



Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado em Engenharia Agronómica

Dissertação

**Controlo de infestantes em pré e pós-emergência na cultura
do trigo mole (*Triticum aestivum* L.)**

Daniel Filipe Sousa Gregório

Orientador(es) | José Francisco Barros

Évora 2023



Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado em Engenharia Agronómica

Dissertação

**Controlo de infestantes em pré e pós-emergência na cultura
do trigo mole (*Triticum aestivum* L.)**

Daniel Filipe Sousa Gregório

Orientador(es) | José Francisco Barros

Évora 2023



A dissertação foi objeto de apreciação e discussão pública pelo seguinte júri nomeado pelo Diretor da Escola de Ciências e Tecnologia:

Presidente | Vasco Fitas da Cruz (Universidade de Évora)

Vogais | José Calado (Universidade de Évora) (Arguente)
José Francisco Barros (Universidade de Évora) (Orientador)

*“Aprender com a experiência dos outros é menos penoso do que aprender com a
própria”*

José Saramago

Agradecimentos

Começo por agradecer ao professor José Francisco Calado Barros, pois sem ele não seria possível realizar esta dissertação. Agradeço por ter aceitado ser meu orientador, por todo o conhecimento que me transmitiu, todo o apoio e disponibilidade que sempre teve.

Ao Engenheiro Manuel Figo e a Engenheira Filipa Santos por todo o apoio técnico durante os ensaios.

Um agradecimento especial a todos os meus amigos, em especial ao Daniel Bailote, à Sofia Trindade e ao Jorge Narigueta, grandes apoios durante a realização desta dissertação.

Por fim agradeço a minha mãe por toda a motivação que me deu durante todo este percurso.

Resumo

Este trabalho teve como objetivo, estudar a eficácia de dois herbicidas de pré-emergência e um de pós-emergência, no controle do *Lolium rigidum* Gaudin e de infestantes dicotiledóneas, na cultura do trigo mole (*Triticum aestivum* L.) e na produtividade da cultura. Os herbicidas de pré-emergência, foram o prossulfocarbe e o diflufenicão. O herbicida de pós-emergência, foi o diflufenicão + florasulame + iodossulfurão-metilo-sódio. Os resultados demonstraram, que o prossulfocarbe revelou uma boa eficácia no controle do *Lolium*, mas foi pouco eficaz no controle das infestantes dicotiledóneas. A eficácia no controle das dicotiledóneas, foi maior nos tratamentos com o diflufenicão, relativamente aos tratamentos só com prossulfocarbe, tendo a produção de grão por unidade de área sido maior no tratamento com a dose mais alta desta substância ativa. O herbicida de pós-emergência revelou uma elevada eficácia no controle das infestantes dicotiledóneas e uma boa eficácia no controle do *Lolium*, o que não se refletiu na produtividade.

Palavras chave: Herbicidas, eficácia, monocotiledóneas, dicotiledóneas e produtividade

Weed control in pre-emergence and post-emergence of wheat (*Triticum aestivum* L.)

The present work aimed to study the efficacy of two pre-emergence herbicides and a post-emergence herbicide, in the control of *Lolium rigidum* Gaudin and broadleaved weeds in the wheat crop (*Triticum aestivum* L.) and crop yield. The pre-emergence herbicides studied were prosulfocarb and diflufenican. The post-emergence herbicide was diflufenican + florasulame + iodosulfuron-methyl-sodium. The results demonstrated that prosulfocarb revealed a good efficacy to control *Lolium*, but was ineffective in controlling broadleaved weeds. The efficacy in the control of broadleaved weeds was higher in treatments with diflufenican compared to treatments only with prossulfocarbe and, grain yield per unit of area was higher in treatment where the highest dose of this active ingredient was applied. The post-emergence herbicide showed a high efficacy in the control of broadleaved weeds and a good efficacy to control *Lolium*, but this was not reflected in the grain yield per unit of area.

Key words: Herbicides, efficacy, monocotyledons, dicotyledons and grain yield.

