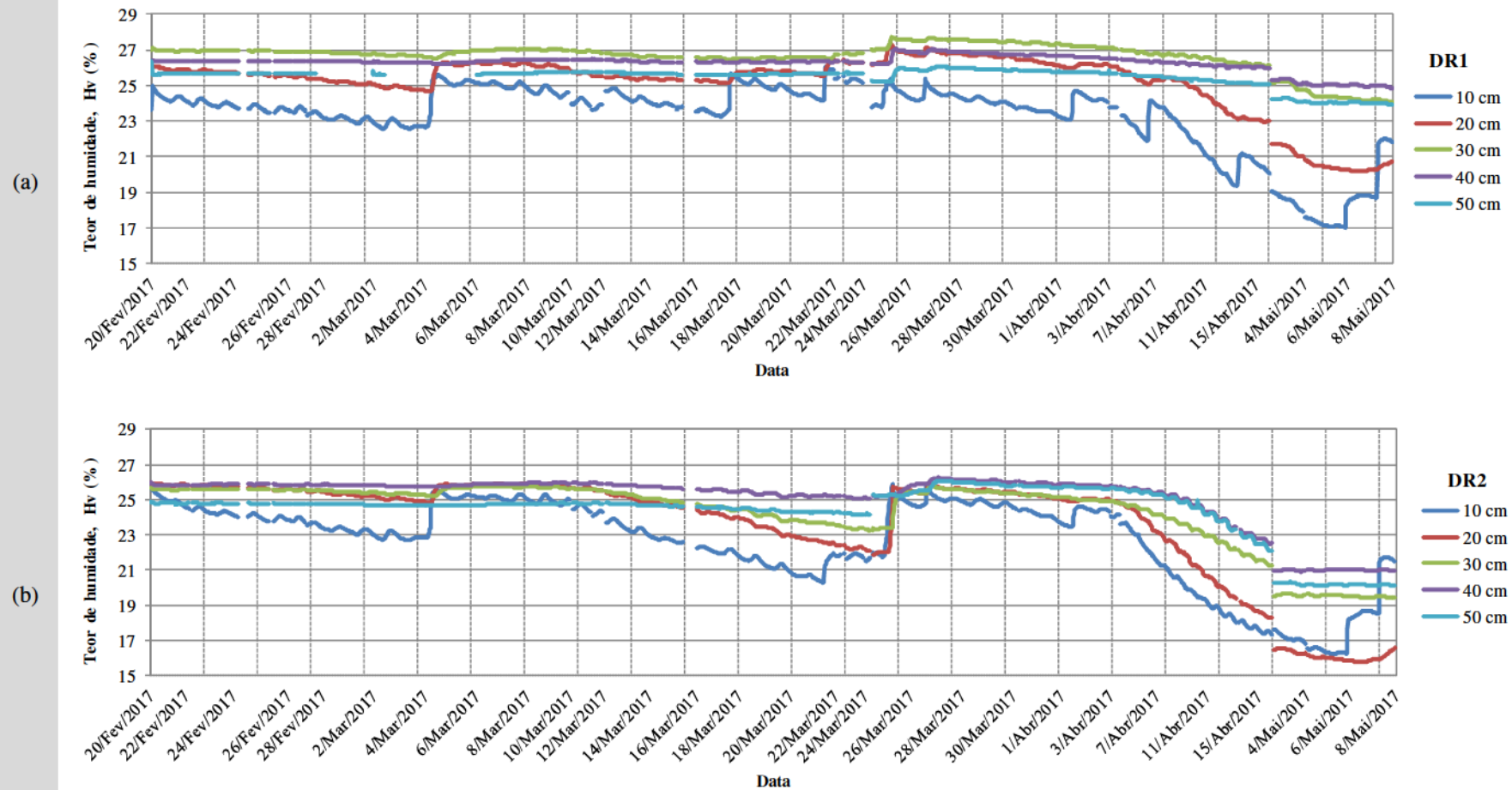
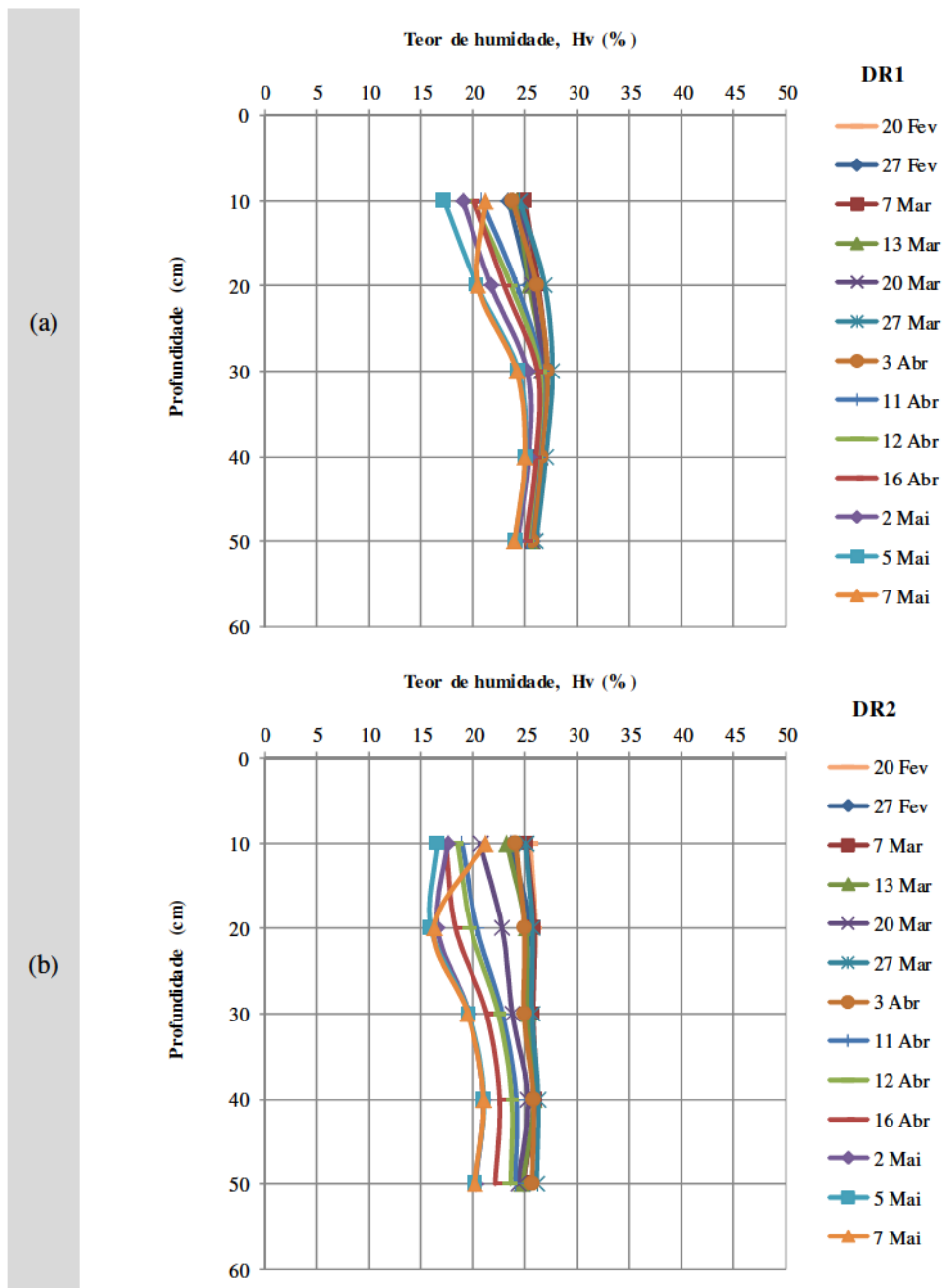


Figura 16. Evolução do teor de humidade volumétrico (Hv, %) ao longo do tempo, medido pelas sondas Enviroscan DR1 (a) e Enviroscan DR2 (b) nos ensaios com fertilizantes específicos no fracionamento A<sub>2</sub>.

Ao longo do tempo, constata-se quer nos ensaios DR1, quer nos DR2, uma evolução muito semelhante e estável até 3 de Abril, apresentando um teor de humidade volumétrico médio de  $25,37 \pm 1,73$  % e de  $24,02 \pm 2,31$  % para DR1 e DR2, respectivamente. Destaca-se a aproximação dos valores de teor de humidade volumétrico medidos pelos diferentes sensores das sondas/ das diferentes camadas do solo em DR1 em que existe uma maior frequência de rega, permitindo assim que a observação de um teor de humidade volumétrico similar em todo o perfil do solo (Figura 17 (a)). Existe evidência que isso ocorre no início da fase encanamento (a partir de 17 Março de 2017), também em DR2, onde já se verifica depleção hídrica no perfil do solo, comprovado pelo afastamento das leituras efectuadas nas diferentes camadas do solo (Figura 17 (b)). Estes níveis de humidade voltam a ser repostos, na modalidade DR2, com a aplicação de 34,08 mm no dia 20 de Abril de 2017. Na Figura 17 verifica-se que os valores máximos de teor de humidade volumétrico (27,57 % e 26,19 %) ocorrem a 27 de Março de 2017 (fase de encanamento), em DR1 e DR2. E os mínimos registados de 17,18 % no ensaio DR1 e de 15,82 % em DR2 são verificados nos dias 5 e 6 de Maio de 2017 (fase de floração). Os teores de humidade máximo (25 - 35 cm) e mínimo (0 - 15 cm) na modalidade DR1 verificam-se em camadas do solo superiores às camadas onde se verificam os máximo (35 - 45 cm) e mínimo (15 - 25 cm) da modalidade DR2. Estes valores indicam que existem diferenças no desenvolvimento radicular, sendo que o sistema radicular das plantas na estratégia DR1, em conforto hídrico, não se encontra tão desenvolvido em profundidade como o das plantas na estratégia DR2, em rega deficitária. Esta observação também pode ser efectuada a partir da Figura 17, onde os perfis de humedecimento do solo claramente evidenciam uma maior extracção de água até cerca de 30 cm e 40 cm de profundidade nas estratégias DR1 e DR2, respectivamente. Igualmente é visível o afastamento dos perfis hídricos do solo no dia 20 Março de 2017 e a partir do dia 11 de Abril, na estratégia DR2.

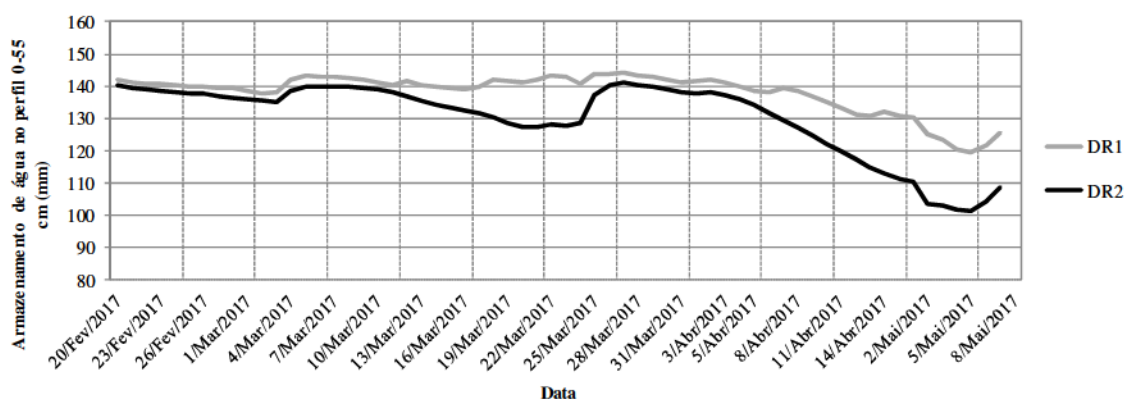




**Figura 17. Perfil hídrico medido pela sonda Enviroscan DR1 (a) e Enviroscan DR2 (b) nos ensaios com fertilizantes específicos no fracionamento A<sub>2</sub>.**

Como seria espectável os valores armazenamento de água no perfil do solo é superior em DR1 do que em DR2 (Figura 18). A evolução do armazenamento de água ao longo do tempo é muito semelhante em ambos ensaios, destacando-se em DR2 uma redução substancial entre o dia 13 de Março e 20 de Março, devido a aumento acentuado da temperatura e evapotranspiração de referência (Figura 7). Este fenómeno também é

visível na alteração dos perfis hídricos do solo (Figura 17 (b)) com o afastamento entre as linhas, destacando-se a maior redução do teor de humidade nas camadas mais superficiais do solo, as mais sujeitas aos efeitos das condições climatéricas. A partir de 26 de Março observa-se, em ambas estratégias de rega, uma redução acentuada do armazenamento de água no perfil devido também ao aumento da temperatura e da evapotranspiração de referência e pela ausência de regas durante 26 - 31 de Março (Figura 19).



**Figura 18. Variação do armazenamento ao longo do tempo nos ensaios DR1 e DR2 nos ensaios com fertilizantes específicos no fracionamento A<sub>2</sub>.**

Na Figura 19 está representam-se graficamente os valores médios diários de extracção no perfil do solo (0 - 55 cm) e o calendário e dotações de rega efectuadas em cada uma das modalidades de rega (DR1 e DR2). A extracção de água foi determinada através da diferença entre teores de humidade correspondentes ao máximo armazenamento e ao máximo dessecamento na camada de solo (que se considerou ser o valor mínimo registado ao longo do período de ensaio). Como anteriormente referido, observam-se reduções do armazenamento da água no perfil do solo nos momentos em que se verificam picos de extracção significativos na ausência de regas e/ou regas significativas para restabelecer o nível de armazenamento. Consta-se também que os níveis mais elevados de extracção ocorrem nas camadas mais superficiais, com um máximo de 4,985 mm (DR1) e 5,352 mm (DR2) na camada 0 - 15 cm. Em ambas observa-se que existe extracção de água ao longo de todo o perfil de solo avaliado, sendo mais substancial nas duas primeiras camadas do solo (0 - 15 e 15 - 25 cm) em DR1 e atinge também a terceira camada do solo (0 - 15, 15 - 25 e 25 - 35 cm) em DR2.

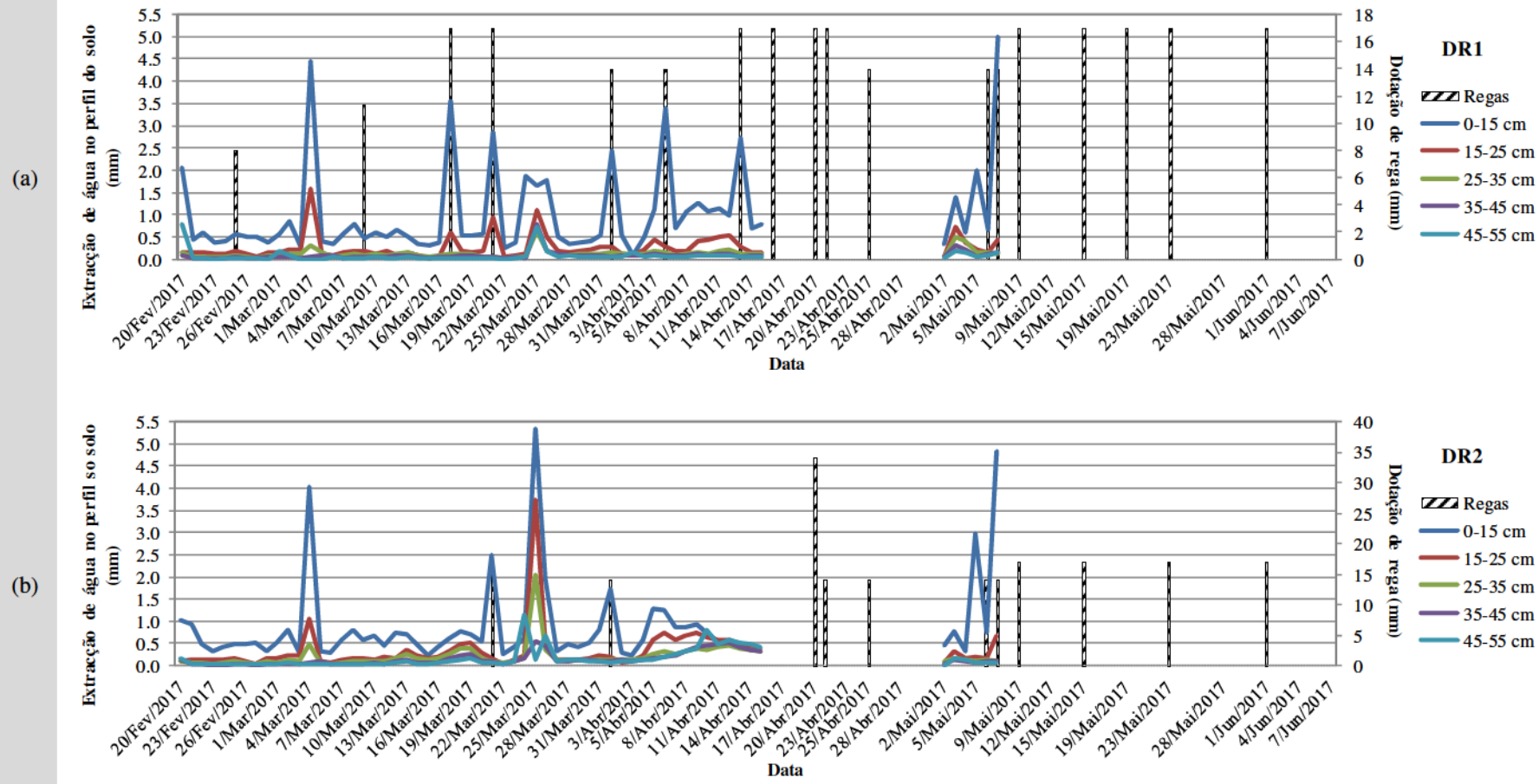


Figura 19. Variação da extracção e das regas ao longo do tempo nos ensaios DR1 (a) e DR2 (b)<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Ponto (.) utilizado para separar as casas decimais.

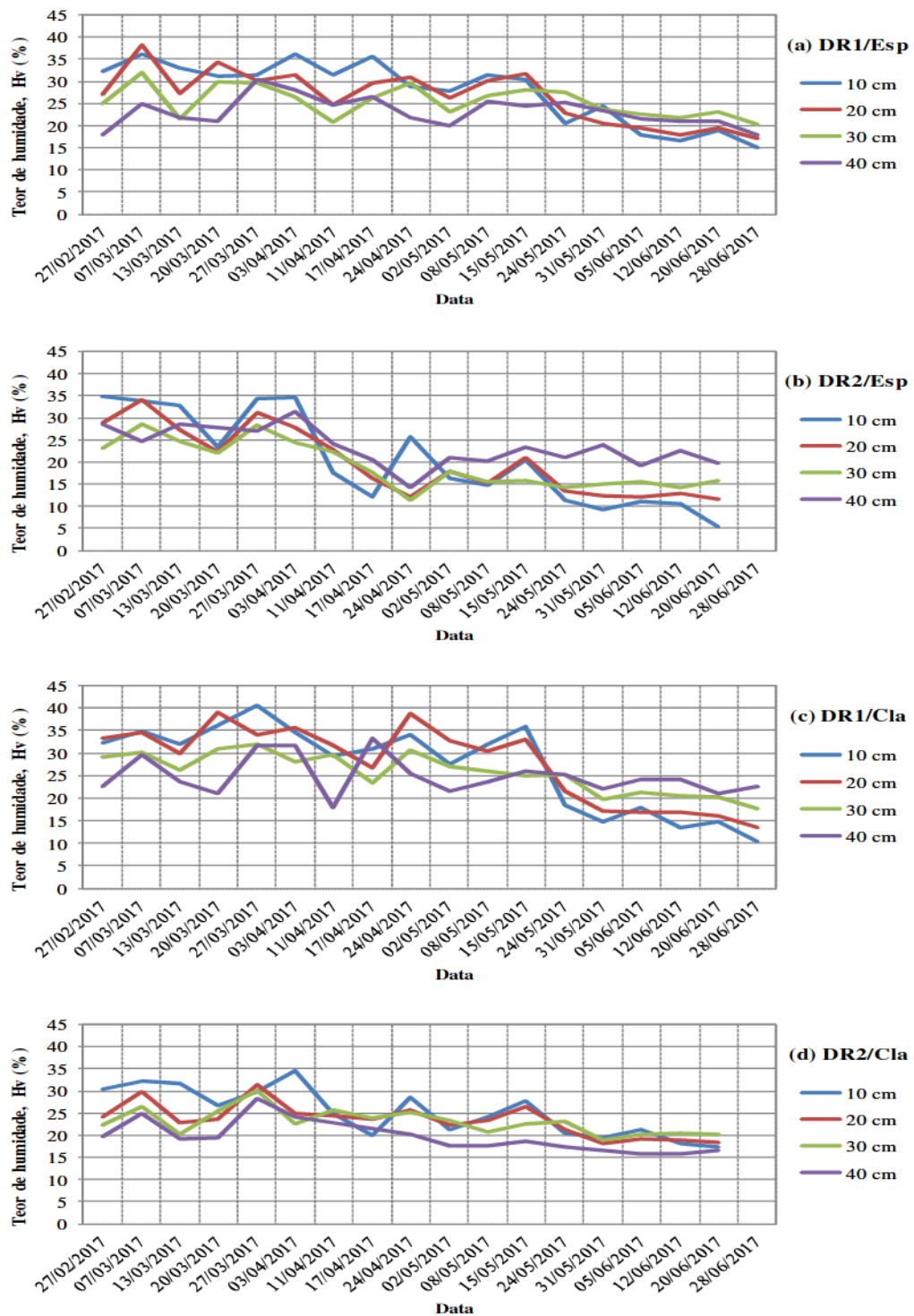
#### 4.2.2 SONDA DELTA-T PR1

A monitorização com a sonda PR1 foi também à semelhança das sondas Enviroscan realizada nas parcelas com fracionamento A<sub>2</sub>. No entanto, esta foi utilizada semanalmente como sonda móvel, permitindo a leitura nos ensaios com fertilizantes específicos e clássicos, de regadio e de sequeiro. Nas Figura 20 e 21 estão representadas as evoluções dos valores médios do teor de humidade volumétrico ao longo do tempo. Em termos médios, para os ensaios de regadio observa-se uma evolução do teor de humidade ao longo do tempo e valores médios muito semelhante entre si (Quadro 10). Semelhanças que também já tinham sido constatadas na análise dos dados das sondas Enviroscan. Destacando-se apenas o ensaio de sequeiro com uma descida antecipada e mais acentuada do teor de humidade. Neste ensaio, os valores médios do teor de humidade também se mostraram mais baixos, sendo as camadas mais superficiais do ensaio de sequeiro a perder maior teor de humidade à medida que a temperatura e a evapotranspiração (Figura 7) vai aumentando ao longo da duração dos ensaios.

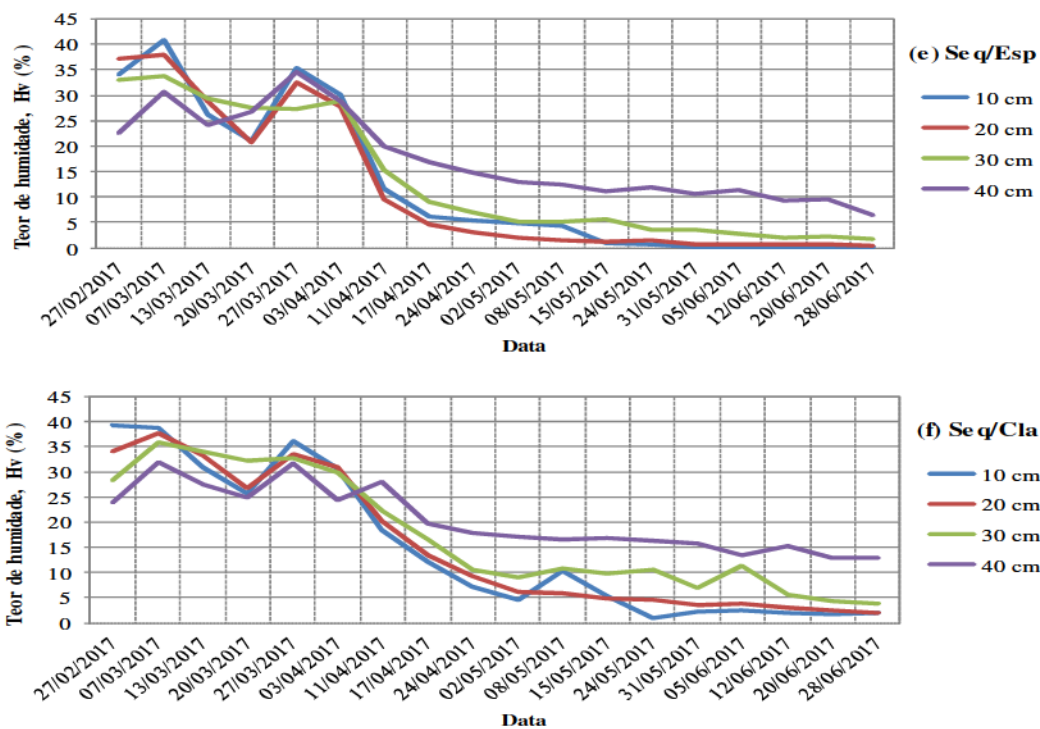
**Quadro 10. Valores médios e desvio-padrão do teor de humidade volumétrico registrado com a sonda PR1.**

DR/Fert	Hv (%)	
	Média	Desvio padrão
DR1/Esp	25,75	5,40
DR2/Esp	20,80	7,28
DR1/Clas	26,43	7,03
DR2/Clas	22,92	4,39
Seq/Esp	13,78	12,67
Seq/Clas	17,07	11,85

Em termos de tipo de fertilizante azotado, não se constam diferenças relevantes ou alterações visíveis na evolução do teor de humidade ao longo do tempo, pois obtém-se para o ensaio DR1 com fertilizantes específicos um valor médio é de 25,75 % e com a aplicação de fertilizantes clássicos 26,43 % do teor de humidade. O mesmo acontece ao longo do perfil do solo, onde se observa apenas uma pequena variância entre os teores de humidade registrados, sendo de 5,40 % para DR1/Esp e de 7,03 % para DR1/Clas.

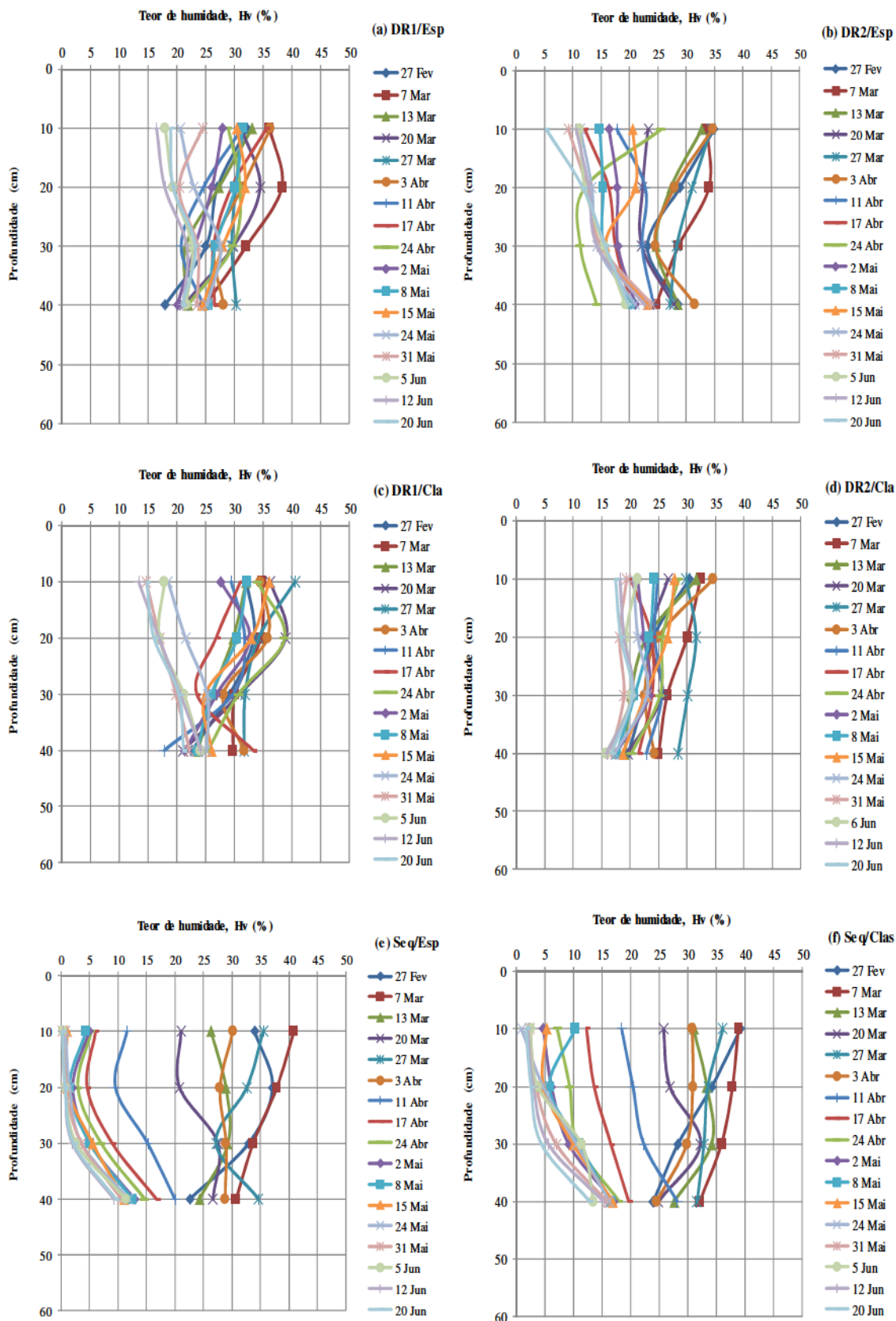


**Figura 20. Evolução do teor de humidade volumétrica (Hv, %) ao longo do tempo, medido pela sonda PR1 nos ensaios com fertilizantes específicos (DR1 - a), (DR2 - b) e nos ensaios com fertilizantes clássicos (DR1 - c), (DR2 - d).**

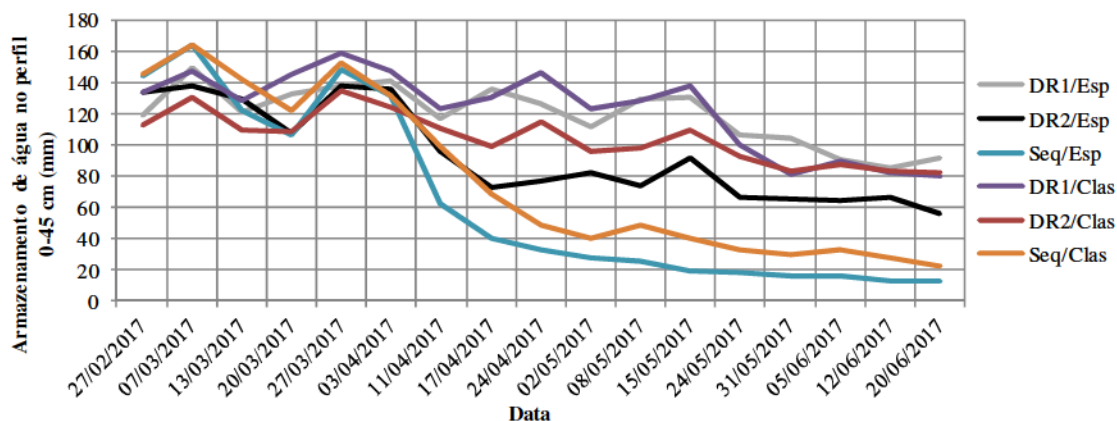


**Figura 21. Evolução do teor de humidade volumétrico (Hv, %) ao longo do tempo, medido pela sonda PR1 nos ensaios com fertilizantes específicos (Seq - e) e nos ensaios com fertilizantes clássicos (Seq - f).**

Na Figura 22 visualiza-se o perfil hídrico no solo medido nos ensaios com fertilizantes específicos e clássico em regadio e sequeiro. Como seria de esperar observa-se uma maior dispersão das linhas de teor de humidade ao longo do perfil no solo nos ensaios de sequeiro, sendo bem visível a depleção hídrica nas primeiras camadas do solo. Já nos ensaios de regadio (DR1 e DR2) essa dispersão já não é tão notória enquanto se vai mantendo o teor de humidade do solo com o recurso a regas. Com a concentração desta informação sob a forma de armazenamento de água no perfil (Figura 23) é possível constatar algumas diferenças entre os ensaios ao longo do tempo. Nos ensaios de sequeiro a utilização de fertilizantes clássicos permitiu a manutenção de armazenamento de água no perfil do solo num nível superior aos ensaios com fertilizantes específicos, observando-se o mesmo fenómeno nos ensaios de regadio, em especial na modalidade DR2. Em DR1 esta diferença de armazenamentos entre estratégias de fertilização não aparenta ser tão relevante, mas observa-se em termos médios um armazenamento superior com a utilização de fertilizantes clássicos.



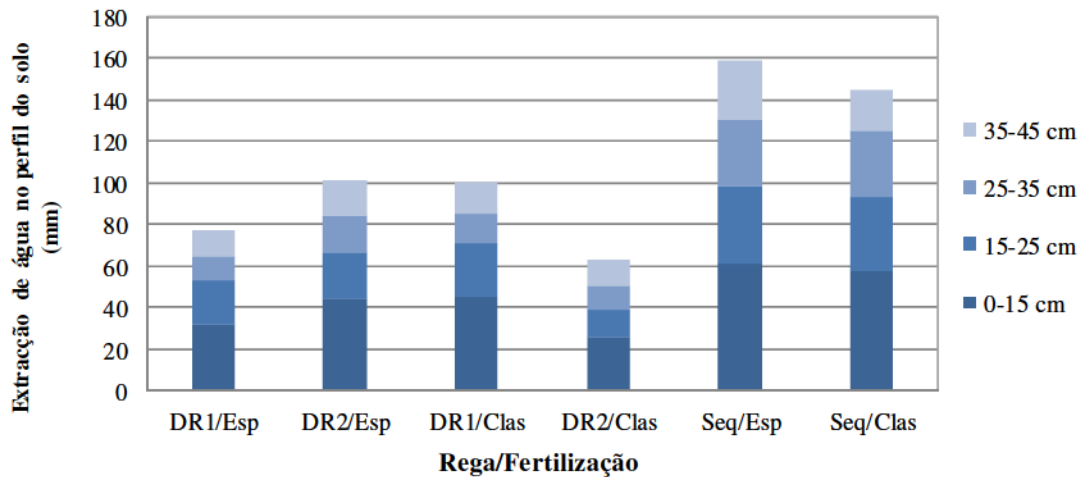
**Figura 22. Perfil hídrico medido pela sonda PR1 nos ensaios com fertilizantes específicos (DR1 - a), (DR2 - b), (Seq - e) e nos ensaios com fertilizantes clássicos (DR1 - c), (DR2 - e), (Seq - f).**



**Figura 23. Variação do armazenamento ao longo do tempo, nos ensaios com fertilizantes específicos e clássicos de regadio e de sequeiro.**

Na Figura 24 resumem-se os valores médios de extracção observados nas diferentes camadas do solo. Como seria de esperar, constata-se uma maior extracção de água ao longo de todo o perfil, até às camadas mais profundas do solo, nos ensaios de sequeiro, sendo superior nos ensaios com fertilizantes específicos. O mesmo se verifica para a estratégia de rega deficitária (DR2) onde nos parcelas de fertilizantes específicos a extracção de água é superior. Em todos os ensaios observa-se que a extracção está a ocorrer essencialmente nas duas camadas mais superficiais do solo, no entanto no ensaio de sequeiro observa-se uma maior actividade radicular a maiores profundidades, pois ainda ocorre extracção elevada na camada de 35 - 45 cm. O elevado teor em argilas nestes solos tendem a formar crostas na superfície do terreno e à medida que o teor de humidade do solo vai decrescendo observa-se a abertura de fissuras profundas no solo, fenómeno muito evidente no ensaio de sequeiro. Este fenómeno pode contribuir para as plantas tenham que desenvolver o seu sistema radicular em profundidade, de forma a encontrar água e nutrientes. Nos ensaios com fertilizantes específicos verifica-se um possível aumento da capacidade de absorção de água e, por conseguinte, de nutrientes por parte das raízes, pois os valores médios de extracção obtidos são superiores.





**Figura 24.** Variação da extração de água no perfil do solo nos ensaios com fertilizantes específicos (Esp) e clássicos (Clas) de regadio (DR1 e DR2) e de sequeiro (Seq).

### 4.3 PRODUÇÃO E COMPONENTES DA PRODUÇÃO

#### 4.3.1 PRODUÇÃO DE GRÃO, PESO DE 1000 GRÃOS, NÚMERO DE ESPIGAS/M<sup>2</sup> E NÚMERO DE GRÃOS/ESPIGA

A produção/rendimento de grão é uma variável que permite, de forma expedita, medir quantitativamente o desenvolvimento de uma cultura. É um indicador essencial na avaliação económica (análise custo-benefício) da cultura, e por isso, um critério de decisão e de selecção. O peso de 1000 grãos é também um bom indicador da quantidade e da qualidade do grão, é uma medida que depende da componente genética, mas também é afectado pelas condições de temperatura, humidade e luminosidade durante a fase de maturação do grão (Deivasigamani & Swaminathan, 2018). É um indicador que permite a comparação da qualidade da semente entre diferentes lotes e que auxilia na determinação da densidade de sementeira. O número de espigas/m<sup>2</sup> e o número de grãos/espiga são as outras componentes da produção que permitem inferir sobre a produtividade futura da cultura, antes do processo de colheita. No Quadro 11 é possível visualizar os valores médios, máximo e mínimos obtidos para os parâmetros produção

de grão, n.º de espigas/m<sup>2</sup>, n.º de grãos/espiga e peso de 1000 grãos nos ensaios com fertilizantes específicos.

**Quadro 11. Valor médio, desvio-padrão, máximo e mínimo observado para a produção de grão, n.º espiga/m<sup>2</sup>, n.º grãos/espiga e peso de 1000 grãos nos ensaios com fertilizantes específicos.**

	Produção de grão (kg/ha)	N.º espigas/m <sup>2</sup>	N.º grãos/espiga	Peso de 1000 grãos (g)
<b>Dotação de rega 1 (DR1)</b>				
Média ± Desvio padrão	4594 ± 441	396 ± 34	28 ± 4	42,52 ± 2,09
Máximo	5460	442	38	45,59
Mínimo	3997	312	21	37,55
<b>Dotação de rega 2 (DR2)</b>				
Média ± Desvio padrão	3942 ± 433	354 ± 46	28 ± 4	40,03 ± 2,14
Máximo	4765	438	36	44,16
Mínimo	3122	268	22	36,09
<b>Sequeiro (Seq)</b>				
Média ± Desvio padrão	1647 ± 328	268 ± 34	19 ± 4	32,19 ± 1,68
Máximo	2200	348	27	34,53
Mínimo	1047	208	13	28,59

Nas parcelas onde foram aplicados fertilizantes específicos constata-se para a produção de grão, peso de 1000 grão e n.º espigas/m<sup>2</sup>, médias mais elevadas na modalidade DR1 quando comparada com a DR2, à exceção do n.º de grãos/espiga que é semelhante em ambas modalidades de rega. No entanto, nos ensaios com os fertilizantes clássicos (Quadro 12) o número médio de grãos/espiga altera-se conforme a modalidade de rega, sendo mais elevado na DR1. Observa-se, por exemplo, um peso de 1000 grãos médio de 42,52 ± 2,09 g (DR1) e 40,03 ± 2,14 g (DR2), sendo a diferença entre os valores médios de 2,49 g, valor este muito semelhante ao valor de desvio-padrão calculado para qualquer uma das situações. Em termos de alteração no tipo de fertilizante, observa-se uma produção média superior nos ensaios com os fertilizantes clássicos para DR1 (5133 ± 285 kg/ha) do que com a aplicação de fertilizantes específicos (4594 ± 441 kg/ha). Sendo que a produção de grão máxima, em DR1, atinge 5460 kg/ha nos ensaios com

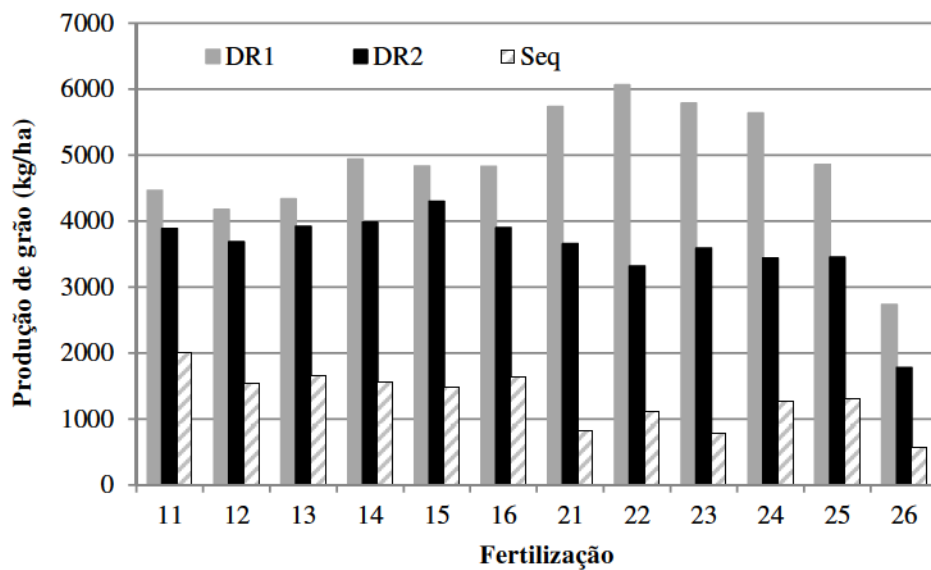
fertilizantes específicos e 6655 kg/ha com os clássicos. No entanto, na modalidade DR2 esta observação altera-se, e a produção de grão máxima mais elevada é verificada nos ensaios com fertilizantes específicos (4765 kg/ha).

**Quadro 12. Valor médio, desvio-padrão, máximo e mínimo observado para a produção de grão, n.º espiga/m<sup>2</sup>, n.º grãos/espiga e peso de 1000 grãos nos ensaios com fertilizantes clássicos.**

	Produção de grão (kg/ha)	N.º espigas/m <sup>2</sup>	N.º grãos/espiga	Peso de 1000 grãos (g)
<b>Dotação de rega 1 (DR1)</b>				
Média ± Desvio padrão	5133 ± 285	375 ± 65	33 ± 6	41,59 ± 1,79
Máximo	6655	468	44	44,46
Mínimo	2039	230	20	38,36
<b>Dotação de rega 2 (DR2)</b>				
Média ± Desvio padrão	3203 ± 714	342 ± 96	26 ± 12	38,69 ± 1,99
Máximo	4059	475	74	41,92
Mínimo	1460	54	17	36,27
<b>Sequeiro (Seq)</b>				
Média ± Desvio padrão	980 ± 324	243 ± 39	13 ± 4	31,78 ± 1,38
Máximo	1634	295	22	34,72
Mínimo	396	165	6	29,54

Tal como na modalidade DR2, nos ensaios de sequeiro também se verifica uma produção média mais elevada com a aplicação de fertilizantes específicos (1647 ± 328 kg/ha) do que com a utilização de fertilizantes clássicos (980 ± 324 kg/ha).

Em termos médios, constata-se que se obtêm produções superiores na estratégia de rega DR1 e aplicando fertilizantes clássicos, destacando-se os fracionamentos / épocas de aplicação A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub> e A<sub>4</sub> (Figura 25). Já em DR2, verificam-se produções médias superiores com a utilização de fertilizantes específicos com o fracionamento A<sub>4</sub> e A<sub>5</sub>.



**Legenda:**

DR1: Dotação de Rega 1

DR2: Dotação de Rega 2

Seq: Sequeiro

Fertilização:  
Fracionamento de fertilizante

11: Fertilizante específico tratamento A<sub>1</sub>

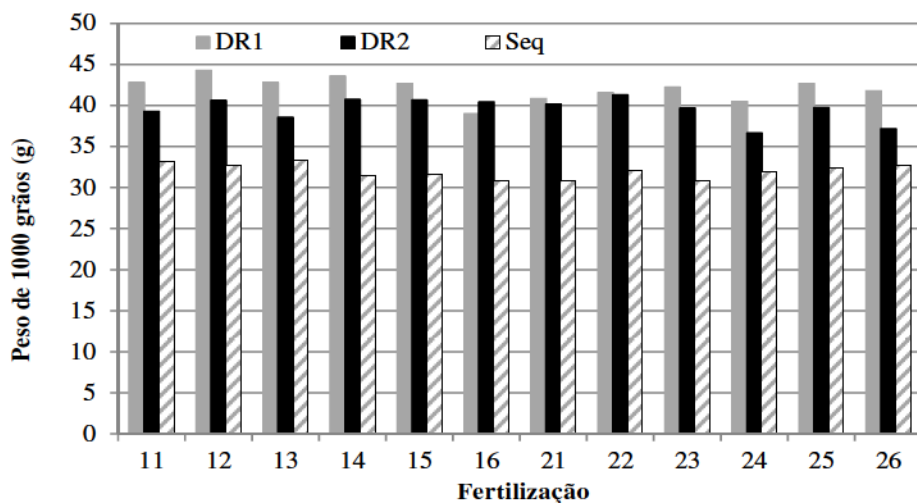
12: Fertilizante específico tratamento A<sub>2</sub>

13: Fertilizante específico tratamento A<sub>3</sub>

14: Fertilizante específico tratamento A<sub>4</sub>

15: Fertilizante específico tratamento A<sub>5</sub>

16: Fertilizante específico tratamento A<sub>6</sub>



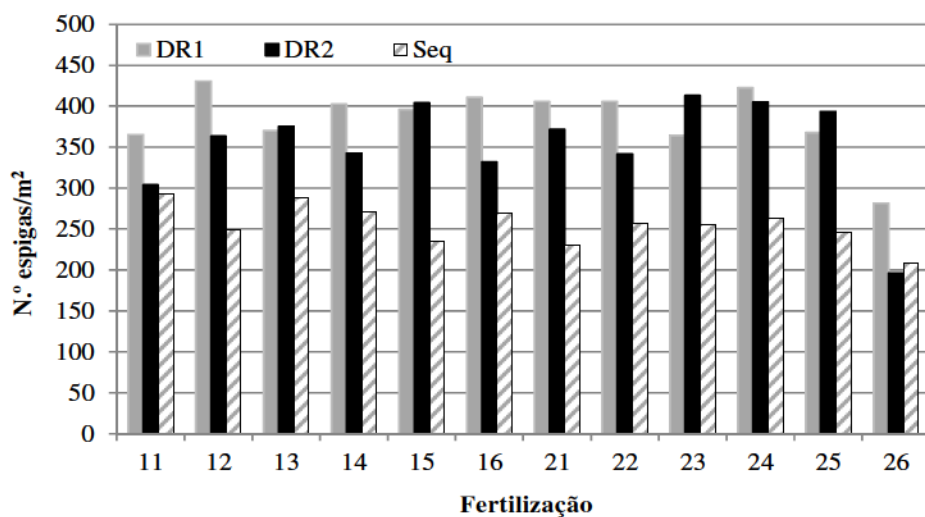
21: Fertilizante clássico tratamento A<sub>1</sub>

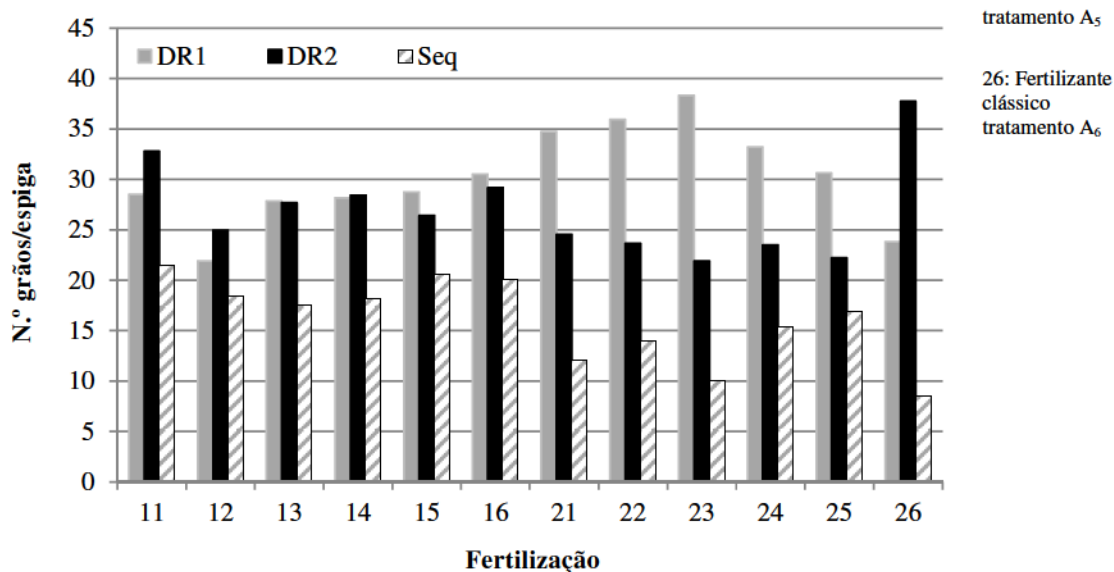
22: Fertilizante clássico tratamento A<sub>2</sub>

23: Fertilizante clássico tratamento A<sub>3</sub>

24: Fertilizante clássico tratamento A<sub>4</sub>

25: Fertilizante clássico





**Figura 25.** Valores médios obtidos para a produção de grão, peso de 1000 grãos, n.º espigas/m<sup>2</sup> e n.º grãos/m<sup>2</sup> nas diferentes estratégias de fertilização e de rega.

O peso de 1000 grãos apresenta valores médios ligeiramente mais elevados na DR1, destacando os fracionamentos A<sub>2</sub>, A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub> com específicos e A<sub>5</sub> com fertilizantes clássicos. Neste parâmetro os resultados médios do Seq aproximam-se dos valores obtidos nos ensaios de regadio. Para o n.º espigas/m<sup>2</sup> também se observa valores médios mais elevados na modalidade DR1, destacando-se o fracionamento A<sub>2</sub> nos ensaios com fertilizantes específicos (Figura 26) e o A<sub>4</sub> nos ensaios com fertilizantes clássicos.

Já o número médio de grãos/espiga mais elevado é verificado no fracionamento A<sub>3</sub> dos ensaios com fertilizantes clássicos. Para os parâmetros presentes na Figura 25, em sequeiro, não se constata diferenças entre os valores médios dos diversos fracionamentos, nem entre os dois tipos de fertilizantes, sendo a melhor produção média obtida para um fracionamento A<sub>1</sub> com específicos (2009 kg/ha).

Apesar de se constatar diferenças nos valores médios de produção de grão e dos outros parâmetros, conforme a estratégia de rega, a análise de variância e o teste de Tukey (Quadro 13), para um grau de confiança de 95 %, demonstra que as médias são estatisticamente semelhantes, à exceção do n.º espigas/m<sup>2</sup>. Destas variáveis em estudo, apenas se observa o efeito da alteração da modalidade de rega, no n.º espigas/m<sup>2</sup>, com a DR1 a produzir um valor médio mais elevado (396 espigas/m<sup>2</sup>).