Resumo	v
Weed control in pre-emergence and post-emergence of wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.)	vi
Índice Geral.....	vii
Índice de Figuras	ix
Índice de Quadros.....	x
Abreviaturas	xii
1. Introdução	1
2. Revisão Bibliográfica.....	4
2. 1. A Cultura do Trigo.....	5
2. 1. 1. A cultura do trigo em Portugal.....	6
2. 1. 2. Importância nutricional do trigo.....	7
2. 1. 3. Caracterização botânica do trigo.....	8
2. 1. 3. 1. Taxonomia.....	8
2. 1. 3. 2. Morfologia.....	9
2. 1. 3. 3. Estádios de desenvolvimento	13
2. 1. 3. 4. Espécies e cultivares de trigo	14
2. 2. Herbicidas, Infestantes e Seu Controlo.....	15
2. 2. 1. Métodos de controlo de infestantes.....	15
2. 2. 2. Controlo de infestantes na cultura do trigo	17
2. 2. 3. Infestantes mais comuns na cultura do trigo	19
2. 2. 4. Competição das Infestantes com a Cultura do Trigo	23
2. 2. 5. Herbicidas na cultura do trigo	26
2. 2. 5. 1. Herbicidas de pré-emergência.....	26
2. 2. 5. 2. Herbicidas de pós-emergência.....	31
2. 2. 5. 3. Características dos herbicidas estudados.....	33
2. 3. Relação entre a Produção de Grão e os Componentes da Produção no Trigo.....	37
3. Material e Métodos	39
3. 1. Descrição do ensaio	40
3. 2. Caraterização Edafo-climática.....	40

3. 2. 1. Caracterização climática	40
3. 2. 2. Caracterização edáfica	42
3. 3. Técnicas Culturais Utilizadas	43
3. 4. Tratamentos e Delineamento Experimental.....	46
3. 5. Observações e Determinações	47
3. 5. 1. Eficácia dos Herbicidas Aplicados.....	47
3. 5. 2. Produção de grão e seus componentes	48
3. 6. Tratamento estatístico	50
4. Análise e Discussão dos Resultados.....	52
4. 1. Infestantes Presentes no Ensaio	52
4. 2. Reinfestação no Período do Ensaio	54
4. 3. Eficácia dos Tratamentos no Controlo das Infestantes	56
4. 3. 1. Eficácia dos herbicidas de pré-emergência no controlo do <i>Lolium</i>	56
4. 3. 2. Eficácia dos herbicidas de pré-emergência no controlo das infestantes dicotiledóneas.....	57
4. 3. 3. Eficácia do herbicida de pós-emergência no controlo do <i>Lolium</i> e das infestantes dicotiledóneas.....	58
4. 4. Produção de Grão nos Tratamentos de Pré-emergência e no de Pós-emergência ..	60
4. 4. 2. Produção de grão no tratamento de pós-emergência.....	63
4. 5. Componentes da Produção, Matéria Seca Total e Índice de Colheita	64
4. 6. Relação entre a Produção de Grão e os Componentes da Produção.....	65
5. Conclusões	70
6. Referências Bibliográficas.....	72
7. Anexos	84

Índice de Figuras

Figura 2.1. Grau de autoaprovisionamento do trigo (1990-2021).....	7
Figura 2.2. Raiz do trigo.....	9
Figura 2.3. Caule e folha de uma planta de trigo.....	10
Figura 2.4. Aurículas e lígula numa planta de trigo.....	10
Figura 2.5. Inflorescência do trigo mole.....	11
Figura 2.6. Grão de trigo.....	12
Figura 2.7. Estádios de desenvolvimento do trigo (Escala de Zadoks).....	13
Figura 3.1. Esquema do ensaio.....	47
Figura 4.1. Relação entre a eficácia dos herbicidas de pré-emergência no controlo do <i>Lolium</i> e a produção de grão por unidade de área	62
Figura 4.2. Relação entre a eficácia dos herbicidas de pré-emergência no controlo das infestantes dicotiledóneas e a produção de grão por unidade de área.....	63
Figura 4.3. Relação entre a eficácia média no controlo do <i>Lolium</i> e das infestantesdicotiledóneas e a produção de grão por unidade de área.....	63
Figura 4.4. Relação entre o número de espigas por unidade de área e a produção de grão por unidade de área.....	66
Figura 4.5. Relação entre o número de grãos por unidade de área e a produção de grão por unidade de área.....	66
Figura 4.6. Relação entre o peso de mil grãos e a produção de grão por unidade de área.....	67
Figura 4.7. Relação entre o número de grãos por espiga e a produção de grão por unidade de área.....	68
Figura 4.8. Relação entre o índice de colheita e a produção de grão por unidade de área.....	68
Figura 4.9. Relação entre a produção de matéria seca total por unidade de área e a produção por unidade de área.....	69