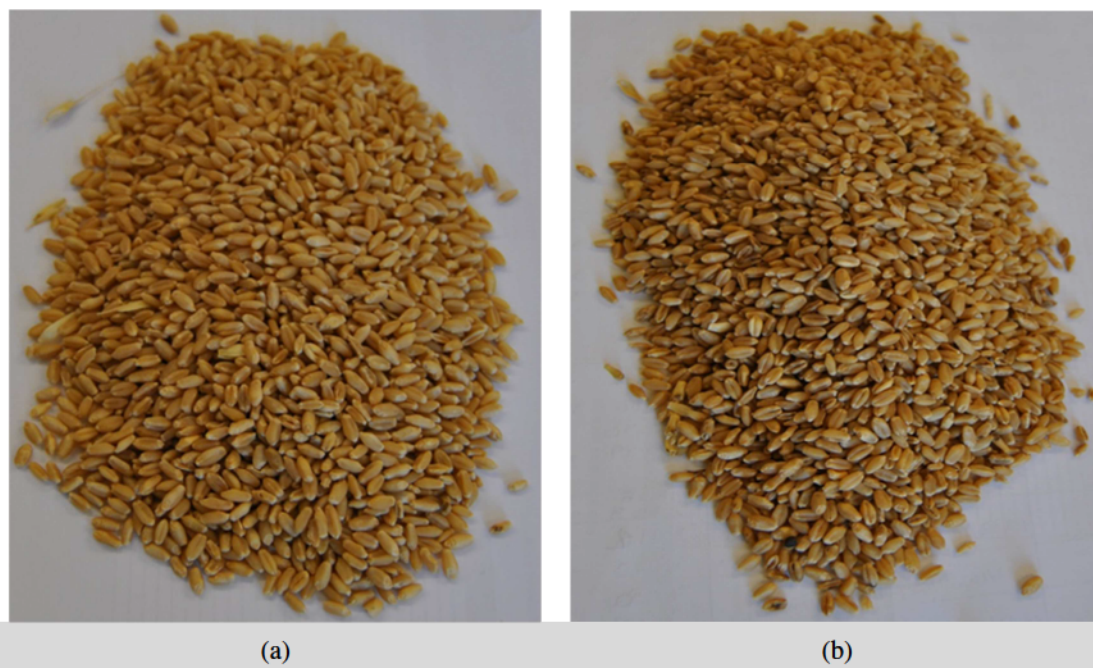


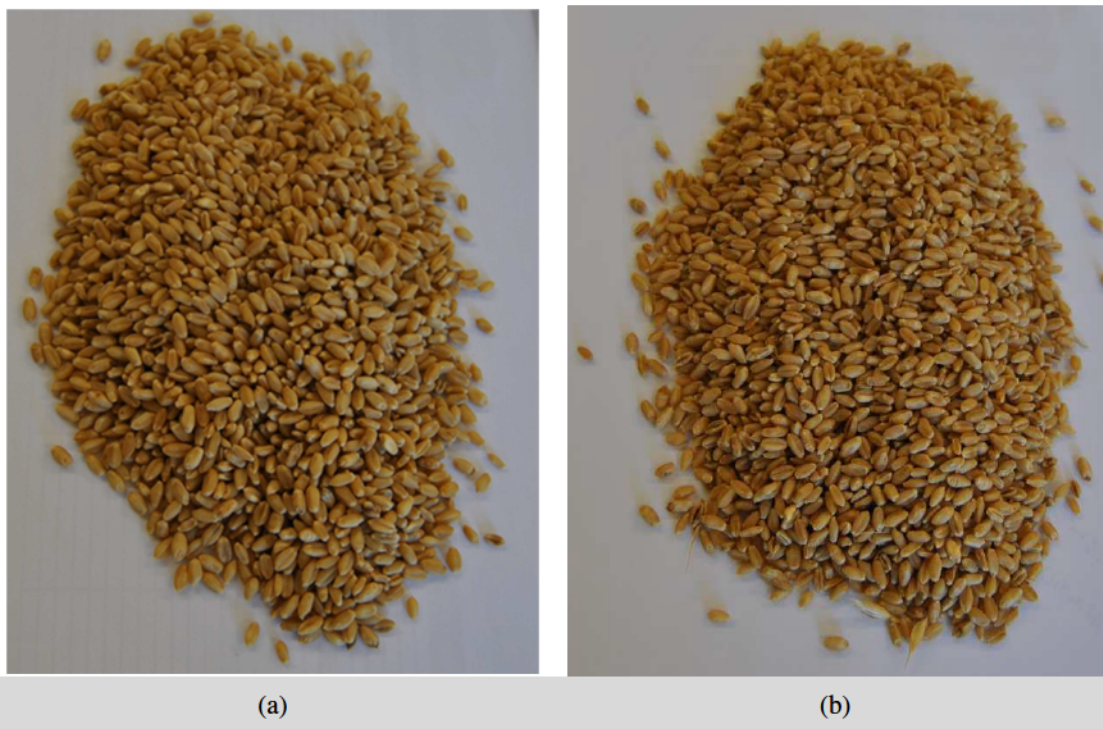
Figura 26. Grãos de trigo ‘Antequera’ dos ensaios DR1 (a) e DR2 (b) com fertilizantes específicos no fracionamento de fertilizante A<sub>2</sub>.

Quadro 13. Efeito da estratégia de rega e de fracionamento de azoto na produção de grão, n.º espigas/m<sup>2</sup>, n.º grão/espiga e peso de 1000 grãos, nos ensaios com fertilizantes específicos.

Factor de variação	Produção de grão (kg/ha)	N.º espigas/m <sup>2</sup>	N.º grãos/espiga	Peso de 1000 grãos (g)
<b>Estratégia de rega</b>				
DR1	4594 <sup>a</sup>	396 <sup>a</sup>	28 <sup>a</sup>	42,52 <sup>a</sup>
DR2	3941 <sup>a</sup>	354 <sup>b</sup>	28 <sup>a</sup>	40,03 <sup>a</sup>
<b>Fracionamento</b>				
A <sub>1</sub>	4170 <sup>ab</sup>	335 <sup>a</sup>	31 <sup>a</sup>	41,04 <sup>a</sup>
A <sub>2</sub>	3929 <sup>b</sup>	397 <sup>a</sup>	23 <sup>b</sup>	42,44 <sup>a</sup>
A <sub>3</sub>	4126 <sup>ab</sup>	372 <sup>a</sup>	28 <sup>ab</sup>	40,67 <sup>a</sup>
A <sub>4</sub>	4458 <sup>ab</sup>	372 <sup>a</sup>	28 <sup>ab</sup>	42,14 <sup>a</sup>
A <sub>5</sub>	4564 <sup>a</sup>	400 <sup>a</sup>	28 <sup>ab</sup>	41,66 <sup>a</sup>
A <sub>6</sub>	4360 <sup>ab</sup>	371 <sup>a</sup>	30 <sup>a</sup>	39,71 <sup>a</sup>
<b>Interação</b>	n.s.	*	n.s.	n.s.

Nota: Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre médias para cada factor de variação, de acordo com o teste Tukey para P-value < 0,05.  
n.s.: Não significativo; \*: Significativo para P-value < 0,05

Relativamente à estratégia de fracionamento de azoto observa-se que, para os diferentes fracionamentos de azoto, utilizando fertilizantes específicos, as médias da produção de grão e n.º grãos/espiga são estatisticamente diferentes, para um grau de confiança de 95 %. Especificamente constata-se que é possível obter uma produção média de grão superior com a aplicação do fracionamento A<sub>5</sub> (75 % sementeira + 25 % encanamento) quando comparado com os restantes fracionamentos em estudo. A Figura 27 compara os grãos de trigo dos fracionamentos A<sub>3</sub> e A<sub>5</sub> dos ensaios com fertilizantes específicos. O n.º grãos/espiga apresenta melhor resposta à aplicação A<sub>1</sub> (100 % sementeira, Deiba (20-10-10)) e A<sub>6</sub> (100 % sementeira, Nergetic (20-8-10)), no entanto a população produtiva (n.º espigas/m<sup>2</sup>) não apresenta diferenças significativas à alteração do fracionamento de azoto. Os restantes parâmetros apresentam médias semelhantes, não existindo diferenças estatisticamente significativas entre os vários fracionamentos.



**Figura 27. Grãos de trigo ‘Antequera’ do ensaio DR1 com fertilizantes específicos nos fracionamentos A<sub>3</sub> (a) e A<sub>5</sub> (b).**

Para todos os parâmetros avaliados sem interacção significativa entre as estratégias de fertilização e de rega, ou seja o fracionamento do fertilizante não depende da estratégia de rega (Quadro 13), não se observam variações estatisticamente significativas nos seus valores médios devido a alterações de fracionamento de fertilizante e/ou de dotação de rega, sendo estes dois factores independentes.

No Quadro 14 visualiza-se a análise estatística comparativa da produção de grão e das componentes de produção, aplicando fertilizantes clássicos. Como anteriormente mencionado, na análise dos ensaios com fertilizantes clássicos não são tidas em conta os resultados obtidos na parcela A<sub>6</sub> (testemunha).

**Quadro 14. Efeito da estratégia de rega e de fracionamento de azoto na produção de grão, n.º espigas/m<sup>2</sup>, n.º grão/espiga e peso de 1000 grãos, nos ensaios com fertilizantes clássicos.**

Factor de variação	Produção de grão (kg/ha)	N.º espigas/m <sup>2</sup>	N.º grãos/espiga	Peso de 1000 grãos (g)
<b>Estratégia de rega</b>				
DR1	5614 <sup>a</sup>	393 <sup>a</sup>	34 <sup>a</sup>	41,56 <sup>a</sup>
DR2	3488 <sup>b</sup>	371 <sup>a</sup>	23 <sup>b</sup>	39,00 <sup>b</sup>
<b>Fracionamento</b>				
A <sub>1</sub>	4694 <sup>a</sup>	400 <sup>a</sup>	30 <sup>a</sup>	40,05 <sup>a</sup>
A <sub>2</sub>	4688 <sup>a</sup>	390 <sup>a</sup>	30 <sup>a</sup>	40,77 <sup>a</sup>
A <sub>3</sub>	4686 <sup>a</sup>	386 <sup>a</sup>	30 <sup>a</sup>	40,99 <sup>a</sup>
A <sub>4</sub>	4535 <sup>a</sup>	381 <sup>a</sup>	28 <sup>a</sup>	38,71 <sup>a</sup>
A <sub>5</sub>	4154 <sup>a</sup>	354 <sup>a</sup>	27 <sup>a</sup>	40,86 <sup>a</sup>
<b>Interação</b>	*	n.s.	*	*

Nota: Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre médias para cada factor de variação, de acordo com o teste Tukey para P-value < 0,05.  
n.s.: Não significativo; \*: Significativo para P-value < 0,05

Nos ensaios de regadio com aplicação de fertilizantes clássicos observa-se que a produção média de grãos, o número médio de grão por espiga, assim como o peso médio de 1000 grãos apresentam resultados mais elevados na modalidade DR1 do que na DR2. Apenas para o número médio de espigas/m<sup>2</sup> não se constata diferenças significativas entre os resultados obtidos para as duas modalidades de regadio. Relativamente à estratégia de fertilização azotada verifica-se que, na aplicação de fertilizantes clássicos, não existe diferenças estatisticamente significativas entre os diferentes fracionamentos de azoto. Isto é, em termos médios, a produção de grão e as componentes de produção nos ensaios com fertilizantes clássicos respondem de forma semelhante às diferentes aplicações de azoto.

O significado da interação entre as estratégias de fertilização azotada e de rega mostra, para um nível de significância de 5 %, nos ensaios com fertilizantes específicos e clássicos, comportamento distinto, revelando-se com maior evidência nos ensaios com



fertilizantes clássicos. Assim, a interação é significativa para o n.º espigas/m<sup>2</sup> nos ensaios com específicos (Quadro 13) e a produção de grão, n.º grãos/espiga e peso de 1000 grãos nos ensaios com clássicos (Quadro 14). Os resultados demonstram que o fracionamento de fertilizante e a rega não são factores independentes, ou seja, a forma de fracionar depende da dotação de rega. No quadro seguinte (Quadro 15) é possível observar os resultados do teste de comparação de médias destas variáveis nos ensaios com fertilizantes específicos e clássicos. Como anteriormente constatado, a produção de grão, número de grão/espiga e peso de 1000 grãos nos ensaios com fertilizantes clássicos e do número de espigas/m<sup>2</sup>, com aplicação de específicos, são mais elevados na modalidade DR1. Sendo que para produção média de grão (6061 kg/ha), com fertilizantes clássicos e o número de espigas/m<sup>2</sup> (431 espigas/m<sup>2</sup>), nos ensaios com específicos, apresentam valores mais elevados na interação de DR1 com o fracionamento A<sub>2</sub> (DR1 × A<sub>2</sub>), ou seja, com aplicações de azoto de 25 % sementeira + 25 % afilhamento + 25 % encanamento + 25 % ântese através de fertilizantes clássicos e de 50 % sementeira + 50 % emborrachamento com fertilizantes específicos, respectivamente. Embora a interação DR1 × A<sub>2</sub> tenha conduzido ao valor mais elevado de produção de grão, utilizando fertilizantes clássicos, os valores obtidos nos fracionamentos A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub> e A<sub>4</sub> nesta modalidade de rega foram idênticos e diferentes dos obtidos em DR2, na qual também foram idênticos entre si. Os fracionamentos referidos tiveram comportamento distinto nas duas dotações de rega. Também para os valores médios do número de grãos/espiga e peso de 1000 grãos, a interação DR × Fert que produz melhores resultados é estatisticamente semelhante a outras combinação de interações. Para o número de grãos/espiga verifica-se que as interações DR1 × A<sub>1</sub> (35 grãos/espiga), DR1 × A<sub>2</sub> (36 grãos/espiga) e DR1 × A<sub>3</sub> (38 grãos/espiga) dão origem a valores médios estatisticamente semelhantes, para um nível de significância de 5 %. Enquanto para o peso de 1000 grãos os valores médios são mais elevados e significativamente semelhantes, nas interações DR1 × A<sub>3</sub> (42,21 g) e DR1 × A<sub>5</sub> (42,69 g). Já a utilização de fertilizantes específicos destacam exclusivamente os resultados médios do número de espigas/m<sup>2</sup> da interação DR1 × A<sub>2</sub>. A aplicação de fertilizantes específicos aparenta atenuar as interações entre os factores água × azoto, considerando apenas os fracionamentos de azoto estudados, visto que apenas a variável número de espigas/m<sup>2</sup> responde simultaneamente às variações de rega e/ou fertilização azotada.

**Quadro 15. Resultados do teste de Tukey da interação entre as diferentes dotações de rega e fracionamentos de azoto, nos ensaios com fertilizantes específicos e clássicos, para um nível de significância de 5 % ( $\alpha = 0,05$ ).**

Rega	Fertilizantes Clássicos						Fertilizantes Específicos	
	Produção de grão (kg/ha)		N.º grãos/espiga		Peso de 1000 grãos (g)		N.º espigas/m <sup>2</sup>	
	Fert	Médias	Fert	Médias	Fert	Médias	Fert	Médias
DR1	A <sub>2</sub>	6061 <sup>a</sup>	A <sub>3</sub>	38 <sup>a</sup>	A <sub>5</sub>	42,69 <sup>a</sup>	A <sub>2</sub>	431 <sup>a</sup>
	A <sub>3</sub>	5785 <sup>a</sup>	A <sub>2</sub>	36 <sup>a</sup>	A <sub>3</sub>	42,21 <sup>a</sup>	A <sub>6</sub>	411 <sup>ab</sup>
	A <sub>1</sub>	5735 <sup>a</sup>	A <sub>1</sub>	35 <sup>a</sup>	A <sub>2</sub>	41,57 <sup>ab</sup>	A <sub>4</sub>	402 <sup>ab</sup>
	A <sub>4</sub>	5634 <sup>a</sup>	A <sub>4</sub>	33 <sup>ab</sup>	A <sub>1</sub>	40,83 <sup>ab</sup>	A <sub>5</sub>	396 <sup>ab</sup>
	A <sub>5</sub>	4856 <sup>ab</sup>	A <sub>5</sub>	31 <sup>abc</sup>	A <sub>4</sub>	40,49 <sup>ab</sup>	A <sub>3</sub>	370 <sup>ab</sup>
DR2	A <sub>1</sub>	3654 <sup>bc</sup>	A <sub>1</sub>	24 <sup>bc</sup>	A <sub>2</sub>	40,00 <sup>ab</sup>	A <sub>5</sub>	404 <sup>ab</sup>
	A <sub>3</sub>	3586 <sup>bc</sup>	A <sub>2</sub>	24 <sup>bc</sup>	A <sub>3</sub>	39,78 <sup>ab</sup>	A <sub>3</sub>	375 <sup>ab</sup>
	A <sub>5</sub>	3452 <sup>bc</sup>	A <sub>4</sub>	24 <sup>bc</sup>	A <sub>1</sub>	39,26 <sup>ab</sup>	A <sub>2</sub>	363 <sup>ab</sup>
	A <sub>4</sub>	3436 <sup>bc</sup>	A <sub>5</sub>	22 <sup>c</sup>	A <sub>5</sub>	39,02 <sup>ab</sup>	A <sub>4</sub>	342 <sup>ab</sup>
	A <sub>2</sub>	3315 <sup>c</sup>	A <sub>3</sub>	22 <sup>c</sup>	A <sub>4</sub>	36,94 <sup>b</sup>	A <sub>6</sub>	332 <sup>b</sup>
							A <sub>1</sub>	304 <sup>b</sup>

**Nota:** Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre médias para cada factor de variação, de acordo com o teste Tukey para P-value < 0,05.

Os ensaios de sequeiro foram estatisticamente testados em paralelo (Quadros A.9, A.10, A.11 e A.12 no Anexo II) com os ensaios de regadio, pois apesar de se implementar a mesma metodologia de fracionamento/período de aplicação de fertilizante, foi aplicada uma menor quantidade de azoto (120 kg/ha) nos ensaios de sequeiro. No Quadro 16 é possível observar os resultados obtidos na análise ANOVA (1 factor) e no teste de comparação de médias para os diferentes fracionamentos de fertilizante azotado, utilizando fertilizantes específicos e clássicos. As médias da produção de grãos e dos componentes de produção estudados revelam que os fracionamentos de azoto são estatisticamente iguais entre si, não existindo evidência estatística que a alteração do fracionamento/período de aplicação do azoto afecte estes parâmetros em sequeiro.

**Quadro 16. Efeito da estratégia de fracionamento de azoto na produção de grão, n.º espigas/m<sup>2</sup>, n.º grão/espiga e peso de 1000 grãos, nos ensaios de sequeiro.**

	Factor de variação	Produção de grão (kg/ha)	N.º espigas/m <sup>2</sup>	N.º grãos/espiga	Peso de 1000 grãos (g)
<b>Fertilizantes Específicos</b>	<b>Fracionamento</b>				
	A <sub>1</sub>	2009 <sup>a</sup>	293 <sup>a</sup>	21 <sup>a</sup>	33,21 <sup>a</sup>
	A <sub>2</sub>	1534 <sup>a</sup>	248 <sup>a</sup>	18 <sup>a</sup>	32,78 <sup>a</sup>
	A <sub>3</sub>	1661 <sup>a</sup>	288 <sup>a</sup>	17 <sup>a</sup>	33,38 <sup>a</sup>
	A <sub>4</sub>	1550 <sup>a</sup>	272 <sup>a</sup>	18 <sup>a</sup>	31,48 <sup>a</sup>
	A <sub>5</sub>	1484 <sup>a</sup>	235 <sup>a</sup>	21 <sup>a</sup>	31,54 <sup>a</sup>
	A <sub>6</sub>	1645 <sup>a</sup>	270 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	30,75 <sup>a</sup>
<b>Fertilizantes Clássicos</b>	<b>Fracionamento</b>				
	A <sub>1</sub>	829 <sup>a</sup>	231 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>	30,74 <sup>a</sup>
	A <sub>2</sub>	1114 <sup>a</sup>	258 <sup>a</sup>	14 <sup>a</sup>	32,06 <sup>a</sup>
	A <sub>3</sub>	784 <sup>a</sup>	255 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup>	30,86 <sup>a</sup>
	A <sub>4</sub>	1267 <sup>a</sup>	263 <sup>a</sup>	15 <sup>a</sup>	31,94 <sup>a</sup>
	A <sub>5</sub>	1312 <sup>a</sup>	245 <sup>a</sup>	17 <sup>a</sup>	32,35 <sup>a</sup>

Nota: Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre médias para cada factor de variação, de acordo com o teste Tukey para P-value < 0,05.

#### **4.3.2 ANÁLISE COMPARATIVA DA PRODUÇÃO DE GRÃO NOS 3 REGIMES HÍDRICOS**

De forma a analisar a produção de grão nos três regimes hídricos (DR1, DR2 e Seq) simultaneamente e para tentar estabelecer relação entre eles, procedeu-se à conversão destes dados num índice agregativo ponderado. O índice agregativo ponderado da produção de grão (produção de grão\*) vai permitir comparar ensaios com factores de produção distintos. Para isso, ao valor mais alto da produção de grão em cada um dos regimes hídricos, atribuiu-se o índice = 100, considerando assim que a produção máxima de grão em cada um dos ensaios equivale a 100 % da produção de grão verificada. Aos restantes valores de produção de grão atribui-se o índice de forma proporcional. Assim, nesta secção serão considerados em simultâneo os 3 regimes hídricos estudados, sendo que a estratégia de rega se traduz em:

- DR1: aplicação de rega para satisfazer 100 % ETc;
- DR2: aplicação de rega para satisfazer 100 % ETc apenas nas fases críticas;
- Seq: sem aplicação de rega, o estado hídrico da cultura está totalmente dependente da precipitação ocorrida durante o ensaio.

Os resultados da análise ANOVA e teste de comparação de médias da produção de grão ponderada, nos ensaios com fertilizantes específicos e fertilizantes clássicos (sem o tratamento A<sub>6</sub>) podem ser visualizados no Quadro A.18 no Anexo II. Para um nível de significância de 5 %, os resultados de produção de grão\* obtidos com a utilização de fertilizantes específicos, são (Quadro 17):

- estatisticamente diferente entre as diferentes estratégias de rega;
- superior no regadio do que nos ensaios em sequeiro, pois neste foram aplicados uma menor quantidade de fertilização azotada. No entanto, a aplicação de fertilizantes específicos nos ensaios de sequeiro permite, uma aproximação dos valores de produção de grão\* aos valores obtidos na modalidade DR2 e por consequência na DR1;
- produção de grão mais elevada na modalidade DR1;
- estatisticamente semelhante entre diferentes fracionamentos de N;
- e não revelam interacção entre as estratégias de rega e de fertilização azotada (factores independentes).

Já os resultados de produção de grão\* obtidos com a utilização de fertilizantes clássicos, são (Quadro 17):

- estatisticamente diferentes entre as diferentes estratégias de rega, à excepção dos valores obtidos para modalidade DR1 e DR2 que são estatisticamente semelhantes, ou seja, ambas modalidades de regadio conferem resultados semelhantes em termos de produção de grão\*;
- estatisticamente semelhante entre diferentes fracionamentos de N;
- e revelam interacção entre a estratégia rega e de fertilização (factores dependentes).

**Quadro 17. Efeito do regime hídrico e do fracionamento de azoto no índice agregativo ponderado da produção de grão (produção de grão\*).**

Factor de variação	Produção de grão* (-)	
	Fertilizantes Específicos	Fertilizantes Clássicos
<b>Estratégia de rega</b>		
DR1	84 <sup>a</sup>	84 <sup>a</sup>
DR2	83 <sup>ab</sup>	86 <sup>a</sup>
Seq	75 <sup>b</sup>	65 <sup>b</sup>
<b>Fracionamento</b>		
A <sub>1</sub>	85 <sup>a</sup>	76 <sup>a</sup>
A <sub>2</sub>	74 <sup>a</sup>	80 <sup>a</sup>
A <sub>3</sub>	79 <sup>a</sup>	74 <sup>a</sup>
A <sub>4</sub>	81 <sup>a</sup>	82 <sup>a</sup>
A <sub>5</sub>	82 <sup>a</sup>	79 <sup>a</sup>
A <sub>6</sub>	82 <sup>a</sup>	-
<b>Interacção</b>	n.s.	*

Nota: Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre médias para cada factor de variação, de acordo com o teste Tukey para P-value < 0,05.  
n.s.: Não significativo; \*: Significativo para P-value < 0,05

Considerando os vários cenários de estado hídrico e de fracionamento/época de aplicação de azoto estudados, apenas nos ensaios de com fertilizantes clássicos, existe interacção estatisticamente significativa entre o regime hídrico da cultura e o fracionamento de azoto. No Quadro 18 visualiza-se os resultados da interacção entre estratégia de rega e de fertilização azotada no índice agregativo ponderado da produção de grão, utilizando fertilizantes clássicos.

**Quadro 18. Resultados da análise da interacção entre as estratégias de rega e fertilização azotada no índice agregativo ponderado da produção de grão (produção de grão\*), em ensaios com fertilizantes clássicos.**

Fertilizantes Clássicos - Interacção Rega/Fert		
Factor de variação		Produção de grão* (-)
Estratégia de rega	Fracionamento	
DR1	A <sub>1</sub>	86 <sup>a</sup>
	A <sub>2</sub>	91 <sup>a</sup>
	A <sub>3</sub>	87 <sup>a</sup>
	A <sub>4</sub>	85 <sup>a</sup>
	A <sub>5</sub>	73 <sup>abc</sup>
DR2	A <sub>1</sub>	90 <sup>a</sup>
	A <sub>2</sub>	82 <sup>ab</sup>
	A <sub>3</sub>	88 <sup>a</sup>
	A <sub>4</sub>	85 <sup>a</sup>
	A <sub>5</sub>	85 <sup>a</sup>
Seq	A <sub>1</sub>	51 <sup>bc</sup>
	A <sub>2</sub>	68 <sup>abc</sup>
	A <sub>3</sub>	48 <sup>c</sup>
	A <sub>4</sub>	78 <sup>abc</sup>
	A <sub>5</sub>	80 <sup>ab</sup>

*Nota:* Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre médias para cada factor de variação, de acordo com o teste Tukey para P-value < 0,05.

A análise da interacção entre a estratégia de rega e de fertilização nos ensaios com fertilizantes clássicos, revela para um grau de confiança de 95 %, que:

- as modalidades de regadio (DR1 e DR2) permitem a obtenção de produções de grãos\* mais elevadas nos fracionamentos A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub> e A<sub>4</sub> na modalidade DR1 e o fracionamento A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub> e A<sub>5</sub> na DR2, ou seja, os valores são estatisticamente semelhantes, independentemente da modalidade de rega utilizada (DR1, DR2);
- em sequeiro, os melhores resultados são obtidos com o fracionamento A<sub>5</sub>, estatisticamente semelhantes a A<sub>2</sub> na DR2, no entanto equivalem as produções de grão\* inferiores às obtidas com A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub> e A<sub>5</sub> na DR2;

- o efeito da interação observa-se no comportamento dos fracionamentos  $A_1$  e  $A_3$  que é diferente das modalidades de regadio (DR1 e DR2) para o sequeiro, apresentando neste regime valores significativamente mais baixos.

## **4.4 QUALIDADE DO GRÃO**

### **4.4.1 MASSA DO HECTOLITRO, TEOR DE PROTEÍNA E DE HUMIDADE DO GRÃO**

A qualidade do grão será avaliada através dos parâmetros de massa hectolitro, teor de proteína no grão e do teor de humidade do grão. Em sequeiro não foi possível realizar medições de massa do hectolitro por não existir quantidade de sementes suficiente para realizar uma medição correcta segundo o procedimento da Norma Portuguesa NP 988 (1993) do Instituto Português da Qualidade. O Quadro 19 apresenta a classificação da qualidade do grão de trigo segundo os parâmetros teor de proteína do grão, peso de 1000 grãos e massa do hectolitro para os ensaios com fertilizantes específicos e clássicos em regadio e sequeiro. As categorias de classificação são feitas com base no estudo de **Williams et al.** (1988). Para estes indicadores de qualidade do grão observa-se, no Quadro 19, que os resultados obtidos para utilização dos fertilizantes específicos e dos clássicos se enquadram na mesma categoria, sem diferenças entre as duas estratégias de rega (DR1 e DR2). No ensaio de sequeiro, os resultados indicam que é possível obter uma classificação para o teor de proteína mais elevado, se forem aplicados fertilizantes específicos. Constata-se também que uma menor quantidade de azoto (120 kg/ha) em regime de sequeiro tem um impacto negativo na categoria de qualidade do grão do trigo mole ‘Antequera’.

**Quadro 19. Classificação da qualidade do grão segundo os parâmetros teor de proteína, peso de 1000 grãos e massa do hectolitro, segundo Williams *et al.* (1988).**

Classificação	Fertilizantes Específicos			Fertilizantes Clássicos		
	DR1	DR2	Seq	DR1	DR2	Seq
Teor de proteína do grão (% SS)	Muito alta	Muito alta	Alta	Muito alta	Muito alta	Média
Peso de 1000 grãos (g)	Médio	Médio	Pequeno	Médio	Médio	Pequeno
Massa hectolitro (g/hl)	Muito pesado	Muito pesado	-	Muito pesado	Muito pesado	-

No Anexo II, os Quadros A.3 e A.4 compilou-se a estatística descritiva de todos os parâmetros observados nos ensaios com fertilizantes específicos e clássicos. No Quadro 20 e 21 observa-se o valor médio e desvio-padrão da massa do hectolitro, teor de proteína e de humidade do grão nos ensaios com fertilizantes específicos e fertilizantes clássicos, respectivamente. O teor de proteína do grão ( $16,32 \pm 0,92$  % SS) nos fertilizantes específicos e ( $16,23 \pm 2,20$  % SS) nos clássicos e a massa do hectolitro ( $80,82 \pm 1,12$  kg/hl) nos fertilizantes clássicos são os únicos parâmetros que apresentam valores médios mais elevados em DR2 do que em DR1. Apesar de existirem algumas diferenças entre os valores médios dos parâmetros em avaliação, esta alteração da dotação de rega apenas provoca pequenas variações. A alteração da dotação de rega parece influenciar com maior intensidade o teor de humidade no grão, pois este é o único parâmetro que apresenta diferenças entre os valores médios superiores ao seu respectivo desvio-padrão (Quadro 20 e 21). Nos fertilizantes específicos essa diferença entre os valores médios em DR1 e DR2 é de 1,95 % SS, e nos fertilizantes clássicos é de 2,21 % SS.



**Quadro 20. Valor médio, desvio-padrão, máximo e mínimo observado para a massa do hectolitro, teor de proteína e de humidade do grão nos ensaios com fertilizantes específicos.**

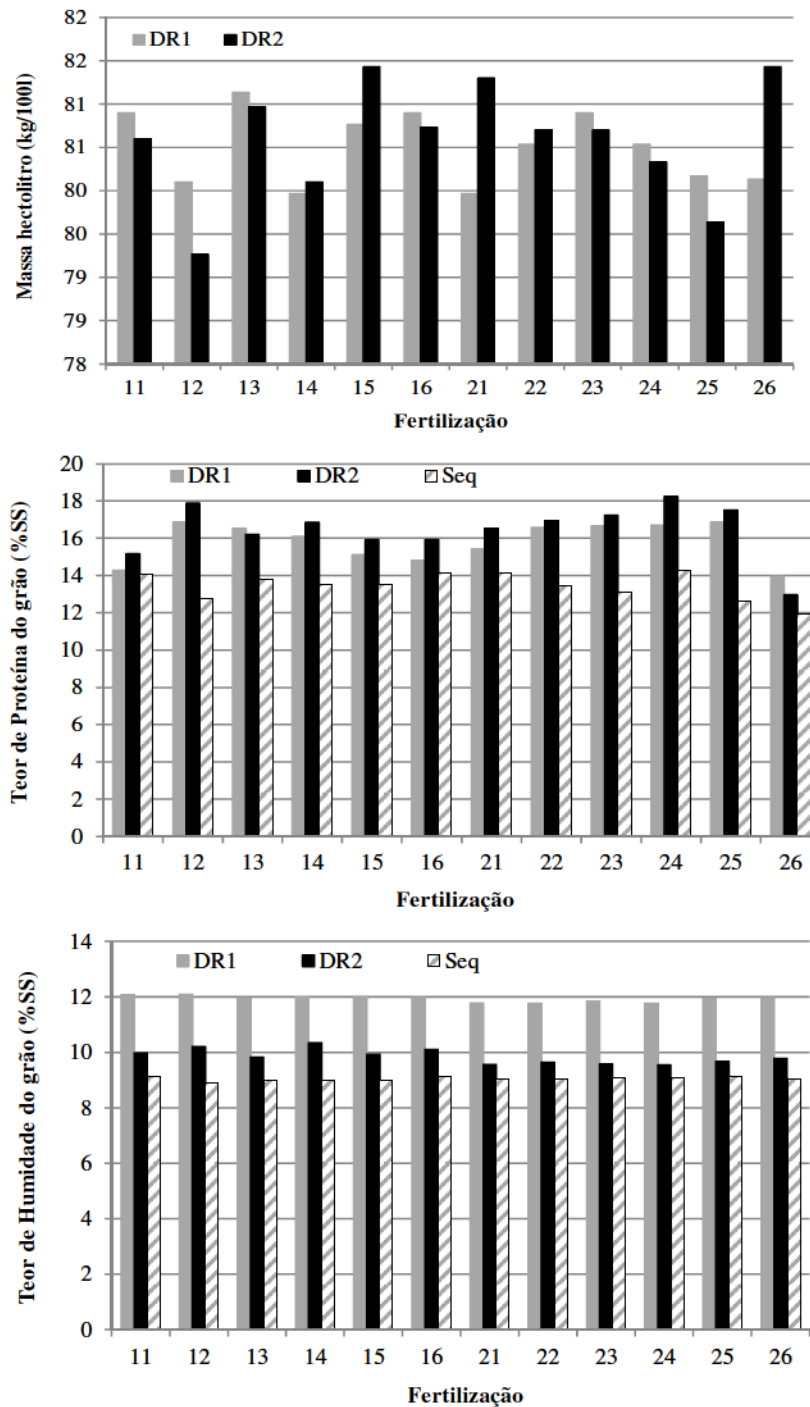
	Massa hectolitro (g/hl)	Teor de proteína do grão (% SS)	Teor de humidade do grão (% SS)
<b>Dotação de rega 1 (DR1)</b>			
Média ± Desvio padrão	80,63 ± 1,08	15,61 ± 1,16	12,01 ± 0,15
Máximo	82,10	17,28	12,22
Mínimo	77,10	13,49	11,71
<b>Dotação de rega 2 (DR2)</b>			
Média ± Desvio padrão	80,52 ± 1,13	16,32 ± 0,92	10,06 ± 0,30
Máximo	82,10	18,09	10,88
Mínimo	77,80	14,91	9,77
<b>Sequeiro (Seq)</b>			
Média ± Desvio padrão	-	13,63 ± 0,55	9,02 ± 0,10
Máximo	-	14,69	9,20
Mínimo	-	12,22	8,83

Nas parcelas onde foram aplicados os fertilizantes específicos (Quadro 20) e fertilizantes clássicos (Quadro 21) constata-se, para todas as variáveis em estudo, valores médios mais elevados na dotação de rega 1 (DR1) do que na dotação de rega 2 (DR2), à excepção do teor de proteína no grão e massa do hectolitro nos fertilizantes clássicos. O teor de humidade do grão máximo em DR1 atingiu os 12,22 % SS nos fertilizantes específicos e 12,08 % SS nos fertilizantes clássicos. Os parâmetros teor de proteína e de humidade do grão, em sequeiro, apresentam valores médios muito próximos nos ensaios com fertilizantes específicos e clássicos.

**Quadro 21. Valor médio, desvio-padrão, máximo e mínimo observado para a massa do hectolitro, teor de proteína e de humidade do grão nos ensaios com fertilizantes clássicos.**

	Massa hectolitro (g/hl)	Teor de proteína do grão (% SS)	Teor de humidade do grão (% SS)
<b>Dotação de rega 1 (DR1)</b>			
Média ± Desvio padrão	80,37 ± 0,81	16,02 ± 1,25	11,84 ± 0,13
Máximo	81,30	17,37	12,08
Mínimo	78,50	12,43	11,64
<b>Dotação de rega 2 (DR2)</b>			
Média ± Desvio padrão	80,82 ± 1,12	16,23 ± 2,20	9,63 ± 0,23
Máximo	81,90	18,90	10,13
Mínimo	77,40	11,64	9,19
<b>Sequeiro (Seq)</b>			
Média ± Desvio padrão	-	13,27 ± 1,00	9,07 ± 0,06
Máximo	-	15,19	9,17
Mínimo	-	11,72	8,97

Na Figura 28 é possível visualizar os valores médios obtidos para a massa do hectolitro, teor de humidade e de proteína do grão nas diferentes estratégias de fertilização e de rega, simultaneamente. Em termos médios, constata-se para massa do hectolitro uma tendência aparente, em que a modalidade DR2 prevalece sobre a DR1, com a massa do hectolitro mais elevada no fracionamento A<sub>5</sub> com fertilizantes específicos e nos fracionamentos A<sub>1</sub> e A<sub>6</sub> com clássicos. Os resultados médios do teor de humidade do grão mostram-se semelhantes (Figura 28) sem destaque aparente de nenhum dos fracionamento de fertilizante e/ou tipo de fertilizante, salientando-se apenas o teor de humidade médio superior em nos ensaios com DR1.



**Legenda:**

DR1: Dotação de Rega 1  
 DR2: Dotação de Rega 2

Fertilização: Fracionamento de fertilizante  
 11: Fertilizantes específicos tratamento A<sub>1</sub>  
 12: Fertilizantes específicos tratamento A<sub>2</sub>  
 13: Fertilizantes específicos tratamento A<sub>3</sub>  
 14: Fertilizantes específicos tratamento A<sub>4</sub>

15: Fertilizantes específicos tratamento A<sub>5</sub>  
 16: Fertilizantes específicos tratamento A<sub>6</sub>  
 21: Fertilizantes clássicos tratamento A<sub>1</sub>  
 22: Fertilizantes clássicos tratamento A<sub>2</sub>  
 23: Fertilizantes clássicos tratamento A<sub>3</sub>  
 24: Fertilizantes clássicos tratamento A<sub>4</sub>  
 25: Fertilizantes clássicos tratamento A<sub>5</sub>  
 26: Fertilizantes clássicos tratamento A<sub>6</sub>

**Figura 28. Valores médios obtidos para a massa do hectolitro, teor de proteína e de humidade do grão nas diferentes estratégias de fertilização e de rega.**

Já no teor de proteína do grão observa-se o contrário, pois os valores em DR2 destacam-se em relação aos de DR1 e visualizam-se respostas do trigo ‘Antequera’ superiores nos fracionamentos A<sub>2</sub> e A<sub>4</sub> com fertilizantes específicos e A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub> e A<sub>5</sub> com fertilizantes clássicos. Em sequeiro, os resultados obtidos do teor de proteína revelam-se bons (médio - alto) e consistentes ao longo dos fracionamentos e tipos de fertilizantes utilizados. De forma a comprovar se efectivamente existem diferenças estatisticamente significativas entre as modalidades de rega e o fracionamento de azoto, nos Quadros 22 e 23 são expostos os resultados da análise ANOVA e do teste de comparação de médias (Tukey) para um nível de significância de 5 %.

**Quadro 22. Efeito da estratégia de rega e de fracionamento de azoto na massa do hectolitro, teor de proteína e de humidade do grão, nos ensaios com fertilizantes específicos.**

Factor de variação	Massa hectolitro (g/hl)	Teor de proteína do grão (% SS)	Teor de humidade do grão (% SS)
<b>Estratégia de rega</b>			
DR1	80,63 <sup>a</sup>	15,61 <sup>a</sup>	12,01 <sup>a</sup>
DR2	80,52 <sup>a</sup>	16,32 <sup>a</sup>	10,06 <sup>b</sup>
<b>Fracionamento</b>			
A1	80,75 <sup>a</sup>	14,71 <sup>d</sup>	11,02 <sup>a</sup>
A2	79,68 <sup>a</sup>	17,38 <sup>a</sup>	11,15 <sup>a</sup>
A3	81,05 <sup>a</sup>	16,36 <sup>b</sup>	10,88 <sup>a</sup>
A4	80,03 <sup>a</sup>	16,47 <sup>b</sup>	11,16 <sup>a</sup>
A5	81,10 <sup>a</sup>	15,51 <sup>c</sup>	10,96 <sup>a</sup>
A6	80,82 <sup>a</sup>	15,36 <sup>c</sup>	11,03 <sup>a</sup>
<b>Interação</b>	n.s.	*	*

Nota: Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre médias para cada factor de variação, de acordo com o teste Tukey para P-value < 0,05.  
n.s.: Não significativo; \*: Significativo para P-value < 0,05

Efectivamente, apesar de se observarem diferenças entre os valores médios da massa do hectolitro, na análise da estratégia de rega e de fracionamento de azoto, estas não são estatisticamente significativas. Para um nível de significância de 5 %, os valores médios da massa do hectolitro são estatisticamente semelhantes entre as modalidades de rega e fracionamento de azoto. Sendo que o mesmo acontece nos ensaios com fertilizantes

clássicos (Quadro 23). Para o teor de proteína do grão também não existem diferenças significativas entre as modalidades de rega com a aplicação de fertilizantes específicos (Quadro 22) nem com a utilização de fertilizantes clássicos (Quadro 23). Relativamente ao teor de humidade a diferença entre os valores médios comentada anteriormente, é significativa, ou seja, existem evidências estatísticas de que o teor de humidade na DR1 é diferente e superior ao valor médio obtido em DR2, nos ensaios com fertilizantes específicos e clássicos. Para além disso, para o teor de humidade do grão não existem diferenças significativa entre os diferentes fracionamentos de azoto, para os ensaios com fertilizantes específicos e com fertilizantes clássicos.

**Quadro 23. Efeito da estratégia de rega e de fracionamento de azoto na massa do hectolitro, teor de proteína e de humidade do grão, nos ensaios com fertilizantes clássicos.**

Factor de variação	Massa hectolitro (g/hl)	Teor de proteína do grão (% SS)	Teor de humidade do grão (% SS)
<b>Estratégia de rega</b>			
DR1	80,42 <sup>a</sup>	16,44 <sup>a</sup>	11,81 <sup>a</sup>
DR2	80,70 <sup>a</sup>	16,88 <sup>a</sup>	9,60 <sup>b</sup>
<b>Fracionamento</b>			
A <sub>1</sub>	80,55 <sup>a</sup>	15,94 <sup>a</sup>	10,70 <sup>a</sup>
A <sub>2</sub>	80,90 <sup>a</sup>	16,94 <sup>a</sup>	10,72 <sup>a</sup>
A <sub>3</sub>	80,70 <sup>a</sup>	17,14 <sup>a</sup>	10,69 <sup>a</sup>
A <sub>4</sub>	80,47 <sup>a</sup>	16,70 <sup>a</sup>	10,62 <sup>a</sup>
A <sub>5</sub>	80,18 <sup>a</sup>	16,57 <sup>a</sup>	10,80 <sup>a</sup>
<b>Interacção</b>	n.s.	n.s.	*

Nota: Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre médias para cada factor de variação, de acordo com o teste Tukey para P-value < 0,05.

n.s.: Não significativo; \*: Significativo para P-value < 0,05

Nos Quadros 24 e 25 estão expostos os resultados da análise da interacção entre a estratégia de rega e o fracionamento de azoto, para as variáveis teor de proteína nos ensaios com fertilizantes específicos e teor de humidade do grão nos ensaios com fertilizantes específicos e clássicos.

**Quadro 24. Resultados da análise da interacção entre a estratégia de rega e fertilização azotada no teor de proteína do grão, em ensaios com fertilizantes específicos.**

DR	Fert	Média	1,A1	1,A2	1,A3	1,A4	1,A5	1,A6	2,A1	2,A2	2,A3	2,A4	2,A5
1	A1	14,27											
1	A2	16,87	2,61*										
1	A3	16,51	2,25*	0,36									
1	A4	16,10	1,83*	0,78	0,42								
1	A5	15,11	0,84	1,77*	1,41*	0,99*							
1	A6	14,80	0,54	2,07*	1,71*	1,29*	0,30						
2	A1	15,16	0,90	1,71	1,35	0,94	0,05	0,36					
2	A2	17,88	3,61	1,00	1,36	1,78	2,77	3,07	2,72*				
2	A3	16,21	1,94	0,67	0,31	0,11	1,10	1,40	1,05*	1,67*			
2	A4	16,84	2,58	0,03	0,33	0,75	1,74	2,04	1,68*	1,03*	0,64		
2	A5	15,92	1,65	0,96	0,60	0,18	0,81	1,11	0,76	1,96*	0,29	0,93	
2	A6	15,92	1,65	0,96	0,60	0,18	0,81	1,11	0,76	1,96*	0,29	0,93	0,00
Legenda:		DR: dotação de rega			Fert: Fertilização								
		1: dotação de rega 1			* valores estatisticamente iguais, para $\alpha = 5\%$								
		2: dotação de rega 2											

A análise de pares de interacção rega  $\times$  fracionamento de fertilizante (DR  $\times$  Fert) demonstra para o parâmetro teor de proteína do grão, aplicando fertilizantes específicos:

- tanto para a dotação de rega 1 (DR1) como para a dotação de rega 2 (DR2) o fracionamento de azoto A<sub>2</sub> (50 % sementeira + 50 % emborrachamento), apresenta a média do par DR  $\times$  Fert mais elevada, respectivamente, 16,87 % SS e 17,88 % SS.

A análise de comparação de médias apresentadas no Quadro 25 mostram posições diferentes nas médias das interacções fracionamento de rega  $\times$  fertilizante do teor de humidade do grão nos ensaios com fertilizantes específicos e clássicos. No entanto, para qualquer dos ensaios, independentemente do tipo de fertilizante, os valores mais elevados foram obtidos sempre na dotação de rega 1 (DR1), estatisticamente diferentes dos valores obtidos na dotação de rega 2 (DR2) para o mesmo fracionamento. O factor rega foi o que mais influenciou a humidade do grão, com valores mais elevados na DR1, qualquer que seja o fracionamento de azoto seleccionado (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub> e A<sub>6</sub>), os resultados do teor de humidade do grão são idênticos.

**Quadro 25. Resultados da análise da interacção entre as estratégias de rega e fertilização azotada no teor de humidade, nos ensaios com fertilizantes específicos e clássicos.**

Teor de humidade do grão (% SS)				
Rega	Fertilizantes Específicos		Fertilizantes Clássicos	
	Fert	Médias	Fert	Médias
DR1	A <sub>2</sub>	12,09 <sup>a</sup>	A <sub>5</sub>	11,94 <sup>a</sup>
	A <sub>1</sub>	12,08 <sup>a</sup>	A <sub>3</sub>	11,84 <sup>a</sup>
	A <sub>5</sub>	11,99 <sup>a</sup>	A <sub>1</sub>	11,77 <sup>a</sup>
	A <sub>4</sub>	11,98 <sup>a</sup>	A <sub>2</sub>	11,78 <sup>a</sup>
	A <sub>6</sub>	11,97 <sup>a</sup>	A <sub>4</sub>	11,76 <sup>a</sup>
	A <sub>3</sub>	11,95 <sup>a</sup>	-	-
DR2	A <sub>4</sub>	10,34 <sup>b</sup>	A <sub>2</sub>	9,68 <sup>b</sup>
	A <sub>2</sub>	10,21 <sup>b</sup>	A <sub>5</sub>	9,65 <sup>b</sup>
	A <sub>6</sub>	10,10 <sup>b</sup>	A <sub>1</sub>	9,62 <sup>b</sup>
	A <sub>1</sub>	9,97 <sup>b</sup>	A <sub>3</sub>	9,54 <sup>b</sup>
	A <sub>5</sub>	9,93 <sup>b</sup>	A <sub>4</sub>	9,44 <sup>b</sup>
	A <sub>3</sub>	9,82 <sup>b</sup>	-	-

**Nota:** Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre médias para cada factor de variação, de acordo com o teste Tukey para P-value < 0,05.

A análise dos efeitos da estratégia de fracionamento de azoto nos ensaios de sequeiro (Quadro 26) com fertilizante específicos, destaca para o teor de proteína do grão os fracionamentos A<sub>1</sub> (100 % N total na sementeira, com Deiba (20-10-10)) ou A<sub>6</sub> (100 % N total na sementeira com Nergetic (20-8-10)) e para o teor de humidade do grão o A<sub>6</sub> (100 % N total na sementeira com Nergetic (20-8-10)).

**Quadro 26. Efeito da estratégia de fracionamento de azoto no teor de proteína e de humidade do grão, nos ensaios de sequeiro.**

	Factor de variação	Teor de proteína do grão (% SS)	Teor de humidade do grão (% SS)
<b>Fertilizantes Específicos</b>	<b>Fracionamento</b>		
	A <sub>1</sub>	14,09 <sup>a</sup>	9,11 <sup>ab</sup>
	A <sub>2</sub>	12,79 <sup>b</sup>	8,92 <sup>b</sup>
	A <sub>3</sub>	13,77 <sup>ab</sup>	8,98 <sup>ab</sup>
	A <sub>4</sub>	13,50 <sup>ab</sup>	8,98 <sup>ab</sup>
	A <sub>5</sub>	13,54 <sup>ab</sup>	9,01 <sup>ab</sup>
	A <sub>6</sub>	14,13 <sup>a</sup>	9,14 <sup>a</sup>
<b>Fertilizantes Clássicos</b>	<b>Fracionamento</b>		
	A <sub>1</sub>	14,17 <sup>a</sup>	9,05 <sup>a</sup>
	A <sub>2</sub>	13,44 <sup>a</sup>	9,03 <sup>a</sup>
	A <sub>3</sub>	13,14 <sup>a</sup>	9,09 <sup>a</sup>
	A <sub>4</sub>	14,26 <sup>a</sup>	9,07 <sup>a</sup>
	A <sub>5</sub>	12,65 <sup>a</sup>	9,12 <sup>a</sup>

Nota: Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre médias para cada factor de variação, de acordo com o teste Tukey para P-value < 0,05.

Com a aplicação de fertilizantes clássicos, o teor de proteína e o teor de humidade do grão não apresentam diferenças estatísticas entre os diferentes fracionamentos de N, sendo possível seleccionar qualquer um dos fracionamentos estudados, pois produzem estatisticamente resultados semelhantes, com um grau de confiança de 95 %.



## 5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da dinâmica da água no solo mostra uma evolução do teor de humidade do solo ao longo do tempo e ao longo do perfil do solo muito semelhantes entre as estratégias de rega (DR1 e DR2) com fertilizantes específicos e clássicos. Para os ensaios de sequeiro, como seria de esperar verifica-se uma maior dispersão das linhas de teor de humidade ao longo do perfil no solo, sendo bem visível a maior depleção hídrica nas primeiras camadas do solo. Em termos de estratégia de fertilização, constata-se, para regadio e sequeiro, um armazenamento de água no perfil superior com a utilização de fertilizantes clássicos, ou seja, um valor médio de extracção de água inferior. Em todos os ensaios observa-se que a extracção está a ocorrer essencialmente nas duas camadas mais superficiais do solo, no entanto no ensaio de sequeiro constata-se a possibilidade de existir um maior desenvolvimento radicular, pois ocorre ainda uma extracção elevada na camada de 35 - 45 cm. Nos ensaios com fertilizantes específicos (EEF) observa-se um possível aumento da capacidade de absorção de água por parte das raízes, pois os valores médios de extracção obtidos são superiores.

Com base na análise da estatística descritiva, ANOVA e teste de Tukey para um nível de significância de 5 %, constata-se a ocorrência de valores médios mais elevados (ex. produção de grão, peso de 1000 grãos, etc.) na modalidade de rega DR1. Verifica-se nos parâmetros de qualidade do grão (teor de proteína no grão e massa do hectolitro) valores médios absolutos mais elevados para DR2, sendo no entanto, estatisticamente semelhantes aos valores obtidos na modalidade DR1. As produções de grão ‘Antequera’ mais elevadas observam-se com o uso de fertilizantes clássicos em DR1, de fertilizantes específicos (EEF) em DR2 e com a aplicação de fertilizantes específicos em sequeiro. Mais especificamente, para a produção de grão e componentes de produção da variedade ‘Antequera’, destaca-se para cada factor e sua interacção, o seguinte:

Estratégia de fertilização:

- Fertilizantes clássicos: não existem diferenças estatisticamente significativas na aplicação dos diferentes fracionamentos de azoto nos ensaios de regadio e de sequeiro (DR1, DR2 e Seq), podendo o agricultor seleccionar qualquer um dos fracionamentos de fertilizante (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub> ou A<sub>5</sub>);
- Fertilizantes específicos (EEF):
  - em regadio (DR1 e DR2) o fracionamento de azoto a seleccionar é o A<sub>5</sub> (75 % sementeira + 25 % encanamento) para produções médias de grão e para

número de espigas/m<sup>2</sup> superior (rendimento mais elevado), no entanto, para um teor de proteína superior (que pode proporcionar melhor qualidade tecnológica do grão) deve-se optar pelo fracionamento A<sub>2</sub> (50 % sementeira + 50 % emborrachamento);

- em sequeiro, não se observam diferenças estatísticas entre a produção média de grão e as componentes de produção avaliadas, mas para a obtenção de um teor de proteína mais elevado destaca-se o fracionamento A<sub>6</sub> (100 % sementeira, Nergetic (20-8-10)). Já o tratamento A<sub>2</sub> (50 % sementeira + 50 % emborrachamento) é o fracionamento que apresenta os resultados mais baixos de teor de proteína e de humidade do grão. Em termos de teor de proteína observa-se que é possível, sem prejuízo para o rendimento, optar pelo fracionamento A<sub>1</sub> (100 % sementeira, Deiba (20-10-10)) ou A<sub>6</sub> (100 % sementeira, Nergetic (20-8-10)), ambas com aplicação única.

#### Estratégia de rega:

- Fertilizantes clássicos: a selecção da dotação de rega 1 (DR1) para obtenção de valores médios de produção de grão, n.º grãos/espiga, peso de 1000 grãos, teor de humidade e NDVI superiores, sendo que não existem evidências estatísticas de diferenças entre DR1 e DR2 para os restantes parâmetros estudados (n.º espigas/m<sup>2</sup>, teor de proteína do grão, massa do hectolitro e SPAD);
- Fertilizantes específicos (EEF): escolha da DR1, como melhor estratégia para obter número espigas/m<sup>2</sup> superior. Sendo que para os restantes parâmetros estudados (produção de grão, n.º grãos/espiga, teor de proteína do grão, peso de 1000 grão, etc.), não existem diferenças estatisticamente significativas entre a DR1 e DR2, para um grau de confiança de 95 %.