Índice de Quadros

Quadro 2.1. Componentes nutricionais do trigo.....	8
Quadro 2.2. Famílias, nomes científicos e vulgares das infestantes monocotiledóneas mais comuns, na cultura do trigo.....	20
Quadro 2.3. Famílias, nomes científicos e vulgares das infestantes dicotiledóneas mais comuns na cultura do trigo.....	21
Quadro 3.1. Dados climáticos no período de 1991 a 2021 (Estação Meteorológica de Beja).....	41
Quadro 3.2. Dados climáticos para o ano agrícola de 2021/2022 (Estação Meteorológica de Beja - Portal do Regante – Quinta da Saúde).....	41
Quadro 3.3. Valores da precipitação (°C) nos diferentes períodos de contagem das infestantes nos tratamentos em pré-sementeira e acumulada, desde a aplicação dos herbicidas até à maturação fisiológica da cultura (Estação Meteorológica de Beja - Portal do Regante – Quinta da Saúde).....	42
Quadro 3.4. Algumas características físicas, químicas e analíticas do solo Pm (Solos Mediterrâneos Pardos Para-Barros).....	43
Quadro 3.5. Calendário das operações culturais e contagens de infestantes efetuadas no ensaio.....	45
Quadro 3.6. Tratamentos e épocas de aplicação dos herbicidas.....	46
Quadro 4.1. Infestantes presentes no ensaio.....	53
Quadro 4.2. Nº médio de infestantes contabilizadas nos talhões testemunha.....	54
Quadro 4.3. Fases de desenvolvimento da cultura, do <i>Lolium</i> e das infestantes dicotiledóneas, nos diferentes períodos após a aplicação dos herbicidas de pré-emergência (DAA - dias após a aplicação).....	55
Quadro 4.4. Fases de desenvolvimento da cultura, do <i>Lolium</i> e das infestantes dicotiledóneas, antes da aplicação do herbicida de pós-emergência (1ª contagem) e 2,5 meses após a aplicação (2ª contagem).....	56
Quadro 4.5. Eficácia (%) dos herbicidas de pré-emergência no controlo do <i>Lolium rigidum</i> G.....	56
Quadro 4.6. Eficácia (%) dos herbicidas de pré-emergência no controlo das infestantes dicotiledóneas.....	57

Quadro 4.7. N° de infestantes m ⁻² contadas nos talhões tratados e nos talhões testemunha antes (1ª contagem) e 2,5 meses após a aplicação do herbicida (2ª contagem).....	59
Quadro 4.8. Eficácia (%) do tratamento de pós-emergência no controlo do <i>Lolium rigidum</i> G. e das infestantes dicotiledóneas.....	59
Quadro 4.9. Produção de grão (g m ⁻²).....	60
Quadro 4.10. Efeito dos diferentes tratamentos nos componentes da produção, na matéria seca total e no índice de colheita.....	65

Abreviaturas

ALS - Acetolactato síntase

ACCCase - acetil-CoA carboxilase

DAA – Dias após aplicação dos herbicidas

Csa – Clima mediterrânico ou subtropical seco

HRAC – Herbicide Resistance Action Committee

IUPAC - International Union of Pure and Applied Chemistry

n.s. – não significativo

PC – Períodos de competição

Pm - Solos Mediterrâneos pardos de dioritos ou quartzo dioritos ou rochas microfaneríticas ou cristalofílicas afins