#### Interação entre estratégias de fertilização e de rega:

- Fertilizantes clássicos: os parâmetros avaliados evidenciam interacção estatisticamente significativa, ou seja, os factores rega e fertilização azotada são dependentes (a forma de fracionar depende da rega), à excepção dos índices NDVI e SPAD, n.º espigas/m<sup>2</sup>, massa do hectolitro e teor de proteína do grão;
- Fertilizantes específicos (EEF): de entre os parâmetros estudados apenas se observam diferenças estatisticamente significativas no teor de proteína do grão, no teor de humidade do grão e no n.º espigas/m<sup>2</sup>. De entre as dotações de rega, a

selecção da DR2 conjugada com fracionamento de fertilizante  $A_2$ , pois é a interacção DR  $\times$  Fert que apresenta o valor médio de teor de proteína do grão mais elevado, enquanto para potenciar o n.º de espigas/m<sup>2</sup> deve-se optar pela estratégia de rega DR1 e o fracionamento  $A_2$ .

Na análise comparativa dos 3 regimes hídricos estudados, para a produção média de grão ponderada conclui-se:

- Fertilizantes específicos: existem diferenças estatísticas entre as 3 modalidades, sendo a DR1 aquela que revela melhores resultados. No entanto, não existem diferenças significativas entre os diferentes fracionamentos e azoto.
- Fertilizantes clássicos: não existem diferenças estatisticamente significativas entre a DR1 e DR2, mas ambas as modalidades produzem resultados distintos do Seq e à semelhança dos fertilizantes específicos, não se observando diferenças entre os fracionamentos de azoto estudados;
- Apenas se verifica interacção entre as estratégias de rega e época de aplicação/ fracionamento de azoto na utilização de fertilizantes clássicos, destacando-se pela negativa as interacções Seq  $\times$   $A_3$  e Seq  $\times$   $A_1$ .

Nos tempos que decorrem o aumento populacional e a degradação dos recursos naturais têm vindo a exercer uma enorme pressão sobre o planeta Terra, concretamente sobre a indústria alimentar e, conseqüentemente sobre os sectores da agro-pecuária. Saciar as necessidades e a procura de alimentos básicos tem exigido uma maior intensificação agrícola. Para além da utilização de recursos escassos (ex. água) este sector tem também a preocupação da obtenção de lucro, o que por vezes faz cair em esquecimento que esta actividade económica, assim como outras, tem o dever de ser ambientalmente sustentável. Esta consciencialização tem vindo a tornar-se cada vez maior, pois já existe a preocupação do uso mais eficiente dos recursos.

A água e o azoto são dois elementos essenciais à vida das plantas e à vida humana. O seu estudo é complexo, porque estes elementos intervêm em muitos outros processos, reacções físico-químicas e existem um grande número de interacções possíveis que podem ou não influenciar a produção e a sua qualidade para fabrico de alimentos básicos. Por isso, o seu estudo e a consolidação de conhecimentos existentes são importantes, para poder criar/melhorar produtos, técnicas e tecnologias e contribuir para

um uso eficiente e racional de todos os factores de produção (ex. garantir a fertilidade actual e futura do solo).

As sugestões para futuros estudos passam sempre, por continuar a complementar o conhecimento gerado, validar essa informação com ensaios plurianuais, inovar as técnicas e práticas agrícolas e realizar transferência tecnológica. Assim, para além de aprofundar o estudo das interacções entre os factores de produção água e azoto nas culturas, a contabilização do balanço nutricional e hídrico no sistema solo - planta, estudos de viabilidade económica (ex. contabilização do gasóleo dos itinerários técnicos), energéticos (ex. consumo dos sistemas de rega) e ambientais (ex. estudo da poluição dos lençóis freáticos) são fundamentais para gerar e transferir conhecimentos mais sólidos. E por fim, toda a criação de conhecimento, de técnicas e de tecnologias deve divulgação e posta em prática, de forma a criar não só valor científico mas também valor económico e social.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Acevedo, E.; Hsiao, T. & Henderson, D.** (1971). Immediate and subsequent growth responses of maize leaves to changes in water status. *Plant Physiology*. n.º 48. pp. 631 - 636 in **Acevedo, E.; Silva, P. & Silva, H.** (2002). Wheat growth and physiology. *FAO Plant Production and Protection*, n.º 30. pp. 39 - 70.

**Albrizio, R.; Todorovic, M.; Matic, T.; Stellacci, A.** (2010). Comparing the interactive effects of water and nitrogen on durum wheat and barley grown in a Mediterranean environment. *Field Crops Research* 115. pp. 179 - 190.

**Allen, R.; Raes, D.; Smith, M.; Pereira, L.** (1998). Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop requirements. *FAO Irrigation and Drainage Paper* 56. pp. 1 - 277.

**Almeida, A.; Coutinho J.; Costa; A.; Gomes, C.; Pinheiro, N.; Bagulho, A. Costa, A.; Coco J.; Maçãs, B.** (2017): Trigo Mole e Trigo Duro. A valorização da aplicação de regas suplementares. *Grandes Culturas*. n.º 9. pp. 16 - 19.

**Arrobas, M.; Parada, M.; Magalhães, P.; Rodrigues, M.** (2011). Nitrogen - use efficiency and economic efficiency of slow - release N fertilisers applied to irrigated turfs in a Mediterranean environment. *Nutrient Cycle Agroecosystems* 89. pp. 329 - 339.

**Belderok, B.; Mesdag, H. & Donner, D.** (2000). Bread-making quality of wheat. A century of breeding in Europe. *Springer Netherlands*, pp. 1- 398.

**Biscoe, P.** (1988). N - Sure, the selective N - fertilisation for wheat. in *Knowledge-Based Systems in Agriculture*. *International DLG - Congress Computer Technology*, pp. 401- 413 in **Acevedo, E.; Silva, P. & Silva, H.** (2002). Wheat growth and physiology. *FAO Plant Production and Protection*, n.º 30. pp. 39 - 70.

**Blandino, M.; Marinaccio, F.; Vaccino, P.; Reyneri, A.** (2015). Nitrogen Fertilization Strategies Suitable to Achieve the Quality Requirements of Wheat for Biscuit Production. *Soil Fertility & Crop Nutrition*. *Agronomy Journal*. Volume 107. Issue 4. pp. 1584 - 1594.

**Blaylock, A.** (2010). Enhanced efficiency fertilizers. Colorado State University soil fertility lecture. Agrium Advanced Technologies in **Butzen, S.** (2013). Controlled-Release Nitrogen Fertilizers. Crop Insights. Dupont Pioneer. pp. 1 - 3.

**Calado, J.; Gottlieb, B. & Carvalho, M.** (2008). Adaptabilidade de Trigo Mole às condições Mediterrânicas em função do seu ciclo vegetativo. *Revista de Ciências Agrárias*, volume 31, n.º 1, pp. 57 - 67.

**Cardoso, J.** (1965). Os solos de Portugal - A sua classificação, caracterização e génese. A Sul do Rio Tejo. Volume I. Direcção - Geral dos Serviços Agrícolas da Secretária de Estado da Agricultura, pp. 130 - 165.

**Cardoso, J.** (1971). Carta dos Solos de Portugal. Escala 1:1 000 000. Serviço de Reconhecimento e de Ordenamento Agrário da Secretária de Estado da Agricultura. Ministério da Economia.

**Carta de Capacidade de Uso do Solo** (1961). Escala 1:50 000. Serviço de Reconhecimento e de Ordenamento Agrário da Secretária de Estado da Agricultura. Ministério da Economia.

**COTR** (2017). Dados meteorológicos e dados referentes à monitorização do teor de humidade no solo fornecidos pelo Eng. Boteta.

**Chen, D.** (2008). Enhanced Efficiency Fertilisers for Agricultural Sustainability and Environmental Quality in Australia. IFA Crossroads Asia - Pacific. Melbourne. pp. 1 - 7.

**Chaves, M.; Maroco, J.; Pereira, J.** (2003). Understanding plant responses to drought - from genes to the whole plant. *Functional Plant Biology*. n.º 30. pp. 239 - 264.

**Costa, J.; Ortuño, M. & Chaves, M.** (2007). Deficit Irrigation as a Strategy to Save Water: Physiology and Potential Application to Horticulture. *Journal of Integrative Plant Biology*. n.º 49 (10). pp. 1421 - 1434.

**Curtis, B.; Rajaram, S. & Gómez, H.** (2002). Bread Wheat: Improvement and Production. *FAO Plant Production and Protection*, n.º 30.

**Cutforth, H.; Jame, Y. & Jefferson, P.** (1992). Effect of temperature, vernalisation and water stress on phyllochron and final main - stem number of HY320 and Neepawa spring wheats. *Journal Plant Science*, n.º 72, pp. 1141 - 1151.

**Deivasigamani, S. & Swaminathan, C.** (2018). Evaluation of Seed Test Weight on Major Field Crops. *International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences*, volume 4, n.º 1, pp. 8 - 119.

**Dias, P.** (2003). Monitorização da Água do solo - Sonda Profile Probe PR1. Guia de Rega 1.8. Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio. pp. 1 - 37.

**Doorenbos, J. & Pruitt, W.** (1977). Guidelines for predicting crop water requirements. *Irrigation and Drainage paper*. n.º 24 (rev. 1). Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. Roma. pp. 1 - 144 in **Oliveira, I.; Maia, J.; Santos, M.** (2003). Gestão de rega. Guia de rega 2.3. Centro Operativo e de Tecnologia de regadio. pp. 1 - 49.

**Ellison, E.** (sd.). Controlled Release Nitrogen Fertilizers for Agriculture. *Agrium Advanced Technologies*. pp. 1 - 31.

**Fabião, M.** (2003). Monitorização da Água do solo - Calibração de equipamentos. Guia de Rega 1.7. Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio. pp. 1 - 55.

**Fereres E. & Evans, R.** (2006). Irrigation of fruit trees and vines. *Irrigation Science*. n.º 24. pp. 55 - 57.

**Fixen, P.; Brentrup, F.; Bruulsema, T.; Garcia, F.; Norton, R.; Zingore, S.** (2014). Nutrient/fertilizer use efficiency: measurement, current situation and trends. *Managing Water and Fertilizer for Sustainable Agricultural Intensification*. chapter 1. pp. 1 - 30.

**Genvce** (2001). Grupo de avaliação de novas variedades de cereais em Espanha. Trigo mole de Primavera. TBP39. ensaios realizados por entidades públicas e por empresas produtoras de semente certificada. campanhas 2009 - 2010 e 2010 - 2011.

**Guertal, A.** (2009). Slow-release Nitrogen Fertilizers in Vegetable Production: A Review. *Hortechology*. volume 19. issue 1. pp. 16 - 19.

**Halvorson, A.; Reule, C. & Follett, R.** (1999). Nitrogen fertilization effects on soil carbon and nitrogen in a dryland cropping system. *Soil Science Society of America Journal*. n.º 63. pp. 912 - 917 in **Fixen, P.; Brentrop, F.; Bruulsema, T.; Garcia, F.; Norton, R.; Zingore, S.** (2014). Nutrient/fertilizer use efficiency: measurement, current situation and trends. *Managing Water and Fertilizer for Sustainable Agricultural Intensification*. chapter 1. pp. 1 - 30.

**Hatfeld, J.; Sauer, T & Prueger, J.** (2001). Managing soils to achieve greater water use efficiency: A review. *Agronomical Journal*. n.º 93. pp. 271 - 280 in **Fixen, P.; Brentrop, F.; Bruulsema, T.; Garcia, F.; Norton, R.; Zingore, S.** (2014). Nutrient/fertilizer use efficiency: measurement, current situation and trends. *Managing Water and Fertilizer for Sustainable Agricultural Intensification*. chapter 1. pp. 1 - 30.

**Hay R. & Walker, A.** (1989) An introduction to the physiology of crop yield. Longman Scientific & Technical. New York: John Wiley & Sons, Inc, New York, USA in **Fixen, P.; Brentrop, F.; Bruulsema, T.; Garcia, F.; Norton, R.; Zingore, S.** (2014). Nutrient/fertilizer use efficiency: measurement, current situation and trends. *Managing Water and Fertilizer for Sustainable Agricultural Intensification*. chapter 1. pp. 1 - 30.

**Hochman, Z.** (1982). Effect of water stress with phasic development on yield of wheat grown in a semi-arid environment. *Field Crops Research*. n.º 5. pp. 55 - 67 in **Acevedo, E.; Silva, P. & Silva, H.** (2002). Wheat growth and physiology. *FAO Plant Production and Protection*, n.º 30. pp. 39 - 70.

**Ilharco, F.** (1992). Equilíbrio biológico de afídeos. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa.

**INIAV - Elvas; IPBeja - ESA & ANPOC** (2017). Relatório da Lista de variedades recomendadas. Dia de Campo 2017.

**INIAV - Elvas; IPBeja - ESA & ANPOC** (2018). Relatório da Lista de variedades recomendadas. Dia de Campo 2018.

**Jones, C. & Olson-Rutz, K.** (2012). Practices to increase wheat grain protein. EB0206. Montana State University Extension. pp. 1-12.



- Kobata, T.; Palta, J. & Turner, N.** (1992). Rate of development of post anthesis water deficits and grain filling of spring wheat. *Crop Science*. n.º, 32. pp. 1238 - 1242 171
- Acevedo, E.; Silva, P. & Silva, H.** (2002). Wheat growth and physiology. *FAO Plant Production and Protection*, n.º 30. pp. 39 - 70.
- Kottek, M., Grieser, J.; Beck, C.; Rudolf, B. & Rubel, F.** (2006). World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*. volume 15. n.º 3. pp. 259 - 263.
- Kramer, P. & Boyer, J.** (1995). *Water relations of plants and soils*. Academic Press, New York in **Pimentel, C.** (2004). A relação da planta com a água. Departamento de Fitotecnia. Instituto de Agronomia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, pp. 48 - 57.
- Latiri - Souki, K.; Nortcliff, S.; Lawlor, D.** (1998). Nitrogen fertilizer can increase dry matter, grain production and radiation and water use efficiencies for durum wheat under semi-arid conditions. *European Journal of Agronomy*. n.º 9, pp. 21- 34 in **Albrizio, R.; Todorovic, M.; Matic, T.; Stellacci, A.** (2010). Comparing the interactive effects of water and nitrogen on durum wheat and barley grown in a Mediterranean environment. *Field Crops Research* 115. pp. 179 - 190.
- Longnecker, N.; Kirby, E. & Robson, A.** (1993). Leaf emergence, tiller growth, and apical development of nitrogen-deficient spring wheat. *Crop Science*, n.º 33, pp. 154 - 160.
- Lopes, A.** (1995). *Internacional Soil Fertility Manual*. 2<sup>nd</sup> edition. International Plant Nutrition Institute. pp. 1 - 117.
- Mapa das Zonas Vulneráveis** (2014). Direcção Regional de Agricultura e Pescas do Alentejo.
- Maharjan, B.; Venterea, R.; Rosen, C.** (2014). Fertilizer and Irrigation Management Effects on Nitrous Oxide Emissions and Nitrate Leaching. *Agronomy Journal*, n.º 106. pp. 703 - 713.

**Maskina, M.; Power, J.; Doran, J. & Wilhelm, W** (1993). Residual effects of no-till crop residues on corn yield and nitrogen uptake. *Soil Science Society of America Journal*, n.º 57, pp. 1555 - 1560 in **Fixen, P.; Brentrup, F.; Bruulsema, T.; Garcia, F.; Norton, R.; Zingore, S.** (2014). Nutrient/fertilizer use efficiency: measurement, current situation and trends. *Managing Water and Fertilizer for Sustainable Agricultural Intensification*, chapter 1, pp. 1 - 30.

**Mengel, K. & Kirkby, E.** (1987). *Principles of Plant Nutrition*, 4<sup>th</sup> edition. International Potash Institute in **Rodrigues, M. & Coutinho, J.** (2000). Eficiência de utilização do azoto pelas plantas. *Série Estudos*, Instituto Politécnico de Bragança, pp. 1 - 43.

**Mian, M. & Nafziger, E.** (1994). Seed size and water potential effects on germination and seedling growth of winter wheat. *Crop Science*, n.º 34, pp. 169 - 186.

**Mossedaq, F. & Smith, D.** (1994). Timing nitrogen application to enhance spring wheat yields in a Mediterranean climate. *Agronomy Journal*, n.º 86, pp. 221 - 226.

**Nicholas, M. & Turner, N.** (1993) Use of chemical desiccants and senescing agents to select wheat lines maintaining stable grain size during post-anthesis drought. *Field Crops Research*, n.º 31, pp. 155 - 171 in **Acevedo, E.; Silva, P. & Silva, H.** (2002). Wheat growth and physiology. *FAO Plant Production and Protection*, n.º 30, pp. 39 - 70.

**Norton, R. & Wachsmann, N.** (2006). Differences in crop water use in southeastern Australia. *Australian Journal of Agriculture Research*, n.º 57, pp. 257 - 267 in **Fixen, P.; Brentrup, F.; Bruulsema, T.; Garcia, F.; Norton, R.; Zingore, S.** (2014). Nutrient/fertilizer use efficiency: measurement, current situation and trends. *Managing Water and Fertilizer for Sustainable Agricultural Intensification*, chapter 1, pp. 1 - 30.

**OEPP/EPPO** (1994). EPPO Standard PP 2/10(1). Guideline on good plant protection practice: principles of good plant protection practice. Wheat. European and Mediterranean Plant Protection Organization, pp. 1 - 14.

**Oliveira, I.; Maia, J.; Santos, M.** (2003). Gestão de rega. Guia de rega 2.3. Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio, pp. 1 - 49.

**Oliveira, I. & Nunes, F. (2003).** Monitorização da Água do solo - Enviroscan. Guia de Rega 1.6. Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio. pp. 1 - 39.

**Oliveira, I.; Maia, J.; Teixeira, J. (2004).** O sistema agrometeorológico para a gestão da rega. 7º Congresso da Água. Lisboa.

**Oosterhuibs, D. & Cartwright, P. (1983).** Spike differentiation and floret survival in semidwarf spring wheat as affected by water stress and photo-period. *Crop Science*. n.º 23. pp. 711 - 716 in **Acevedo, E.; Silva, P. & Silva, H. (2002).** Wheat growth and physiology. *FAO Plant Production and Protection*, n.º 30. pp. 39 - 70.

**Pala, M.; Matar, A.; Mazid, A. (1996).** Assessment of the effects of environmental factors on the response of wheat to fertilizer in on-farm trials in a Mediterranean type environment. *Experimental Agriculture Journal*. n.º 32. pp. 339 - 349 in **Albrizio, R.; Todorovic, M.; Matic, T.; Stellacci, A. (2010).** Comparing the interactive effects of water and nitrogen on durum wheat and barley grown in a Mediterranean environment. *Field Crops Research* 115. pp. 179 - 190.

**Patanita, M.; Tomaz, A.; Mendes, J.; Amaral, A.; Duarte, A.; Maças, B.; Rodrigues, G.; Ramalho, J.; Lidon, F. (2016).** Project INTERATRIGO - Yield and quality evaluation in wheat, as a function of water-nitrogen interactions. Comunicação em painel na sessão pública. Projectos de Investigação Científica e Desenvolvimento Tecnológico em Institutos e Escolas Politécnicas. Instituto Superior de Engenharia do Porto.

**Payne, T. (2002).** Harvest and Storage Management of Wheat, pp. 567 - 575 in **Curtis, B.; Rajaram, S. & Gómez, H. (2002).** Bread Wheat: Improvement and Production. *FAO Plant Production and Protection*, n.º 30.

**Pereira J.; Chaves, M.; Caldeira, M.; Correia, A. (2006).** Water availability and productivity in Morison, J.; Croft, M. (sd.). *Plant Growth and Climate Change*. Blackwell Publishers, London. pp. 118 - 145.

**Peterson, C.; Klepper, B.; Pumphrey, F. & Rickman, R. (1984).** Restricted rooting decreases tillering and growth of winter wheat. *Agronomy Journal*. n.º 76 pp. 861- 863

in **Acevedo, E.; Silva, P. & Silva, H.** (2002). Wheat growth and physiology. FAO Plant Production and Protection, n.º 30. pp. 39 - 70.

**Pimentel, C.** (2004). A relação da planta com a água. Departamento de Fitotecnia. Instituto de Agronomia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, pp. 48 - 57.

**Pôrto, M.; Puiatti, M.; Fontes, P.; Cecon, P.; Alves, J.; Arruda, J.** (2011). Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogénio na cultura da abobrinha. Horticultura Brasileira. n.º 29. pp. 311 - 315.

**Rickman, R.; Klepper, B. & Peterson, C.** (1983). Time distribution for describing appearance of specific culms of winter wheat. *Agronomy Journal*. n.º 75. pp. 551 - 556 in **Acevedo, E.; Silva, P. & Silva, H.** (2002). Wheat growth and physiology. FAO Plant Production and Protection, n.º 30. pp. 39 - 70.

**Rickman, R. & Klepper, E.** (1991). Tillering in wheat. in **Hodges, T.** (sd.) Predicting crop phenology. pp. 73 - 83.

**Rodrigues, M. & Coutinho, J.** (2000). Eficiência de utilização do azoto pelas plantas. Série Estudos. Instituto Politécnico de Bragança. pp. 1 - 43.

**Rodrigues, P.; Machado, T.; Pereira, L.; Teixeira, J.; El Amami, H.; Zairi, A.** (2003). Feasibility of deficit irrigation with center - pivot to cope with limited water supplies in Alentejo, Portugal in **Rossi, G.; Cancelliere, A.; Pereira, L.; Oweis, T.; Shatanawi, M.; Zairi, A.** (sd.) Tools for Drought Mitigation in Mediterranean Regions. Kluwer. Dordrecht. pp. 203 - 222.

**Sampaio, J.** (1990). A cultura do trigo. Ministério da Agricultura, Pescas e Alimentação. pp. 1 - 175.

**Shahidian S.** (sd.). Gestão da água no Regadio. Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas. Escola de Ciência e Tecnologia. Universidade de Évora. pp. 225 - 243.

**Simane, B.; Peacock, J. & Struik, P.** (1993). Differences in development and growth rate among drought-resistant and susceptible cultivars of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum). *Plant Soil*, n.º 157 pp. 155 - 166 in **Acevedo, E.; Silva, P. &**

**Silva, H.** (2002). Wheat growth and physiology. *FAO Plant Production and Protection*, n.º 30. pp. 39 - 70.

**Spilde, L.** (1989). Influence of seed size and test weight on several agronomic traits of barley and hard red spring wheat. *Journal Prod. Agriculture*, n.º 2, pp. 169 - 172 in **Acevedo, E.; Silva, P. & Silva, H.** (2002). Wheat growth and physiology, pp. 39 - 70.

**Steduto, P.; Hsiao, T.; Fereres, E. & Raes, D.** (2012). Crop yield response to water. *Irrigation and Drainage Paper 66*. Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. Roma. pp. 1- 501.

**Stegman, E.; Musik, J. Stewart, J.** (1981). Irrigation water management. Design and Operation of farm system. *ASAE Monograph*. pp. 763 - 816 in **Oliveira, I.; Maia, J.; Santos, M.** (2003). Gestão de rega. Guia de rega 2.3. Centro Operativo e de Tecnologia de regadio. pp. 1 - 49.

**Sowers, K.; Pan, W.; Miller, B. & Smith, J.** (1994). Nitrogen use efficiency of split nitrogen applications in soft white winter wheat. *Agronomy Journal*. n.º 86. pp. 942 - 948 in **Acevedo, E.; Silva, P. & Silva, H.** (2002). Wheat growth and physiology. *FAO Plant Production and Protection*, n.º 30. pp. 39 - 70.

**Tomaz, A.; Palma, J; Guerreiro, I.; Patanita, M.; Penacho, J.; Dôres, J.; Costa, M.; Rosa, E.; Patanita, M.** (2017). An Overview on the Use of Enhanced Efficiency Nitrogen Fertilizers in Irrigated Mediterranean Agriculture. *Biomedical Journal Science & Technical Research*. Volume 1. Issue 7. pp. 1 - 3.

**Tomaz, A.; Patanita, M.; Oliveira, P.; Dôres, J.; Boteta, L.; Palma, J.; Guerreiro, I.; Guerreiro, J.** (2018). Rega e fertilização azotada do trigo em ambiente Mediterrânico: Efeito no rendimento e qualidade do grão e na eficiência de uso da água de rega. *Agrotec, Grandes Culturas* (em publicação). pp. 1- 4.

**Toureiro, M.; Serralheiro, R.; Oliveira, M.** (sd.). Resposta das culturas do girassol e do milho a diferentes. *Revista de Ciências Agrárias*. pp. 33 - 47.

**Trenkel, M.** (2007). *Ullmann's agrochemicals. Fertilizers*, 3<sup>rd</sup> edition Wiley-VCH Verlag GmbH & Co, KGaA, Weinheim in **Arrobas, M.; Parada, M.;**

**Magalhães, P.; Rodrigues, M.** (2011). Nitrogen - use efficiency and economic efficiency of slow - release N fertilisers applied to irrigated turfs in a Mediterranean environment. *Nutrient Cycle Agroecosystems* 89. pp. 329 - 339.

**USS Working Group WRB** (2014). World reference base for soil resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. *World Soil Resources reportes*. n.º 106. FAO. pp. 1- 192.

**Williams, P.; El-Haramein, F.; Nakkoul, H. & Rihawi, S.** (1988). Crop quality evaluation methods and guidelines. *Icarda*. 2<sup>nd</sup> Edition, pp. 1 - 145.

**Wuest, S. & Cassman, K.** (1992). Fertiliser - nitrogen use efficiency of irrigated wheat. part I. Uptake efficiency of pre-plant versus late-season application. *Agronomical Journal*, n.º 84, pp. 682 - 688.

**Zuffo, A.; Andrade, F. & Schossler, T.** (2012). Eficiência da determinação indireta do nitrogénio foliar a partir do índice SPAD. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia*, volume 8, n.º 15, pp. 802 - 820.

## **6.1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ELECTRÓNICAS**

**Agrovegetal, S.A.**, 2009: Acedido em: 20, Janeiro, 2017 em: <https://www.agrovegetal.es/trigo-blando-antequera/>

**ANPOP** (2018). Associação Nacional de Produtores de Proteaginosas, Oleaginosas e Cereais. *Agroportal*. Acedido em: 12, Julho, 2017 em: <https://www.agroportal.pt/ja-sao-conhecidos-os-trigos-moles-recomendados-para-a-proxima-campanha/>

**Boteta, L.** (2014). Gestão da Rega do Trigo. *Portal Agronegócios. Tecnologia*. Acedido em: 25, Janeiro, 2018 em: <http://www.agronegocios.eu/noticias/gestao-da-rega-do-trigo/>

**Banco de Dados Mundial**, (2014). Acedido em: 10, Maio, 2017 em: <https://geobancodedados.wordpress.com/category/economia/agricultura>

**Bayer** (2018). *Cropscience Portugal*. Acedido em: 15, Março, 2018 em: <https://www.cropscience.bayer.com/en/crop-compendium/crops/wheat>

**COTR / SAGRA.** (2017). Acedido em: 1, Setembro, 2017 em:

<http://www.cotr.pt/servicos/sagra.php>

**DGAV** (2018). Direcção Geral de Alimentação e Veterinária: Acedido em: 25, Abril, 2018 em: [www.dgv.min-agricultura.pt/](http://www.dgv.min-agricultura.pt/)

**FAO** (2017). Organização das Nações Unidas. Estatística. Acedido em: 8, Maio, 2017 em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>

**Guia do Trigo** (2014): Acedido em: 10, Janeiro, 2016 em: <http://guiadotrigo.blogspot.pt/2014/11/pragas-e-doencas-do-trigo.html>

**IPMA** (2017). Instituto Português do Mar e da Atmosfera. Portal do Clima. Acedido em: 8, Junho, 2017 em: <http://portaldoclima.pt/pt/>

**ITIS** (2010). Integrated Taxonomic Information System Report. *Triticum* L. Acedido em: 10, Janeiro, 2016 em:

[https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search\\_topic=TSN&search\\_value=42236#null](https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=42236#null)

**IUSS Working Group WRB** (2014). World Reference Base for Soil Resources. Update 2015. World Soil Resources Report n.º 106. FAO. Rome. Acedido em: 20, Agosto, 2018 em: <http://www.fao.org/3/a-i3794e.pdf>

**Maia, J.; Santos, M.; Neto, M.; Oliveira, I.** (sd.). O serviço SAGRA e MOGRA estendido ao Algarve. Acedido em: 14, Agosto, 2017 em: <http://www.cotr.pt/docs/ICNRD/Papers/27.pdf>

**OCDE - FAO** (2017). Agriculture Outlook 2017 - 2026. Acedido em: 8, Maio, 2017 em: <https://stats.oecd.org/>

**Revista Plantio Direto** (2017). Acedido em: 15, Março, 2017 em: [http://plantiodireto.com.br/?body=cont\\_int&id=618](http://plantiodireto.com.br/?body=cont_int&id=618)

**Trimble** (2008). Acedido em: 20, Fevereiro, 2018 em:

[http://www.trimble.com/Agriculture/gs-handheld.aspx?tab=Product\\_Overview](http://www.trimble.com/Agriculture/gs-handheld.aspx?tab=Product_Overview)

## ANEXO I

### QUADROS E FIGURAS AUXILIARES DO CAPÍTULO 3. MATERIAIS E MÉTODOS



Ensaio na Quinta da Saúde

Dotação de rega 1 (DR1) 100 % ETC								Dotação de rega 2 (DR2) 100 % ETC nas fases críticas								
Adubos Específicos																
B	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	B	Rep 1	B	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	B
B	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>4</sub>	B	Rep 2	B	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>4</sub>	B
B	A <sub>5</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>2</sub>	B	Rep 3	B	A <sub>5</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>2</sub>	B
Adubos Clássicos																
B	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	B	Rep 1	B	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	B
B	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>4</sub>	B	Rep 2	B	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>4</sub>	B
B	A <sub>5</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>2</sub>	B	Rep 3	B	A <sub>5</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>2</sub>	B

Ensaio no Centro Experimental

Se queiro (Seq)															
Adubos Clássicos								Adubos Específicos							
B	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	Rep 1	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	B	
B	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>4</sub>	Rep 2	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>4</sub>	B	
B	A <sub>5</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>2</sub>	Rep 3	A <sub>5</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>2</sub>	B	

Legenda:

B Bordadura      Rep 3 Repetição 3  
 Rep 1 Repetição 1      A<sub>1</sub> - A<sub>6</sub> Fracionamentos de fertilizante  
 Rep 2 Repetição 2      (consultar Quadro 4)

Figura A.1. Delineamento experimental.

**Quadro A.1. Evolução da evapotranspiração cultural (ETc) ao longo dos ensaios**

(Fonte: COTR, 2017).

Data	ETc (mm)	Data	ETc (mm)	Data	ETc (mm)	Data	ETc (mm)
24/Jan/2017	0,30	2/Mar/2017	0,60	8/Abr/2017	4,70	15/Mai/2017	5,80
25/Jan/2017	0,30	3/Mar/2017	0,80	9/Abr/2017	4,80	16/Mai/2017	6,70
26/Jan/2017	0,70	4/Mar/2017	2,30	10/Abr/2017	4,60	17/Mai/2017	7,00
27/Jan/2017	1,80	5/Mar/2017	1,60	11/Abr/2017	5,20	18/Mai/2017	6,70
28/Jan/2017	2,20	6/Mar/2017	2,20	12/Abr/2017	5,30	19/Mai/2017	7,10
29/Jan/2017	1,70	7/Mar/2017	3,60	13/Abr/2017	4,60	20/Mai/2017	8,20
30/Jan/2017	2,20	8/Mar/2017	4,60	14/Abr/2017	4,70	21/Mai/2017	5,00
31/Jan/2017	0,90	9/Mar/2017	3,60	15/Abr/2017	4,50	22/Mai/2017	4,90
1/Fev/2017	2,20	10/Mar/2017	2,60	16/Abr/2017	5,70	23/Mai/2017	7,90
2/Fev/2017	1,90	11/Mar/2017	1,30	17/Abr/2017	6,00	24/Mai/2017	7,70
3/Fev/2017	1,50	12/Mar/2017	1,60	18/Abr/2017	6,60	25/Mai/2017	7,50
4/Fev/2017	1,40	13/Mar/2017	1,50	19/Abr/2017	5,00	26/Mai/2017	2,20
5/Fev/2017	2,50	14/Mar/2017	0,70	20/Abr/2017	5,70	27/Mai/2017	4,20
6/Fev/2017	2,80	15/Mar/2017	1,00	21/Abr/2017	5,30	28/Mai/2017	4,80
7/Fev/2017	0,80	16/Mar/2017	0,90	22/Abr/2017	4,30	29/Mai/2017	4,80
8/Fev/2017	3,00	17/Mar/2017	1,20	23/Abr/2017	4,40	30/Mai/2017	6,70
9/Fev/2017	2,50	18/Mar/2017	1,60	24/Abr/2017	4,90	31/Mai/2017	7,00
10/Fev/2017	0,90	19/Mar/2017	1,70	25/Abr/2017	4,60	1/Jun/2017	6,70
11/Fev/2017	0,70	20/Mar/2017	1,30	26/Abr/2017	3,30	2/Jun/2017	6,40
12/Fev/2017	1,40	21/Mar/2017	1,30	27/Abr/2017	4,80	3/Jun/2017	5,70
13/Fev/2017	2,40	22/Mar/2017	1,10	28/Abr/2017	2,20	4/Jun/2017	5,50
14/Fev/2017	2,60	23/Mar/2017	1,50	29/Abr/2017	5,20	5/Jun/2017	5,40
15/Fev/2017	2,70	24/Mar/2017	2,00	30/Abr/2017	3,10	6/Jun/2017	4,40
16/Fev/2017	3,10	25/Mar/2017	3,30	1/Mai/2017	6,30	7/Jun/2017	5,00
17/Fev/2017	2,80	26/Mar/2017	1,60	2/Mai/2017	6,70	8/Jun/2017	4,40
18/Fev/2017	1,70	27/Mar/2017	2,60	3/Mai/2017	7,20	9/Jun/2017	3,60
19/Fev/2017	1,60	28/Mar/2017	3,40	4/Mai/2017	5,00	10/Jun/2017	3,80
20/Fev/2017	1,70	29/Mar/2017	5,20	5/Mai/2017	3,50	11/Jun/2017	3,30
21/Fev/2017	1,30	30/Mar/2017	4,00	6/Mai/2017	4,30	12/Jun/2017	3,10
22/Fev/2017	1,00	31/Mar/2017	3,60	7/Mai/2017	7,00	13/Jun/2017	2,70
23/Fev/2017	0,50	1/Abr/2017	3,30	8/Mai/2017	7,20	14/Jun/2017	2,10
24/Fev/2017	0,60	2/Abr/2017	3,70	9/Mai/2017	4,90	15/Jun/2017	1,90
25/Fev/2017	0,50	3/Abr/2017	3,90	10/Mai/2017	3,10	16/Jun/2017	1,60
26/Fev/2017	0,60	4/Abr/2017	4,10	11/Mai/2017	5,00	17/Jun/2017	1,20
27/Fev/2017	0,30	5/Abr/2017	4,30	12/Mai/2017	4,70		
28/Fev/2017	0,30	6/Abr/2017	4,40	13/Mai/2017	5,30		
1/Mar/2017	0,50	7/Abr/2017	4,40	14/Mai/2017	5,20		

**Quadro A.2. Calendarização e dotação de rega nos ensaios DR1 e DR2 (Fonte: COTR, 2017).**

Data		Dotação em DR1	Dotação em DR2
Dia	Mês	(mm)	(mm)
25	Fev	8,00	
11	Mar	11,36	
17	Mar	17,04	
21	Mar	17,04	17,04
1	Abr	14,02	14,02
6	Abr	14,02	
13	Abr	17,04	
16	Abr	17,04	
20	Abr	17,04	34,08
21	Abr	17,04	14,02
25	Abr	14,02	14,02
6	Mai	14,02	14,02
7	Mai	14,02	14,02
9	Mai	17,04	17,04
15	Mai	17,04	17,04
19	Mai	17,04	
23	Mai	17,04	17,04
1	Jun	17,04	17,04
<b>Total</b>		<b>276,90</b>	<b>189,38</b>

## ANEXO II

### QUADROS E FIGURAS AUXILIARES DO CAPÍTULO

#### 4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

**Quadro A.3. Estatística descritiva dos ensaios com fertilizantes específicos (EEF).**

Variáveis	Produção de grão (kg/ha)	Teor de Proteína do grão (% SS)	Teor de Humidade do grão (% SS)	Peso de 1000 grãos (g)	N.º espigas/m <sup>2</sup> (-)	N.º grãos/espiga (-)	Massa do hectolitro (g/hl)	NDVI (-)	SPAD (-)
<b>Dotação de rega 1 (DR1)</b>									
Média	4593,98	15,61	12,01	42,52	395,83	27,61	80,63	0,55	42,51
Erro-padrão	104,01	0,27	0,034	0,49	7,99	0,99	0,25	0,009	0,41
Mediana	4517,82	15,66	12,00	42,92	402,5	27,9	80,60	0,55	42,55
Moda	#N/D	#N/D	12,03	#N/D	402,5	#N/D	80,50	0,55	42,30
Desvio-padrão	441,30	1,16	0,15	2,09	33,93	4,21	1,08	0,041	1,73
Variância	194742,6	1,35	0,021	4,37	1151,47	17,75	1,16	0,002	2,99
Mínimo	3997,01	13,49	11,71	37,55	312,50	21,35	77,10	0,44	39,00
Máximo	5459,87	17,28	12,22	45,59	442,50	37,53	82,10	0,61	45,10
Soma	82691,68	280,99	216,12	765,36	7125,00	496,96	1451,30	9,83	765,10
Contagem	18	18	18	18	18	18	18	18	18
<b>Dotação de rega 2 (DR2)</b>									
Média	3941,59	16,32	10,06	40,03	353,47	28,24	80,52	0,47	41,14
Erro-padrão	102,13	0,216	0,071	0,503	10,82	0,967	0,267	0,009	0,923
Mediana	3933,27	16,33	9,968	40,53	352,5	28,28	80,70	0,48	42,55
Moda	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	352,5	#N/D	80,20	0,48	43,00
Desvio-padrão	433,31	0,917	0,299	2,14	45,89	4,10	1,13	0,036	3,92
Variância	187757,60	0,841	0,089	4,56	2105,98	16,82	1,28	0,001	15,36
Mínimo	3121,77	14,91	9,77	36,09	267,50	21,81	77,80	0,38	33,50
Máximo	4764,96	18,09	10,88	44,16	437,50	36,34	82,10	0,53	47,20
Soma	70948,55	293,76	181,11	720,56	6362,50	508,36	1449,30	8,42	740,60
Contagem	18	18	18	18	18	18	18	18	18
<b>Sequeiro (Seq)</b>									
Média	1647,17	13,63	9,02	32,19	267,64	19,36	-	-	-
Erro-padrão	77,32	0,13	0,024	0,396	8,073	0,992	-	-	-
Mediana	1657,35	13,75	9,03	32,33	271,25	19,58	-	-	-
Moda	1354,84	#N/D	9,20	#N/D	277,50	#N/D	-	-	-
Desvio-padrão	328,06	0,55	0,10	1,68	34,25	4,21	-	-	-
Variância	107622,40	0,31	0,01	2,83	1173,14	17,72	-	-	-
Mínimo	1046,87	12,22	8,83	28,59	207,50	13,03	-	-	-
Máximo	2199,63	14,69	9,20	34,53	347,50	26,98	-	-	-
Soma	29649,10	245,44	162,46	579,37	4817,50	348,48	-	-	-
Contagem	18	18	18	18	18	18	-	-	-

Quadro A.4. Estatística descritiva dos ensaios com fertilizantes clássicos.

Variáveis	Produção de grão (kg/ha)	Teor de Proteína do grão (% SS)	Teor de Humidade do grão (% SS)	Peso de 1000 grãos (g)	N.º espigas/m <sup>2</sup> (-)	N.º grãos/espiga (-)	Massa do hectolitro (g/hl)	NDVI (-)	SPAD (-)
<b>Dotação de rega 1 (DR1)</b>									
Média	5133,45	16,02	11,84	41,59	374,58	32,78	80,37	0,55	42,58
Erro-padrão	302,90	0,29	0,03	0,42	15,33	1,41	0,19	0,02	1,11
Mediana	5640,67	16,27	11,85	41,71	387,50	33,39	80,50	0,57	44,00
Moda	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	80,5	0,57	45,20
Desvio-padrão	1285,11	1,25	0,13	1,79	65,05	5,97	0,81	0,09	4,70
Variância	1651506,79	1,57	0,02	3,19	4231,07	35,62	0,66	0,01	22,05
Mínimo	2039,04	12,43	11,64	38,36	230,00	19,87	78,50	0,33	30,70
Máximo	6655,04	17,37	12,08	44,46	467,50	43,81	81,30	0,66	47,90
Soma	92402,10	288,45	213,11	748,62	6742,50	590,11	1446,70	9,98	766,50
Contagem	18	18	18	18	18	18	18	18	18
<b>Dotação de rega 2 (DR2)</b>									
Média	3202,91	16,23	9,63	38,69	342,14	25,60	80,82	0,42	40,05
Erro-padrão	168,29	0,52	0,05	0,47	22,51	2,94	0,26	0,03	1,76
Mediana	3380,18	17,22	9,68	38,01	348,75	22,50	81,25	0,45	43,25
Moda	#N/D	13,22	9,54	37,19	277,50	#N/D	81,80	0,45	28,50
Desvio-padrão	713,99	2,20	0,23	1,99	95,49	12,49	1,12	0,11	7,47
Variância	509778,80	4,83	0,05	3,96	9118,38	155,99	1,26	0,01	55,85
Mínimo	1459,67	11,64	9,19	36,27	53,50	16,93	77,40	0,24	25,20
Máximo	4059,36	18,90	10,13	41,92	475,00	74,45	81,90	0,59	48,70
Soma	57652,41	292,09	173,33	696,41	6158,50	460,72	1454,80	7,56	720,90
Contagem	18	18	18	18	18	18	18	18	18
<b>Sequeiro (Seq)</b>									
Média	980,33	13,27	9,07	31,78	243,33	12,81	-	-	-
Erro-padrão	76,28	0,23	0,01	0,33	9,15	1,01	-	-	-
Mediana	1037,63	13,37	9,06	31,58	258,75	12,35	-	-	-
Moda	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	262,50	#N/D	-	-	-
Desvio-padrão	323,64	1,00	0,06	1,38	38,82	4,29	-	-	-
Variância	104743,00	0,99	0,004	1,91	1507,35	18,41	-	-	-
Mínimo	395,66	11,72	8,97	29,54	165,00	5,91	-	-	-
Máximo	1634,41	15,19	9,17	34,72	295,00	22,42	-	-	-
Soma	17645,92	238,87	163,20	572,07	4380,00	230,58	-	-	-
Contagem	18	18	18	18	18	18	-	-	-

**Quadro A.5. Análise ANOVA do ensaio de regadio (DR1 e DR2) com fertilizantes específicos (EEF)<sup>3</sup>.**

N.º espigas/m <sup>2</sup> (-)						Peso de 1000 grãos (g)						Legenda:	
Source	DF	SS	MS	F	P	Source	DF	SS	MS	F	P	Rep	Repetição
Rep	2	450.3	225.2			Rep	2	8.462	4.2310			DR	Dotação de Rega
DR	1	16150.2	16150.2	32.42	0.0295	DR	1	55.726	55.7262	7.45	0.1121	Adub	Fracionamento Fertilizante
Error Rep*DR	2	996.2	498.1			Error Rep*DR	2	14.967	7.4833			Error	Erro
Adub						Adub	5	30.879	6.1759	1.88	0.1434	Mean	Média
DR* Adub	5	11178.0	2235.6	1.71	0.1779	DR*Adub	5	31.850	6.3700	1.94	0.1329	CV	Coefficiente de variação
Error Rep*DR*Adub	20	26120.1	1306.0			Error Rep*DR*Adub	20	65.773	3.2887			DF	Graus de Liberdade
Total	35	71526.9				Total	35	207.658				SS	Soma dos Quadrados
Grand Mean	374.65	CV (Rep*DR)	5.96	CV (Rep*DR*Adub)	9.65	Grand Mean	41.277	CV (Rep*DR)	6.63	CV (Rep*DR*Adub)	4.39	MS	Quadrado Médio
Teor de Humidade do Grão (% SS)						Produção de grão (kg/ha)						F	Estatística F
Source	DF	SS	MS	F	P	Source	DF	SS	MS	F	P	P	P-value
Rep	2	0.1242	0.0621			Rep	2	618380	309190			DR:	
DR	1	34.0472	34.0472	828.23	0.0012	DR	1	3832459	3832459	5.49	0.1439	1	Dotação de Rega 1 (100% ETC)
Error Rep*DR	2	0.0822	0.0411			Error Rep*DR	2	1396479	698240			2	Dotação de Rega 2 (100% ETC nas Fases Críticas)
Adub	5	0.3489	0.0698	1.30	0.3043	Adub	5	1659139	331828	2.74	0.0482	3	Sequeiro
DR*Adub	5	0.2661	0.0532	0.99	0.4487	DR*Adub	5	406143	81229	0.67	0.6502	Adub:	
Error Rep*DR*Adub	20	1.0755	0.0538			Error Rep*DR*Adub	20	2421870	121093			11	Fertilizantes Específicos tratamento A <sub>1</sub>
Total	35	35.9441				Total	35	1.033E+07				12	Fertilizantes Específicos tratamento A <sub>2</sub>
Grand Mean	11.035	CV (Rep*DR)	1.84	CV (Rep*DR*Adub)	2.10	Grand Mean	4267.8	CV (Rep*DR)	19.58	CV (Rep*DR*Adub)	8.15	13	Fertilizantes Específicos tratamento A <sub>3</sub>
Massa do Hectolitro (kg/hl)						Teor de Proteína do Grão (% SS)						14	Fertilizantes Específicos tratamento A <sub>4</sub>
Source	DF	SS	MS	F	P	Source	DF	SS	MS	F	P	15	Fertilizantes Específicos tratamento A <sub>5</sub>
Rep	2	3.8756	1.93778			Rep	2	3.1741	1.58706			16	Fertilizantes Específicos tratamento A <sub>6</sub>
DR	1	0.1111	0.11111	0.05	0.8442	DR	1	4.5369	4.53690	3.34	0.2089	21	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>1</sub>
Error Rep*DR	2	4.4689	2.23444			Error Rep*DR	2	2.7131	1.35656			22	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>2</sub>
Adub	5	10.0722	2.01444	1.90	0.1397	Adub	5	27.2241	5.44483	50.11	0.0000	23	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>3</sub>
DR*Adub	5	1.8422	0.36844	0.35	0.8780	DR*Adub	5	1.9909	0.39819	3.66	0.0162	24	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>4</sub>
Error Rep*DR*Adub	20	21.2222	1.06111			Error Rep*DR*Adub	20	2.1731	0.10865			25	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>5</sub>
Total	35	41.5922				Total	35	41.8123				26	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>6</sub>
Grand Mean	80.572	CV (Rep*DR)	1.86	CV (Rep*DR*Adub)	1.28	Grand Mean	15.965	CV (Rep*DR)	7.30	CV (Rep*DR*Adub)	2.06		
NDVI (-)						SPAD (-)							
Source	DF	SS	MS	F	P	Source	DF	SS	MS	F	P		
Rep	2	0.00167	0.00084			Rep	2	61.012	30.5058				
DR	1	0.05522	0.05522	17.39	0.0530	DR	1	16.674	16.6736	0.72	0.4844		
Error Rep*DR	2	0.00635	0.00318			Error Rep*DR	2	46.057	23.0286				
Adub	5	0.01078	0.00216	1.75	0.1683	Adub	5	50.009	10.0018	1.53	0.2249		
DR*Adub	5	0.00776	0.00155	1.26	0.3183	DR*Adub	5	24.385	4.8769	0.75	0.5979		
Error Rep*DR*Adub	20	0.02458	0.00123			Error Rep*DR*Adub	20	130.611	6.5306				
Total	35	0.10636				Total	35	328.748					
Grand Mean	0.5069	CV (Rep*DR)	11.12	CV (Rep*DR*Adub)	6.92	Grand Mean	41.825	CV (Rep*DR)	11.47	CV (Rep*DR*Adub)	6.11		
N.º grãos/ espigas (-)													
Source	DF	SS	MS	F	P								
Rep	2	18.667	9.3333										
DR	1	3.361	3.3611	0.07	0.8138								
Error Rep*DR	2	93.556	46.7778										
Adub	5	198.917	39.7833	3.37	0.0226								
DR* Adub	5	48.472	9.6944	0.82	0.5483								
Error Rep*DR* Adub	20	235.778	11.7889										
Total	35	598.750											
Grand Mean	27.917	CV (Rep*DR)	24.50	CV (Rep*DR* Adub)	12.30								

<sup>3</sup> No 'output' do software Statistix é utilizado o ponto (.) para separar as casas decimais.

**Quadro A.6. Teste de comparação de médias (Tukey) do ensaio de regadio (DR1 e DR2) com fertilizantes específicos (EEF)<sup>4</sup>.**

N.º espigas/m <sup>2</sup> (-)					Peso de 1000 grãos (g)					Legenda:	
<b>DR</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>			<b>DR</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>			<b>Rep</b>	<b>Repetição</b>
1	395.83	A			1	42.521	A			DR	Dotação de Rega
2	353.47	B			2	40.033	A			Adub	Fracionamento Fertilizante
Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 7.4393					Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.9119					<b>Error</b>	<b>Erro</b>
Critical Q Value 6.094 Critical Value for Comparison 32.059					Critical Q Value 6.094 Critical Value for Comparison 3.9296					<b>Mean</b>	<b>Média</b>
Error term used: Rep*DR, 2 DF					Error term used: Rep*DR, 2 DF					<b>CV</b>	<b>Coefficiente de variação</b>
All 2 means are significantly different from one another.					There are no significant pairwise differences among the means.					<b>DF</b>	<b>Graus de Liberdade</b>
<b>Adub</b>					<b>Adub</b>					<b>SS</b>	<b>Soma dos Quadrados</b>
15	400.00	A			12	42.443	A			<b>MS</b>	<b>Quadrado Médio</b>
12	397.08	A			14	42.143	A			<b>F</b>	<b>Estatística F</b>
13	372.50	A			15	41.662	A			<b>P</b>	<b>P-value</b>
14	372.50	A			11	41.035	A			<b>DR:</b>	
16	371.25	A			13	40.670	A			1	Dotação de Rega 1 (100% ETC)
11	334.58	A			16	39.708	A			2	Dotação de Rega 2 (100% ETC nas Fases Críticas)
Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 20.865					Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 1.0470					3	Sequeiro
Critical Q Value 4.446 Critical Value for Comparison 65.588					Critical Q Value 4.446 Critical Value for Comparison 3.2912					<b>Adub:</b>	
Error term used: Rep*DR*Adub, 20 DF					Error term used: Rep*DR*Adub, 20 DF					11	Fertilizantes Específicos tratamento A <sub>1</sub>
There are no significant pairwise differences among the means.					There are no significant pairwise differences among the means.					12	Fertilizantes Específicos tratamento A <sub>2</sub>
<b>DR</b>	<b>Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>		<b>DR</b>	<b>Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>		13	Fertilizantes Específicos tratamento A <sub>3</sub>
1	12	430.83	A		1	12	44.273	A		14	Fertilizantes Específicos tratamento A <sub>4</sub>
1	16	410.83	AB		1	14	43.560	A		15	Fertilizantes Específicos tratamento A <sub>5</sub>
2	15	404.17	AB		1	13	42.813	A		16	Fertilizantes Específicos tratamento A <sub>6</sub>
1	14	402.50	AB		1	11	42.810	A		21	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>1</sub>
1	15	395.83	AB		1	15	42.663	A		22	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>2</sub>
2	13	375.00	AB		2	14	40.727	A		23	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>3</sub>
1	13	370.00	AB		2	15	40.660	A		24	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>4</sub>
1	11	365.00	AB		2	12	40.613	A		25	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>5</sub>
2	12	363.33	AB		2	16	40.410	A		26	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>6</sub>
2	14	342.50	AB		2	11	39.260	A			
2	16	331.67	AB		1	16	39.007	A			
2	11	304.17	B		2	13	38.527	A			
Comparisons of means for the same level of DR					Comparisons of means for the same level of DR						
Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 29.507					Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 1.4807						
Critical Q Value 5.197 Critical Value for Comparison 108.44					Critical Q Value 5.197 Critical Value for Comparison 5.4415						
Error term used: Rep*DR*Adub, 20 DF					Error term used: Rep*DR*Adub, 20 DF						
Comparisons of means for different levels of DR					Comparisons of means for different levels of DR						
Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 27.945					Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 1.6305						
Critical Q Value 5.874 Critical Value for Comparison 116.07					Critical Q Value 8.185 Critical Value for Comparison 9.4367						
Error terms used: Rep*DR and Rep*DR*Adub					Error terms used: Rep*DR and Rep*DR*Adub						
There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.					There are no significant pairwise differences among the means.						

<sup>4</sup> No 'output' do software Statistix é utilizado o ponto (.) para separar as casas decimais.