SC Suspensão concentrada

WG – Grânulos dispersáveis em água

WSSA - Weed Science Society of America

1. Introdução

As infestantes competem com as culturas pela luz, água, espaço e nutrientes, podendo reduzir significativamente a sua produtividade. A redução da produtividade do trigo pode variar entre 30 e 50 % e às vezes acima de 70 %, dependendo das espécies de infestantes presentes e da sua quantidade (Heather *et al.*, 2007). Hashem *et al.* (1998) referem, que para cada 8-10 plantas m⁻² de *Lolium multiflorum*, verifica-se uma redução de 5% na produção de trigo e em campos muito infestados com esta planta, a redução na produção desta cultura, poderá atingir os 90 %. Nas nossas condições climáticas temperadas, a quebra na produtividade da cultura do trigo devido às infestantes será também muito elevada, dependendo, no entanto, da época e do nível de infestação. Não obstante, a existência de diversos meios de luta no controlo de infestantes (preventivos, culturais, biológicos, físicos e químicos) a aplicação de herbicidas, tem-se revelado o meio mais eficaz, tanto em pré-emergência como em pós-emergência da cultura do trigo, onde o controlo mecânico não é possível, em qualquer uma destas épocas de aplicação. Nas condições edafo-climáticas do Alentejo e na cultura do trigo, surge todos os anos uma grande diversidade de infestantes, tanto monocotiledóneas (folha estreita) como dicotiledóneas (folha larga) principalmente anuais, sendo as primeiras, as mais difíceis de controlar, principalmente em pós-emergência, devido às suas semelhanças fisiológicas e morfológicas com a própria cultura. Não obstante a eficácia dos herbicidas de pré-emergência possa ser menor que a dos herbicidas de pós-emergência, tal como referem Messelhäuser *et al.* (2020), eles podem desempenhar um papel importante na problemática da resistência das infestantes aos herbicidas, a qual se está a acentuar em todo o mundo e que tem levado à procura de alternativas para o controlo de infestantes, com base na aplicação destes herbicidas, sendo as substâncias ativas prossulfocarbe e diflufenicão, duas das mais utilizadas na Europa na primeira década deste século em cereais de outono-inverno, tal como referem Bailly *et al.* (2012). Além disso, os herbicidas de pré-emergência têm a capacidade de reduzir uma parte significativa da competição das infestantes que emergem com a cultura do trigo, como referem Pacanoski e Mehmeti (2019) e as quais, têm o seu maior efeito prejudicial sobre a produção final desta cultura, durante os estádios iniciais do seu desenvolvimento, como é reportado por Pilipavičius (2012).

Assim, foi objetivo do presente trabalho, estudar o efeito de dois herbicidas comerciais de pré-emergência, no caso o TAISEN® EC 800 e o BATUTA®, cujas

substâncias ativas são respetivamente o prossulfocarbe e o diflufenicão, aplicados em duas doses diferentes, no controlo do *Lolium rigidum* Gaudin e das infestantes dicotiledóneas e, na produtividade da cultura do trigo mole (*Triticum aestivum* L.). Além destes herbicidas de pré-emergência estudou-se também, a eficácia do herbicida comercialmente designado por GALOPE[®] e cujas substâncias ativas, são o florasulame, o diflufenicão e o iodossulfurão-metilo-sódio, no controlo das mesmas infestantes e igualmente, na produtividade da cultura.

2. Revisão Bibliográfica

2. 1. A Cultura do Trigo

O trigo (*Triticum aestivum* L. e *Triticum durum*) é uma gramínea (família Poaceae), herbácea e com metabolismo C3, sendo cultivado em todo o mundo. É a segunda maior cultura de cereais, ficando à frente do arroz e atrás do milho. Acredita-se que o trigo, seja originário de gramíneas silvestres, cujo centro de origem e domesticação é o chamado “Centro médio-oriental”, mais precisamente entre os rios Tigre e Eufrates, no “crescente fértil”, na antiga Mesopotâmia (Baptistella, 2022). Segundo o mesmo autor, os primeiros relatos de domesticação do trigo, datam de 9500 a.C. Contudo, os primeiros registos que foram encontrados, datam do ano de 550 AC, o que leva a crer que o trigo já é cultivado há mais de 2000 anos. Há também alguns registos, de que o trigo foi cultivado na Palestina, Egito e China e no império Romano, o qual ficou conhecido como império do trigo, onde a matéria-prima era alimento destinado apenas às pessoas com elevado poder de compra, pois aos mais pobres, só lhes restava consumir a cevada. A partir do mediterrâneo, o trigo foi levado para toda a Europa e chegou à América, com Colombo na época do descobrimento, em 1493.

Os trigos Emmer e Einkorn são considerados como ancestrais do trigo atual, acreditando-se que as espécies atuais foram originadas da hibridização das gramíneas selvagens destes dois ancestrais. Não obstante ainda seja cultivado em determinadas regiões específicas do mundo, o trigo Einkorn (*Triticum monococcum* L.) tem despertado interesse pelo fato de produzir um glúten menos alergénico, sendo uma alternativa para as pessoas celíacas (Baptistella, 2022). Os trigos primitivos apresentavam espigas muito débeis, as quais se partiam com muita facilidade quando atingiam a maturação técnica. Para se chegar aos tipos de trigo atuais, foram necessários muitos anos de investigação e melhoramento.