Teor de Humidade do Grão (% SS)				Produção de grão (kg/ha)			
DR	Mean	Homogeneous Groups		DR	Mean	Homogeneous Groups	
1	12.008	A		1	4594.1	A	
2	10.063	B		2	3941.5	A	
Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.0676				Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 278.54			
Critical Q Value 6.094 Critical Value for Comparison 0.2912				Critical Q Value 6.094 Critical Value for Comparison 1200.3			
Error term used: Rep*DR, 2 DF				Error term used: Rep*DR, 2 DF			
All 2 means are significantly different from one another.				There are no significant pairwise differences among the means.			
Adub	Mean	Homogeneous Groups		Adub	Mean	Homogeneous Groups	
14	11.160	A		15	4563.7	A	
12	11.153	A		14	4457.5	AB	
16	11.032	A		16	4360.5	AB	
11	11.023	A		11	4170.2	AB	
15	10.958	A		13	4125.7	AB	
13	10.885	A		12	3929.2	B	
Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.1339				Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 200.91			
Critical Q Value 4.446 Critical Value for Comparison 0.4209				Critical Q Value 4.446 Critical Value for Comparison 631.55			
Error term used: Rep*DR*Adub, 20 DF				Error term used: Rep*DR*Adub, 20 DF			
There are no significant pairwise differences among the means.				There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.			
DR Adub	Mean	Homogeneous Groups		DR Adub	Mean	Homogeneous Groups	
1 12	12.093	A		1 14	4936.7	A	
1 11	12.077	A		1 15	4831.3	A	
1 15	11.987	A		1 16	4826.3	A	
1 14	11.977	A		1 11	4460.0	A	
1 16	11.967	A		1 13	4336.0	A	
1 13	11.947	A		2 15	4296.0	A	
2 14	10.343	B		1 12	4174.0	A	
2 12	10.213	B		2 14	3978.3	A	
2 16	10.097	B		2 13	3915.3	A	
2 11	9.970	B		2 16	3894.7	A	
2 15	9.930	B		2 11	3880.3	A	
2 13	9.823	B		2 12	3684.3	A	
Comparisons of means for the same level of DR				Comparisons of means for the same level of DR			
Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.1893				Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 284.13			
Critical Q Value 5.197 Critical Value for Comparison 0.6958				Critical Q Value 5.197 Critical Value for Comparison 1044.2			
Error term used: Rep*DR*Adub, 20 DF				Error term used: Rep*DR*Adub, 20 DF			
Comparisons of means for different levels of DR				Comparisons of means for different levels of DR			
Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.1856				Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 380.60			
Critical Q Value 6.464 Critical Value for Comparison 0.8483				Critical Q Value 10.314 Critical Value for Comparison 2775.6			
Error terms used: Rep*DR and Rep*DR*Adub				Error terms used: Rep*DR and Rep*DR*Adub			
There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.				There are no significant pairwise differences among the means.			

Massa do Hectolitro (kg/hl)				Teor de Proteína do Grão (% SS)									
<b>DR</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>		<b>DR</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>							
1	80.628	A		2	16.320	A							
2	80.517	A		1	15.610	A							
Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.4983				Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.3882									
Critical Q Value 6.094 Critical Value for Comparison 2.1473				Critical Q Value 6.094 Critical Value for Comparison 1.6731									
Error term used: Rep*DR, 2 DF				Error term used: Rep*DR, 2 DF									
There are no significant pairwise differences among the means.				There are no significant pairwise differences among the means.									
<b>Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>		<b>Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>							
15	81.100	A		12	17.375	A							
13	81.050	A		14	16.470	B							
16	80.817	A		13	16.360	B							
11	80.750	A		15	15.512	C							
14	80.033	A		16	15.360	C							
12	79.683	A		11	14.713	D							
Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.5947				Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.1903									
Critical Q Value 4.446 Critical Value for Comparison 1.8695				Critical Q Value 4.446 Critical Value for Comparison 0.5982									
Error term used: Rep*DR*Adub, 20 DF				Error term used: Rep*DR*Adub, 20 DF									
There are no significant pairwise differences among the means.				There are 4 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.									
<b>DR Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>		<b>DR Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>1,11</b>	<b>1,12</b>	<b>1,13</b>	<b>1,14</b>	<b>1,15</b>	<b>1,16</b>	<b>2,11</b>	
2	15	81.433	A	1	11	14.267							
1	13	81.133	A	1	12	16.873	2.607*						
2	13	80.967	A	1	13	16.513	2.247*	0.360					
1	11	80.900	A	1	14	16.097	1.830*	0.777	0.417				
1	16	80.900	A	1	15	15.107	0.840	1.767*	1.407*	0.990*			
1	15	80.767	A	1	16	14.803	0.537	2.070*	1.710*	1.293*	0.303		
2	16	80.733	A	2	11	15.160	0.893	1.713	1.353	0.937	0.053	0.357	
2	11	80.600	A	2	12	17.877	3.610	1.003	1.363	1.780	2.770	3.073	2.717*
1	12	80.100	A	2	13	16.207	1.940	0.667	0.307	0.110	1.100	1.403	1.047*
2	14	80.100	A	2	14	16.843	2.577	0.030	0.330	0.747	1.737	2.040	1.683*
1	14	79.967	A	2	15	15.917	1.650	0.957	0.597	0.180	0.810	1.113	0.757
2	12	79.267	A	2	16	15.917	1.650	0.957	0.597	0.180	0.810	1.113	0.757
Comparisons of means for the same level of DR				Comparisons of means for the same level of DR									
Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.8411				Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.2691									
Critical Q Value 5.197 Critical Value for Comparison 3.0909				Critical Q Value 5.197 Critical Value for Comparison 0.9891									
Error term used: Rep*DR*Adub, 20 DF				Error term used: Rep*DR*Adub, 20 DF									
Comparisons of means for different levels of DR				Comparisons of means for different levels of DR									
Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.9153				Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.4594									
Critical Q Value 8.028 Critical Value for Comparison 5.1960				Critical Q Value 12.018 Critical Value for Comparison 3.9045									
Error terms used: Rep*DR and Rep*DR*Adub				Error terms used: Rep*DR and Rep*DR*Adub									
There are no significant pairwise differences among the means.				The homogeneous group format can't be used because of the pattern of significant differences.									

NDVI (-)				SPAD (-)			
<b>DR</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>		<b>DR</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>	
1	0.5461	A		1	42.506	A	
2	0.4678	A		2	41.144	A	
Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.0188				Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 1.5996			
Critical Q Value 6.094 Critical Value for Comparison 0.0809				Critical Q Value 6.094 Critical Value for Comparison 6.8934			
Error term used: Rep*DR, 2 DF				Error term used: Rep*DR, 2 DF			
There are no significant pairwise differences among the means.				There are no significant pairwise differences among the means.			
<b>Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>		<b>Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>	
12	0.5350	A		15	42.850	A	
14	0.5233	A		14	42.800	A	
16	0.5083	A		12	42.417	A	
11	0.4950	A		16	42.367	A	
15	0.4933	A		13	40.883	A	
13	0.4867	A		11	39.633	A	
Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.0202				Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 1.4754			
Critical Q Value 4.446 Critical Value for Comparison 0.0636				Critical Q Value 4.446 Critical Value for Comparison 4.6379			
Error term used: Rep*DR*Adub, 20 DF				Error term used: Rep*DR*Adub, 20 DF			
There are no significant pairwise differences among the means.				There are no significant pairwise differences among the means.			
<b>DR Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>		<b>DR Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>	
1 12	0.5667	A		2 14	43.000	A	
1 11	0.5633	A		2 15	42.900	A	
1 14	0.5633	A		1 16	42.867	A	
1 16	0.5433	A		1 15	42.800	A	
1 13	0.5267	A		1 12	42.767	A	
1 15	0.5133	A		1 14	42.600	A	
2 12	0.5033	A		1 13	42.200	A	
2 14	0.4833	A		2 12	42.067	A	
2 15	0.4733	A		2 16	41.867	A	
2 16	0.4733	A		1 11	41.800	A	
2 13	0.4467	A		2 13	39.567	A	
2 11	0.4267	A		2 11	37.467	A	
Comparisons of means for the same level of DR				Comparisons of means for the same level of DR			
Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.0286				Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 2.0866			
Critical Q Value 5.197 Critical Value for Comparison 0.1052				Critical Q Value 5.197 Critical Value for Comparison 7.6680			
Error term used: Rep*DR*Adub, 20 DF				Error term used: Rep*DR*Adub, 20 DF			
Comparisons of means for different levels of DR				Comparisons of means for different levels of DR			
Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.0322				Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 2.4873			
Critical Q Value 8.452 Critical Value for Comparison 0.1923				Critical Q Value 9.148 Critical Value for Comparison 16.090			
Error terms used: Rep*DR and Rep*DR*Adub				Error terms used: Rep*DR and Rep*DR*Adub			
There are no significant pairwise differences among the means.				There are no significant pairwise differences among the means.			

N.º grãos/espiga (-)		
<b>DR</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>
2	28.222	A
1	27.611	A
Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 2.2798		
Critical Q Value 6.094 Critical Value for Comparison 9.8247		
Error term used: Rep*DR, 2 DF		
There are no significant pairwise differences among the means.		
<b>Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>
11	30.667	A
16	30.000	A
14	28.167	AB
13	27.833	AB
15	27.500	AB
12	23.333	B
Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 1.9823		
Critical Q Value 4.446 Critical Value for Comparison 6.2314		
Error term used: Rep*DR* Adub, 20 DF		
There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.		
<b>DR Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>
2	11 32.667	A
1	16 30.667	A
2	16 29.333	A
1	11 28.667	A
1	15 28.667	A
2	14 28.333	A
1	13 28.000	A
1	14 28.000	A
2	13 27.667	A
2	15 26.333	A
2	12 25.000	A
1	12 21.667	A
Comparisons of means for the same level of DR		
Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 2.8034		
Critical Q Value 5.197 Critical Value for Comparison 10.303		
Error term used: Rep*DR*Adub, 20 DF		
Comparisons of means for different levels of DR		
Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 3.4274		
Critical Q Value 9.424 Critical Value for Comparison 22.839		
Error terms used: Rep*DR and Rep*DR*Adub		
There are no significant pairwise differences among the means.		

**Quadro A.7. Análise ANOVA do ensaio de regadio (DR1 e DR2) com fertilizantes clássicos, sem o tratamento A<sub>6</sub><sup>5</sup>.**

N.º espigas/m <sup>2</sup> (-)						Peso de 1000 grãos (g)						Legenda:	
Source	DF	SS	MS	F	P	Source	DF	SS	MS	F	P	Rep	Repetição
Rep	2	8791.3	4395.63			Rep	2	21.488	10.7441			DR	Dotação de Rega
DR	1	3575.2	3575.21	5.48	0.1441	DR	1	49.050	49.0497	144.70	0.0068	Adub	Fracionamento Fertilizante
Error Rep*DR	2	1305.4	652.71			Error Rep*DR	2	0.678	0.3390			Error	Erro
Adub	4	7042.9	1760.73	0.59	0.6733	Adub	4	21.679	5.4197	1.56	0.2338	Mean	Média
DR*Adub	4	12494.6	3123.65	1.05	0.4125	DR*Adub	4	6.232	1.5580	0.45	0.7728	CV	Coefficiente de variação
Error Rep*DR*Adub	16	47582.5	2973.91			Error Rep*DR*Adub	16	55.714	3.4821			DF	Graus de Liberdade
Total	29	80791.9				Total	29	154.841				SS	Soma dos Quadrados
Grand Mean	382.25	CV (Rep*DR)	6.68	CV (Rep*DR*Adub)	14.27	Grand Mean	40.278	CV (Rep*DR)	1.45	CV (Rep*DR*Adub)	4.63	MS	Quadrado Médio
Teor de Humidade do Grão (% SS)						Produção de grão (kg/ha)						F	Estatística F
Source	DF	SS	MS	F	P	Source	DF	SS	MS	F	P	P	P-value
Rep	2	0.2530	0.1265			Rep	2	964088	482044			DR:	
DR	1	36.8299	36.8299	497.97	0.0020	DR	1	3.389E+07	3.389E+07	443.25	0.0022	1	Dotação de Rega 1 (100% ETC)
Error Rep*DR	2	0.1479	0.0740			Error Rep*DR	2	152928	76464.1			2	Dotação de Rega 2 (100% ETC nas Fases Críticas)
Adub	4	0.0907	0.0227	1.33	0.3011	Adub	4	1293198	323300	1.34	0.2996	3	Sequeiro
DR*Adub	4	0.0543	0.0136	0.80	0.5439	DR*Adub	4	1377669	344417	1.42	0.2716	Adub:	
Error Rep*DR*Adub	16	0.2724	0.0170			Error Rep*DR*Adub	16	3873381	242086			11	Fertilizantes Especificos tratamento A <sub>1</sub>
Total	29	37.6483				Total	29	4.155E+07				12	Fertilizantes Especificos tratamento A <sub>2</sub>
Grand Mean	10.706	CV (Rep*DR)	2.54	CV (Rep*DR*Adub)	1.22	Grand Mean	4551.3	CV (Rep*DR)	6.08	CV (Rep*DR*Adub)	10.81	13	Fertilizantes Especificos tratamento A <sub>3</sub>
Massa do Hectolitro (kg/hl)						Teor de Proteína do Grão (% SS)						14	Fertilizantes Especificos tratamento A <sub>4</sub>
Source	DF	SS	MS	F	P	Source	DF	SS	MS	F	P	15	Fertilizantes Especificos tratamento A <sub>5</sub>
Rep	2	1.2080	0.60400			Rep	2	17.3730	8.68651			16	Fertilizantes Especificos tratamento A <sub>6</sub>
DR	1	0.5880	0.58800	0.25	0.6689	DR	1	1.4388	1.43883	0.62	0.5136	21	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>1</sub>
Error Rep*DR	2	4.7760	2.38800			Error Rep*DR	2	4.6425	2.32123			22	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>2</sub>
Adub	4	1.7153	0.42883	0.37	0.8294	Adub	4	5.0321	1.25801	1.11	0.3843	23	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>3</sub>
DR*Adub	4	2.5287	0.63217	0.54	0.7091	DR*Adub	4	2.8970	0.72425	0.64	0.6408	24	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>4</sub>
Error Rep*DR*Adub	16	18.7560	1.17225			Error Rep*DR*Adub	16	18.0721	1.12951			25	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>5</sub>
Total	29	29.5720				Total	29	49.4555				26	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>6</sub>
Grand Mean	80.560	CV (Rep*DR)	1.92	CV (Rep*DR*Adub)	1.34	Grand Mean	16.659	CV (Rep*DR)	9.15	CV (Rep*DR*Adub)	6.38		
NDVI (-)						SPAD (-)							
Source	DF	SS	MS	F	P	Source	DF	SS	MS	F	P		
Rep	2	0.01289	0.00644			Rep	2	94.709	47.3543				
DR	1	0.15696	0.15696	33.80	0.0283	DR	1	39.675	39.6750	3.68	0.1950		
Error Rep*DR	2	0.00929	0.00464			Error Rep*DR	2	21.542	10.7710				
Adub	4	0.01151	0.00288	0.43	0.7877	Adub	4	56.719	14.1797	0.68	0.6166		
DR*Adub	4	0.01155	0.00289	0.43	0.7866	DR*Adub	4	24.373	6.0933	0.29	0.8791		
Error Rep*DR*Adub	16	0.10809	0.00676			Error Rep*DR*Adub	16	334.236	20.8898				
Total	29	0.31030				Total	29	571.254					
Grand Mean	0.5197	CV (Rep*DR)	13.11	CV (Rep*DR*Adub)	15.82	Grand Mean	43.323	CV (Rep*DR)	7.58	CV (Rep*DR*Adub)	10.55		
N.º grãos/ espigas (-)													
Source	DF	SS	MS	F	P								
Rep	2	35.27	17.633										
DR	1	974.70	974.700	249.92	0.0040								
Error Rep*DR	2	7.80	3.900										
Adub	4	51.00	12.750	1.24	0.3329								
DR*Adub	4	65.13	16.283	1.59	0.2261								
Error Rep*DR* Adub	16	164.27	10.267										
Total	29	1298.17											
Grand Mean	28.833	CV (Rep*DR)	6.85	CV (Rep*DR* Adub)	11.11								

<sup>5</sup> No 'output' do software Statistix é utilizado o ponto (.) para separar as casas decimais.

**Quadro A.8. Teste de comparação de médias (Tukey) do ensaio de regadio (DR1 e DR2) com fertilizantes clássicos, sem o tratamento A<sub>6</sub><sup>6</sup>.**

N.º espigas/m <sup>2</sup> (-)				Peso de 1000 grãos (g)				Legenda:		
<b>DR</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous</b>	<b>Groups</b>	<b>DR</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous</b>	<b>Groups</b>	<b>Rep</b>	<b>Repetição</b>	
1	393.17	A		1	41.557	A		DR	Dotação de Rega	
2	371.33	A		2	38.999	B		Adub	Fracionamento Fertilizante	
Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 9.3289				Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.2126				Error		Erro
Critical Q Value 6.094 Critical Value for Comparison 40.202				Critical Q Value 6.094 Critical Value for Comparison 0.9162				Mean		Média
Error term used: Rep*DR, 2 DF				Error term used: Rep*DR, 2 DF				CV		Coefficiente de variação
There are no significant pairwise differences among the means.				All 2 means are significantly different from one another.				DF		Graus de Liberdade
<b>Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous</b>	<b>Groups</b>	<b>Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous</b>	<b>Groups</b>	SS	Soma dos Quadrados	
21	399.58	A		23	40.992	A		MS	Quadrado Médio	
22	390.42	A		25	40.855	A		F	Estatística F	
23	386.25	A		22	40.787	A		P	P-value	
24	380.93	A		21	40.047	A		DR:		
25	354.17	A		24	38.710	A		1	Dotação de Rega 1 (100% ETC)	
Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 31.485				Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 1.0774				2		Dotação de Rega 2 (100% ETC nas Fases Críticas)
Critical Q Value 4.333 Critical Value for Comparison 96.467				Critical Q Value 4.333 Critical Value for Comparison 3.3009				3		Sequeiro
Error term used: Rep*DR*Adub, 16 DF				Error term used: Rep*DR*Adub, 16 DF				Adub:		
There are no significant pairwise differences among the means.				There are no significant pairwise differences among the means.				11		Fertilizantes Específicos tratamento A <sub>1</sub>
<b>DR Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous</b>	<b>Groups</b>	<b>DR Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous</b>	<b>Groups</b>	12	Fertilizantes Específicos tratamento A <sub>2</sub>	
1	24	422.50	A	1	25	42.687	A	13	Fertilizantes Específicos tratamento A <sub>3</sub>	
2	23	408.33	A	1	23	42.207	A	14	Fertilizantes Específicos tratamento A <sub>4</sub>	
1	21	405.83	A	1	22	41.573	AB	15	Fertilizantes Específicos tratamento A <sub>5</sub>	
1	22	405.83	A	1	21	40.833	AB	16	Fertilizantes Específicos tratamento A <sub>6</sub>	
2	21	393.33	A	1	24	40.483	AB	21	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>1</sub>	
2	22	375.00	A	2	22	40.000	AB	22	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>2</sub>	
1	25	367.50	A	2	23	39.777	AB	23	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>3</sub>	
1	23	364.17	A	2	21	39.260	AB	24	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>4</sub>	
2	25	340.83	A	2	25	39.023	AB	25	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>5</sub>	
2	24	339.17	A	2	24	36.937	B	26	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>6</sub>	
Comparisons of means for the same level of DR				Comparisons of means for the same level of DR						
Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 44.526				Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 1.5236						
Critical Q Value 5.151 Critical Value for Comparison 162.18				Critical Q Value 5.151 Critical Value for Comparison 5.5496						
Error term used: Rep*DR*Adub, 16 DF				Error term used: Rep*DR*Adub, 16 DF						
Comparisons of means for different levels of DR				Comparisons of means for different levels of DR						
Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 40.904				Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 1.3793						
Critical Q Value 5.611 Critical Value for Comparison 162.29				Critical Q Value 5.361 Critical Value for Comparison 5.2287						
Error terms used: Rep*DR and Rep*DR*Adub				Error terms used: Rep*DR and Rep*DR*Adub						
There are no significant pairwise differences among the means.				There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.						

<sup>6</sup> No 'output' do software Statistix é utilizado o ponto (.) para separar as casas decimais.

Teor de Humidade do Grão (% SS)				Produção de grão (kg/ha)			
DR	Mean	Homogeneous Groups		DR	Mean	Homogeneous Groups	
1	11.814	A		1	5614.2	A	
2	9.598	B		2	3488.4	B	
Alpha		0.05	Standard Error for Comparison 0.0993	Alpha		0.05	Standard Error for Comparison 100.97
Critical Q Value	6.094		Critical Value for Comparison 0.4279	Critical Q Value	6.094		Critical Value for Comparison 435.13
Error term used: Rep*DR, 2 DF				Error term used: Rep*DR, 2 DF			
All 2 means are significantly different from one another.				All 2 means are significantly different from one another.			
<b>Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>		<b>Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>	
25	10.795	A		21	4694.3	A	
22	10.723	A		22	4688.0	A	
21	10.695	A		23	4685.5	A	
23	10.692	A		24	4535.0	A	
24	10.625	A		25	4153.7	A	
Alpha		0.05	Standard Error for Comparison 0.0753	Alpha		0.05	Standard Error for Comparison 284.07
Critical Q Value	4.333		Critical Value for Comparison 0.2308	Critical Q Value	4.333		Critical Value for Comparison 870.36
Error term used: Rep*DR*Adub, 16 DF				Error term used: Rep*DR*Adub, 16 DF			
There are no significant pairwise differences among the means.				There are no significant pairwise differences among the means.			
<b>DR Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>		<b>DR Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>	
1 25	11.940	A		1 22	6061.0	A	
1 23	11.840	A		1 23	5785.3	A	
1 21	11.767	A		1 21	5734.7	A	
1 22	11.767	A		1 24	5634.3	A	
1 24	11.757	A		1 25	4855.7	AB	
2 22	9.680	B		2 21	3654.0	BC	
2 25	9.650	B		2 23	3585.7	BC	
2 21	9.623	B		2 25	3451.7	BC	
2 23	9.543	B		2 24	3435.7	BC	
2 24	9.493	B		2 22	3315.0	C	
Comparisons of means for the same level of DR				Comparisons of means for the same level of DR			
Alpha		0.05	Standard Error for Comparison 0.1065	Alpha		0.05	Standard Error for Comparison 401.73
Critical Q Value	5.151		Critical Value for Comparison 0.3881	Critical Q Value	5.151		Critical Value for Comparison 1463.3
Error term used: Rep*DR*Adub, 16 DF				Error term used: Rep*DR*Adub, 16 DF			
Comparisons of means for different levels of DR				Comparisons of means for different levels of DR			
Alpha		0.05	Standard Error for Comparison 0.1376	Alpha		0.05	Standard Error for Comparison 373.24
Critical Q Value	9.756		Critical Value for Comparison 0.9495	Critical Q Value	5.798		Critical Value for Comparison 1530.3
Error terms used: Rep*DR and Rep*DR*Adub				Error terms used: Rep*DR and Rep*DR*Adub			
There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.				There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.			

Massa do Hectolitro (kg/hl)				Teor de Proteína do Grão (% SS)			
<b>DR</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous</b>	<b>Groups</b>	<b>DR</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous</b>	<b>Groups</b>
2	80.700	A		2	16.878	A	
1	80.420	A		1	16.440	A	
Alpha		0.05	Standard Error for Comparison 0.5643	Alpha		0.05	Standard Error for Comparison 0.5563
Critical Q Value		6.094	Critical Value for Comparison 2.4317	Critical Q Value		6.094	Critical Value for Comparison 2.3974
Error term used: Rep*DR, 2 DF				Error term used: Rep*DR, 2 DF			
There are no significant pairwise differences among the means.				There are no significant pairwise differences among the means.			
<b>Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous</b>	<b>Groups</b>	<b>Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous</b>	<b>Groups</b>
22	80.900	A		23	17.143	A	
23	80.700	A		22	16.937	A	
21	80.550	A		24	16.705	A	
24	80.467	A		25	16.570	A	
25	80.183	A		21	15.940	A	
Alpha		0.05	Standard Error for Comparison 0.6251	Alpha		0.05	Standard Error for Comparison 0.6136
Critical Q Value		4.333	Critical Value for Comparison 1.9152	Critical Q Value		4.333	Critical Value for Comparison 1.8800
Error term used: Rep*DR*Adub, 16 DF				Error term used: Rep*DR*Adub, 16 DF			
There are no significant pairwise differences among the means.				There are no significant pairwise differences among the means.			
<b>DR Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous</b>	<b>Groups</b>	<b>DR Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous</b>	<b>Groups</b>
2 22	81.267	A		2 23	17.637	A	
2 21	81.133	A		2 22	17.300	A	
1 23	80.900	A		1 25	16.853	A	
1 22	80.533	A		2 24	16.710	A	
1 24	80.533	A		1 24	16.700	A	
2 23	80.500	A		1 23	16.650	A	
2 24	80.400	A		1 22	16.573	A	
2 25	80.200	A		2 21	16.457	A	
1 25	80.167	A		2 25	16.287	A	
1 21	79.967	A		1 21	15.423	A	
Comparisons of means for the same level of DR				Comparisons of means for the same level of DR			
Alpha		0.05	Standard Error for Comparison 0.8840	Alpha		0.05	Standard Error for Comparison 0.8678
Critical Q Value		5.151	Critical Value for Comparison 3.2199	Critical Q Value		5.151	Critical Value for Comparison 3.1607
Error term used: Rep*DR*Adub, 16 DF				Error term used: Rep*DR*Adub, 16 DF			
Comparisons of means for different levels of DR				Comparisons of means for different levels of DR			
Alpha		0.05	Standard Error for Comparison 0.9714	Alpha		0.05	Standard Error for Comparison 0.9549
Critical Q Value		8.136	Critical Value for Comparison 5.5883	Critical Q Value		8.153	Critical Value for Comparison 5.5054
Error terms used: Rep*DR and Rep*DR*Adub				Error terms used: Rep*DR and Rep*DR*Adub			
There are no significant pairwise differences among the means.				There are no significant pairwise differences among the means.			



NDVI (-)				SPAD (-)			
<b>DR</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>		<b>DR</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>	
1	0.5920	A		1	44.473	A	
2	0.4473	B		2	42.173	A	
Alpha	0.05	Standard Error for Comparison	0.0249	Alpha	0.05	Standard Error for Comparison	1.1984
Critical Q Value	6.094	Critical Value for Comparison	0.1072	Critical Q Value	6.094	Critical Value for Comparison	5.1644
Error term used: Rep*DR, 2 DF				Error term used: Rep*DR, 2 DF			
All 2 means are significantly different from one another.				There are no significant pairwise differences among the means.			
<b>Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>		<b>Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>	
23	0.5400	A		23	44.500	A	
24	0.5383	A		21	44.367	A	
22	0.5217	A		22	43.617	A	
21	0.5117	A		24	43.433	A	
25	0.4867	A		25	40.700	A	
Alpha	0.05	Standard Error for Comparison	0.0475	Alpha	0.05	Standard Error for Comparison	2.6388
Critical Q Value	4.333	Critical Value for Comparison	0.1454	Critical Q Value	4.333	Critical Value for Comparison	8.0850
Error term used: Rep*DR*Adub, 16 DF				Error term used: Rep*DR*Adub, 16 DF			
There are no significant pairwise differences among the means.				There are no significant pairwise differences among the means.			
<b>DR Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>		<b>DR Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>	
1 24	0.6333	A		1 23	45.433	A	
1 23	0.6000	A		1 24	45.200	A	
1 21	0.5867	A		2 21	44.467	A	
1 25	0.5767	A		1 21	44.267	A	
1 22	0.5633	A		1 22	44.267	A	
2 22	0.4800	A		2 23	43.567	A	
2 23	0.4800	A		1 25	43.200	A	
2 24	0.4433	A		2 22	42.967	A	
2 21	0.4367	A		2 24	41.667	A	
2 25	0.3967	A		2 25	38.200	A	
Comparisons of means for the same level of DR				Comparisons of means for the same level of DR			
Alpha	0.05	Standard Error for Comparison	0.0671	Alpha	0.05	Standard Error for Comparison	3.7318
Critical Q Value	5.151	Critical Value for Comparison	0.2444	Critical Q Value	5.151	Critical Value for Comparison	13.593
Error term used: Rep*DR*Adub, 16 DF				Error term used: Rep*DR*Adub, 16 DF			
Comparisons of means for different levels of DR				Comparisons of means for different levels of DR			
Alpha	0.05	Standard Error for Comparison	0.0650	Alpha	0.05	Standard Error for Comparison	3.5465
Critical Q Value	6.448	Critical Value for Comparison	0.2963	Critical Q Value	6.161	Critical Value for Comparison	15.450
Error terms used: Rep*DR and Rep*DR*Adub				Error terms used: Rep*DR and Rep*DR*Adub			
There are no significant pairwise differences among the means.				There are no significant pairwise differences among the means.			

N.º grãos/ espigas (-)		
<b>DR</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>
1	34.533	A
2	23.133	B
Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.7211		
Critical Q Value 6.094 Critical Value for Comparison 3.1076		
Error term used: Rep*DR, 2 DF		
All 2 means are significantly different from one another.		
<b>Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>
23	30.000	A
22	29.833	A
21	29.500	A
24	28.333	A
25	26.500	A
Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 1.8499		
Critical Q Value 4.333 Critical Value for Comparison 5.6680		
Error term used: Rep*DR* Adub, 16 DF		
There are no significant pairwise differences among the means.		
<b>DR Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>
1	23	38.333 A
1	22	36.000 A
1	21	34.667 A
1	24	33.000 AB
1	25	30.667 ABC
2	21	24.333 BC
2	22	23.667 BC
2	24	23.667 BC
2	25	22.333 C
2	23	21.667 C
Comparisons of means for the same level of DR		
Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 2.6162		
Critical Q Value 5.151 Critical Value for Comparison 9.5291		
Error term used: Rep*DR* Adub, 16 DF		
Comparisons of means for different levels of DR		
Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 2.4486		
Critical Q Value 5.918 Critical Value for Comparison 10.247		
Error terms used: Rep*DR and Rep*DR* Adub		
There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.		



**Quadro A.10. Teste de comparação de médias (Tukey) do ensaio de sequeiro (1 factor) com fertilizantes específicos (EEF)<sup>8</sup>.**

N.º espigas/m <sup>2</sup> (-)				Peso de 1000 grãos (g)				Legenda:		
<b>Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>		<b>Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>		<b>Rep</b>	<b>Repetição</b>	
11	293.33	A		13	33.380	A		DR	Dotação de Rega	
13	287.50	A		11	33.207	A		Adub	Fracionamento Fertilizante	
14	271.67	A		12	32.777	A		Error	Erro	
16	270.00	A		15	31.537	A		Mean	Média	
12	248.33	A		14	31.483	A		CV	Coefficiente de variação	
15	235.00	A		16	30.750	A		DF	Graus de Liberdade	
Alpha	0.05	Standard Error for Comparison	26.247	Alpha	0.05	Standard Error for Comparison	1.3057	SS	Soma dos Quadrados	
Critical Q Value	4.751	Critical Value for Comparison	88.172	Critical Q Value	4.751	Critical Value for Comparison	4.3863	MS	Quadrado Médio	
Error term used: Error, 12 DF				Error term used: Error, 12 DF				F	Estatística F	
There are no significant pairwise differences among the means.				There are no significant pairwise differences among the means.				P	P-value	
<b>Teor de Humidade do Grão (% SS)</b>				<b>Produção de grão (kg/ha)</b>				DR:		
<b>Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>		<b>Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>		1	Dotação de Rega 1 (100% ETC)	
16	9.1400	A		11	2009.0	A		2	Dotação de Rega 2 (100% ETC nas Fases Críticas)	
11	9.1133	AB		13	1661.0	A		3	Sequeiro	
15	9.0100	AB		16	1645.3	A		Adub:		
13	8.9800	AB		14	1550.0	A		11	Fertilizantes Específicos tratamento A <sub>1</sub>	
14	8.9800	AB		12	1534.0	A		12	Fertilizantes Específicos tratamento A <sub>2</sub>	
12	8.9233	B		15	1484.3	A		13	Fertilizantes Específicos tratamento A <sub>3</sub>	
Alpha	0.05	Standard Error for Comparison	0.0634	Alpha	0.05	Standard Error for Comparison	267.71	14	Fertilizantes Específicos tratamento A <sub>4</sub>	
Critical Q Value	4.751	Critical Value for Comparison	0.2130	Critical Q Value	4.751	Critical Value for Comparison	899.35	15	Fertilizantes Específicos tratamento A <sub>5</sub>	
Error term used: Error, 12 DF				Error term used: Error, 12 DF				16	Fertilizantes Específicos tratamento A <sub>6</sub>	
There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.				There are no significant pairwise differences among the means.				21	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>1</sub>	
<b>Teor de Proteína do Grão (% SS)</b>				<b>N.º grãos/espiga (-)</b>				22		Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>2</sub>
<b>Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>		<b>Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>		23	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>3</sub>	
16	14.127	A		11	21.333	A		24	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>4</sub>	
11	14.093	A		15	20.667	A		25	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>5</sub>	
13	13.770	AB		16	20.000	A		26	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>6</sub>	
15	13.537	AB		12	18.333	A				
14	13.497	AB		14	18.000	A				
12	12.793	B		13	17.333	A				
Alpha	0.05	Standard Error for Comparison	0.2976	Alpha	0.05	Standard Error for Comparison	3.9347			
Critical Q Value	4.751	Critical Value for Comparison	0.9998	Critical Q Value	4.751	Critical Value for Comparison	13.218			
Error term used: Error, 12 DF				Error term used: Error, 12 DF						
There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.				There are no significant pairwise differences among the means.						

<sup>8</sup> No 'output' do software Statistix é utilizado o ponto (.) para separar as casas decimais.

**Quadro A.11. Análise ANOVA do ensaio de sequeiro (1 factor) com fertilizantes clássicos, sem o tratamento A<sub>6</sub><sup>9</sup>.**

N.º espigas/m <sup>2</sup> (-)						Peso de 1000 grãos (g)						Legenda:	
Source	DF	SS	MS	F	P	Source	DF	SS	MS	F	P	Rep	Repetição
Adub	4	1952.5	488.13	0.29	0.8790	Adub	4	6.4971	1.62427	0.77	0.5662	DR	Dotação de Rega
Error	10	16933.3	1693.33			Error	10	20.9735	2.09735			Adub	Fracionamento Fertilizante
Total	14	18885.8				Total	14	27.4706				Error	Erro
Grand Mean 250.33 CV 16.44						Grand Mean 31.590 CV 4.58						Mean	Média
												CV	Coefficiente de variação
												DF	Graus de Liberdade
												SS	Soma dos Quadrados
												MS	Quadrado Médio
												F	Estatística F
												P	P-value
												DR:	
												1	Dotação de Rega 1 (100% ETC)
												2	Dotação de Rega 2 (100% ETC nas Fases Críticas)
												3	Sequeiro
												Adub:	
												11	Fertilizantes Específicos tratamento A <sub>1</sub>
												12	Fertilizantes Específicos tratamento A <sub>2</sub>
												13	Fertilizantes Específicos tratamento A <sub>3</sub>
												14	Fertilizantes Específicos tratamento A <sub>4</sub>
												15	Fertilizantes Específicos tratamento A <sub>5</sub>
												16	Fertilizantes Específicos tratamento A <sub>6</sub>
												21	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>1</sub>
												22	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>2</sub>
												23	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>3</sub>
												24	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>4</sub>
												25	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>5</sub>
												26	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>6</sub>

Teor de Humidade do Grão (% SS)						Produção de grão (kg/ha)					
Source	DF	SS	MS	F	P	Source	DF	SS	MS	F	P
Adub	4	0.01464	0.00366	0.94	0.4820	Adub	4	714824	178706	4.19	0.0301
Error	10	0.03913	0.00391			Error	10	426397	42640		
Total	14	0.05377				Total	14	1141221			
Grand Mean 9.0753 CV 0.69						Grand Mean 1061.1 CV 19.46					

Teor de Proteína do Grão (% SS)						N.º grãos/espiga (-)					
Source	DF	SS	MS	F	P	Source	DF	SS	MS	F	P
Adub	4	5.6058	1.40146	2.82	0.0835	Adub	4	91.6000	22.9000	1.86	0.1948
Error	10	4.9647	0.49647			DR	0	0.00000			
Total	14	10.5705				Error	10	123.333	12.3333		
Grand Mean 13.531 CV 5.21						Grand Mean 13.733    CV 25.57					

<sup>9</sup> No 'output' do software Statistix é utilizado o ponto (.) para separar as casas decimais.

**Quadro A.12. Teste de comparação de médias (Tukey) do ensaio de sequeiro (1 factor) com fertilizantes clássicos, sem o tratamento A<sub>6</sub><sup>10</sup>.**

N.º espigas/m <sup>2</sup> (-)			Peso de 1000 grãos (g)			Legenda:	
<b>Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>	<b>Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>	<b>Rep</b>	<b>Repetição</b>
24	263.33	A	25	32.347	A	DR	Dotação de Rega
22	257.50	A	22	32.060	A	Adub	Fracionamento Fertilizante
23	255.00	A	24	31.940	A	Error	Erro
25	245.00	A	23	30.860	A	Mean	Média
21	230.83	A	21	30.743	A	CV	Coefficiente de variação
Alpha	0.05	Standard Error for Comparison	33.599	Alpha	0.05	Standard Error for Comparison	1.1825
Critical Q Value	4.655	Critical Value for Comparison	110.59	Critical Q Value	4.655	Critical Value for Comparison	3.8919
Error term used:	Error, 10 DF			Error term used:	Error, 10 DF		
There are no significant pairwise differences among the means.			There are no significant pairwise differences among the means.			DF	Graus de Liberdade
						SS	Soma dos Quadrados
						MS	Quadrado Médio
						F	Estatística F
						P	P-value
						DR:	
						1	Dotação de Rega 1 (100% ETC)
						2	Dotação de Rega 2 (100% ETC nas Fases Críticas)
						3	Sequeiro
						Adub:	
						11	Fertilizantes Específicos tratamento A <sub>1</sub>
						12	Fertilizantes Específicos tratamento A <sub>2</sub>
						13	Fertilizantes Específicos tratamento A <sub>3</sub>
						14	Fertilizantes Específicos tratamento A <sub>4</sub>
						15	Fertilizantes Específicos tratamento A <sub>5</sub>
						16	Fertilizantes Específicos tratamento A <sub>6</sub>
						21	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>1</sub>
						22	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>2</sub>
						23	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>3</sub>
						24	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>4</sub>
						25	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>5</sub>
						26	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>6</sub>
Teor de Humidade do Grão (% SS)			Produção de grão (kg/ha)				
<b>Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>	<b>Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>		
25	9.1233	A	24	1266.7	A		
23	9.0933	A	22	1113.7	A		
24	9.0733	A	25	1062.3	A		
21	9.0533	A	21	829.0	A		
22	9.0333	A	23	784.3	A		
Alpha	0.05	Standard Error for Comparison	0.0511	Alpha	0.05	Standard Error for Comparison	264.60
Critical Q Value	4.655	Critical Value for Comparison	0.1681	Critical Q Value	4.655	Critical Value for Comparison	870.91
Error term used:	Error, 10 DF			Error term used:	Error, 10 DF		
There are no significant pairwise differences among the means.			There are no significant pairwise differences among the means.				
Teor de Proteína do Grão (% SS)			N.º grãos/espiga (-)				
<b>Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>	<b>Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>		
24	14.260	A	25	17.000	A		
21	14.163	A	24	15.333	A		
22	13.440	A	22	14.333	A		
23	13.140	A	21	12.000	A		
25	12.650	A	23	10.000	A		
Alpha	0.05	Standard Error for Comparison	0.5753	Alpha	0.05	Standard Error for Comparison	2.8674
Critical Q Value	4.655	Critical Value for Comparison	1.8935	Critical Q Value	4.655	Critical Value for Comparison	9.4378
Error term used:	Error, 10 DF			Error term used:	Error, 10 DF		
There are no significant pairwise differences among the means.			There are no significant pairwise differences among the means.				

<sup>10</sup> No 'output' do software Statistix é utilizado o ponto (.) para separar as casas decimais.

**Quadro A.13. Determinação do teor de humidade do solo pelo método gravimétrico nos três estádios de humidade (saturado, intermédio e seco) (Fonte: COTR, 2017).**

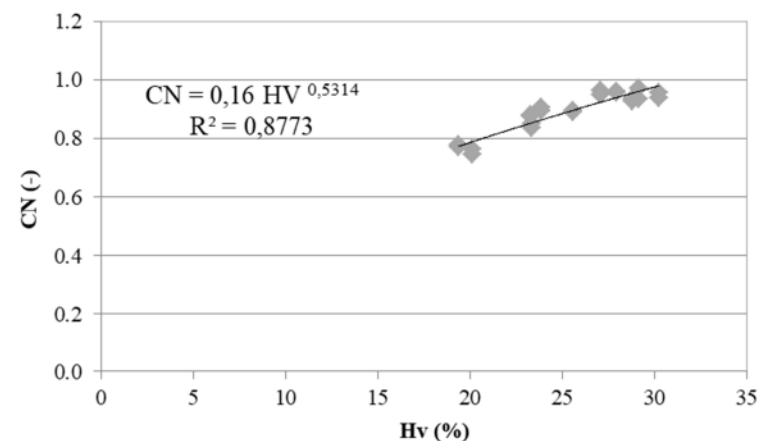
Estádio de Humidade - Húmido (saturado)									
Prof. (cm)	D <sub>ap</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	Rep.	PH+Tara (g)	PS+Tara (g)	Tara (g)	Teor de Humidade			
						(g/g)	Média	(cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	Hv (%)
5-15	1,30	1	210,39	177,6	31,14	0,22	0,22	0,29	28,81
		2	205,21	180,12	65,73	0,22			
15-25	1,30	1	159,79	135,31	32,15	0,24	0,23	0,30	30,24
		2	203,65	178,21	66,59	0,23			
25-35	1,40	1	209,47	188,87	69,58	0,17	0,19	0,27	27,11
		2	194,34	172,25	69,3	0,21			
35-45	1,60	1	204,24	180,95	55,38	0,18	0,17	0,28	27,98
		2	147,27	130,81	30,64	0,16			
45-55	1,60	1	210,25	172,96	60,01	0,33	0,18	0,29	29,15
		2	183,35	165,31	66,29	0,18			
Estádio de Humidade - Intermédio									
Prof. (cm)	D <sub>ap</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	Rep.	PH+Tara (g)	PS+Tara (g)	Tara (g)	Teor de Humidade			
						H(g/g)	Média	(cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	Hv (%)
5-15	1,30	1	174,65	157,79	63,88	0,18	0,18	0,23	23,34
15-25	1,30	1	230,91	206,40	69,66	0,18	0,18	0,23	23,30
25-35	1,40	1	178,88	157,05	28,91	0,17	0,17	0,24	23,85
35-45	1,60	1	152,13	138,49	29,69	0,13	0,13	0,20	20,06
45-55	1,60	1	148,84	132,58	30,98	0,16	0,16	0,26	25,61
Estádio de Humidade - Seco									
Prof. (cm)	D <sub>ap</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	Rep.	PH+Tara (g)	PS+Tara (g)	Tara (g)	Teor de Humidade			
						(g/g)	Média	(cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	Hv (%)
5-15	1,30	1	165,00	146,39	31,05	0,16	0,15	0,20	20,14
		2	205,00	186,92	65,13	0,15			
15-25	1,30	1	185,00	175,26	67,25	0,09	0,10	0,13	12,92
		2	155,00	142,87	31,17	0,11			
25-35	1,40	1	105,00	99,26	30,38	0,08	0,07	0,10	10,47
		2	140,00	134,16	46,05	0,07			
35-45	1,60	1	100,00	94,93	53,09	0,12	0,12	0,19	19,39
45-55	1,60	1	185,00	176,52	50,24	0,07	0,07	0,11	10,74
Legenda:		Prof.: Profundidade Dap: Densidade aparente do solo Rep.: Repetição			PH: Peso húmido do solo PS: Peso seco do solo Hv: teor de humidade volumétrico				

**Quadro A.14. Valores medidos com a Enviroskan e o teor de humidade calculado a partir do método gravimétrico.**

Sonda/ Estádio de Humidade	Profundidade (cm)	Leitura no solo (Hz)	CN (-)	Hv (%)
DR2 sat	10	25813	0,929	28,81
DR2 sat	20	25633	0,938	30,24
DR2 sat	30	25266	0,948	27,11
DR2 sat	40	25139	0,960	27,98
DR2 sat	50	25037	0,971	29,15
DR2 interm	10	26871	0,836	23,34
DR2 interm	20	26354	0,876	23,30
DR2 interm	30	25871	0,894	23,85
DR2 interm	40	25916	0,892	20,06
DR2 interm	50	25971	0,889	25,61
DR2 seco	10	27888	0,747	20,14
DR2 seco	20	28991	0,649	12,92
DR2 seco	30	27470	0,751	10,47
DR2 seco	40	27226	0,777	19,39
DR2 seco	50	27325	0,771	10,74
DR1 sat	10	25341	0,935	28,81
DR1 sat	20	25192	0,956	30,24
DR1 sat	30	25381	0,964	27,11
DR1 sat	40	25625	0,955	27,98
DR1 sat	50	25489	0,934	29,15
DR1 interm	10	26314	0,851	23,34
DR1 interm	20	26034	0,881	23,30
DR1 interm	30	26076	0,905	23,85
DR1 interm	40	26409	0,887	20,06
DR1 interm	50	25964	0,893	25,61
DR1 seco	10	27346	0,763	20,14
DR1 seco	20	28579	0,656	12,92
DR1 seco	30	27775	0,760	10,47
DR1 seco	40	27771	0,770	19,39
DR1 seco	50	27771	0,739	10,74

**Quadro A.15. Valores medidos com a Enviroskan no ar e na água (Fonte: COTR, 2017).**

Sondas	Profundidade (cm)	Leituras (Hz)	
		Ar	Água
DR2	10	36435	24996
	20	36507	24919
	30	35898	24681
	40	36070	24686
	50	36153	24704
DR1	10	36223	24583
	20	35985	24692
	30	36666	24963
	40	36677	25106
	50	36411	24718



**Figura A.2. Curva de calibração das sondas Enviroskan em DR1 e DR2<sup>11</sup>.**

<sup>11</sup> Na representação gráfica o ponto (.) separa as casas decimais.

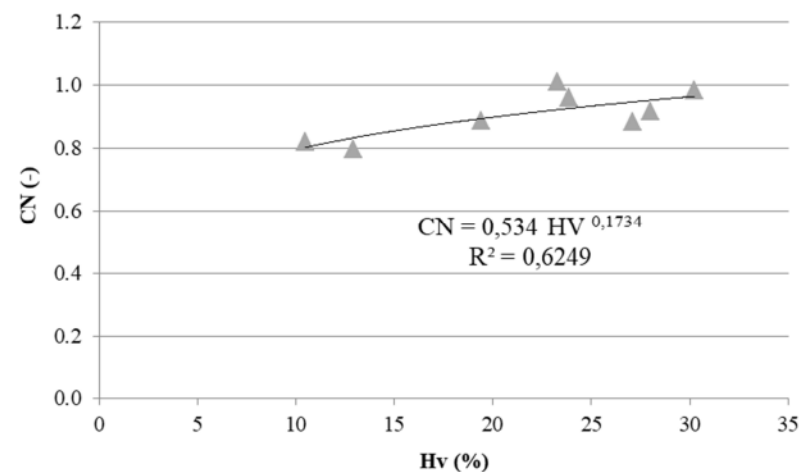


**Quadro A.16. Valores medidos com a sonda PR1 e o teor de humidade calculado a partir do método gravimétrico.**

Sonda/ Estádio de Humidade	Profundidade (cm)	Leitura no solo (mV)	CN (-)	Hv (%)
PR1 sat	10	474	2,335	28,81
PR1 sat	20	212	0,981	30,24
PR1 sat	30	194	0,882	27,11
PR1 sat	40	207	0,916	27,98
PR1 interm	10	202	0,995	23,34
PR1 interm	20	218	1,009	23,30
PR1 interm	30	211	0,959	23,85
PR1 interm	40	226	1,000	20,06
PR1 seco	10	162	0,798	20,14
PR1 seco	20	172	0,796	12,92
PR1 seco	30	180	0,818	10,47
PR1 seco	40	200	0,885	19,39

**Quadro A.17. Valores medidos com a sonda PR1 na água** (Fonte: COTR, 2017).

Sondas	Profundidade (cm)	Leituras (mV)	
		Ar	Água
PR1	10	-	203
	20	-	216
	30	-	220
	40	-	226



**Figura A.3. Curva de calibração da sonda PR1<sup>12</sup>.**

<sup>12</sup> Na representação gráfica o ponto (.) separa as casas decimais.

**Quadro A.18. Análise ANOVA e de Tukey da produção de grão ponderada, nos ensaios com fertilizantes específicos e fertilizantes clássicos (sem o tratamento A<sub>6</sub>).<sup>13</sup>**

Produção de grão* (kg/ha)											Legenda:		
Fertilizantes Específicos						Fertilizantes Clássicos					Rep	Repetição	
<b>Source</b>	<b>DF</b>	<b>SS</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>	<b>Source</b>	<b>DF</b>	<b>SS</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>	DR	Dotação de Rega
Rep	2	456.04	228.019			Rep	2	34.4	17.22			Adub	Fracionamento Fertilizante
DR	2	892.93	446.463	3.88	0.0304	DR	2	4072.7	2036.36	18.75	0.0000	Error	Erro
Adub	5	546.59	109.319	0.95	0.4623	Adub	4	411.0	102.74	0.95	0.4520	Mean	Média
DR*Adub	10	1301.07	130.107	1.13	0.3699	DR*Adub	8	2958.6	369.83	3.41	0.0074	CV	Coefficiente de variação
Error	34	3915.96	115.175			Error	28	3040.2	108.58			DF	Graus de Liberdade
Total	53	7112.59				Total	44	10517.0				SS	Soma dos Quadrados
												MS	Quadrado Médio
												F	Estatística F
												P	P-value
												DR:	
Grand Mean	80.630	CV	13.31			Grand Mean	78.422	CV	13.29			1	Dotação de Rega 1 (100% ETC)
												2	Dotação de Rega 2 (100% ETC nas Fases Críticas)
												3	Sequeiro
<b>DR</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>				<b>DR</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>				Adub:	
1	84.222	A				2	85.933	A				11	Fertilizantes Específicos tratamento A <sub>1</sub>
2	82.722	AB				1	84.333	A				12	Fertilizantes Específicos tratamento A <sub>2</sub>
3	74.944	B				3	65.000	B				13	Fertilizantes Específicos tratamento A <sub>3</sub>
Alpha		0.05	Standard Error for Comparison 3.5773			Alpha		0.05	Standard Error for Comparison 3.8049			14	Fertilizantes Específicos tratamento A <sub>4</sub>
Critical Q Value		3.466	Critical Value for Comparison 8.7679			Critical Q Value		3.500	Critical Value for Comparison 9.4165			15	Fertilizantes Específicos tratamento A <sub>5</sub>
Error term used:		Rep*DR*Adub, 34 DF				Error term used:		Rep*DR*Adub, 28 DF				16	Fertilizantes Específicos tratamento A <sub>6</sub>
There are		2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.				There are		2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.				21	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>1</sub>
<b>Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>				<b>Adub</b>	<b>Mean</b>	<b>Homogeneous Groups</b>				22	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>2</sub>
11	84.889	A				24	82.333	A				23	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>3</sub>
15	82.111	A				22	80.444	A				24	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>4</sub>
16	81.556	A				25	79.444	A				25	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>5</sub>
14	81.444	A				21	75.667	A				26	Fertilizantes Clássicos tratamento A <sub>6</sub>
13	79.222	A				23	74.222	A					
12	74.556	A											
Alpha		0.05	Standard Error for Comparison 5.0591			Alpha		0.05	Standard Error for Comparison 4.9121				
Critical Q Value		4.268	Critical Value for Comparison 15.269			Critical Q Value		4.120	Critical Value for Comparison 14.311				
Error term used:		Rep*DR*Adub, 34 DF				Error term used:		Rep*DR*Adub, 28 DF					
There are		no significant pairwise differences among the means.				There are		no significant pairwise differences among the means.					

<sup>13</sup> No 'output' do software Statistix é utilizado o ponto (.) para separar as casas decimais.

DR	Adub	Mean	Homogeneous Groups	DR	Adub	Mean	Homogeneous Groups
3	11	91.333	A	1	22	91.000	A
1	14	90.333	A	2	21	89.667	A
2	15	90.000	A	2	23	88.333	A
1	15	88.667	A	1	23	86.667	A
1	16	88.333	A	1	21	86.333	A
2	14	83.667	A	2	25	85.000	A
2	13	82.333	A	1	24	84.667	A
1	11	82.000	A	2	24	84.667	A
2	16	81.667	A	2	22	82.000	AB
2	11	81.333	A	3	25	80.333	AB
1	13	79.667	A	3	24	77.667	ABC
2	12	77.333	A	1	25	73.000	ABC
1	12	76.333	A	3	22	68.333	ABC
3	13	75.667	A	3	21	51.000	BC
3	16	74.667	A	3	23	47.667	C
3	14	70.333	A				
3	12	70.000	A				
3	15	67.667	A				
Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 8.7626				Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 8.5080			
Critical Q Value 5.322 Critical Value for Comparison 32.977				Critical Q Value 5.239 Critical Value for Comparison 31.520			
Error term used: Rep*DR*Adub, 34 DF				Error term used: Rep*DR*Adub, 28 DF			
There are no significant pairwise differences among the means.				There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.			