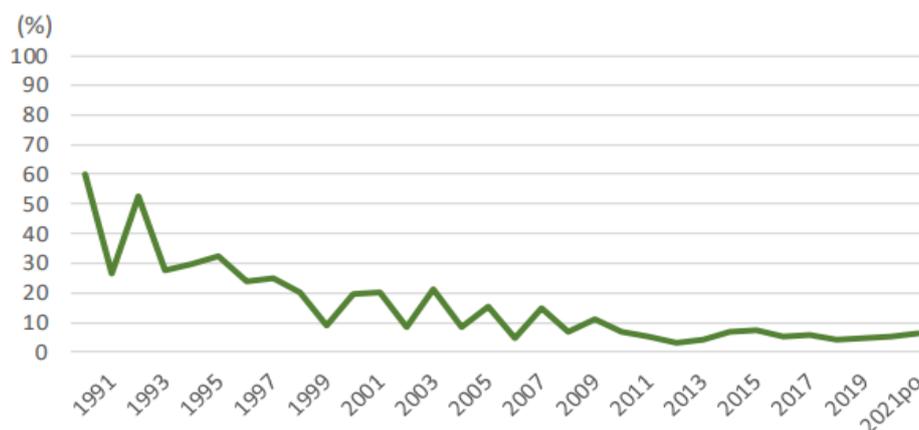
Na verdade, o trigo teve um papel preponderante nos avanços do melhoramento genético, durante a revolução verde, a qual ocorreu na década de 60. Nesta época, incorporou-se no genoma do trigo, genes relacionados com o tamanho e o fotoperíodo, o que permitiu a obtenção de plantas de menor estatura, com vantagem numa menor propensão à acama e um menor tempo de floração, favorecendo desse modo, o aumento de produtividade da cultura. Assim, durante a revolução verde, a produção global anual de trigo, cresceu cerca de 400 % (Baptistella, 2022). Além das características atrás referidas, outras foram também melhoradas no trigo, tais como: resistência às principais doenças,

tolerância à acidez do solo, qualidade tecnológica de grãos para diferentes usos, ciclo mais precoce e folhas mais eretas. Desde aí, o melhoramento do trigo tem avançado ainda mais, através da utilização de marcadores moleculares, sequenciamento, seleção genómica, transgénica e edição génica.

2. 1. 1. A cultura do trigo em Portugal

Segundo o INE (2020) entre 2008 e 2018, a área de cereais para grão teve um decréscimo acentuado, sendo essa diminuição mais significativa no Alentejo e no Algarve, em média 6,1 % e 6,4 % ao ano, respetivamente. O cereal que viu a sua área decrescer mais acentuadamente foi trigo, a um ritmo de 11,2 % ao ano, com grande importância do Alentejo e do Ribatejo Oeste, nesta quebra. No que concerne às produtividades, de um modo geral, os cereais melhoraram na última década, tendo crescido entre 2 e 3% ao ano, em todas as regiões, à exceção da Beira Interior, Algarve e Açores, onde decresceram. Este crescimento da produtividade média na última década fica a dever-se à adoção de novas tecnologias, nomeadamente à agricultura de precisão e à profissionalização do regadio. No caso do trigo, tanto na área como na produção, verificou-se um decréscimo muito acentuado nos últimos anos, principalmente no trigo duro, em que houve um grande aumento a partir de 1999, mas que caiu abruptamente em 2005, com um decréscimo de quase 100 %. O trigo mole apresentou uma tendência inversa à do trigo duro, entre 1999 e 2005. Em 2005, o trigo mole registou uma subida, mas desde aí tem vindo a decrescer, tendo obtido uma queda de 80 %, aproximadamente.

O trigo, tem como maior produtor mundial a China, seguindo-se a Índia, a Rússia, os EUA e a França. Portugal regista uma forte dependência externa no que respeita ao abastecimento de trigo e em que na última década, o autoaprovisionamento foi inferior a 10 % (Figura 2.1). Em 2021, apenas 6,3% da utilização interna de trigo (consumo humano, alimentação animal, utilização industrial) era satisfeita pela produção nacional, o que compara com 59,9% em 1990 (INE, 2022).



Fonte: INE - 2022

Figura 2.1. Grau de autoaprovisionamento do trigo (1990-2021)

2. 1. 2. Importância nutricional do trigo

A cultura do trigo é de extrema importância económica e alimentícia fazendo parte da dieta de grande parte da população mundial, sendo uma importante fonte de energia, fibra e proteínas, além de vitaminas e outros nutrientes benéficos, não só para os humanos, mas também para as rações dos animais (Quadro 2.1). O trigo, além de ser uma fonte de energia (hidrato de carbono), é rico em vitaminas, gordura e minerais essenciais, como as do complexo B (B1 e B2), potássio, magnésio, fósforo, cálcio e ferro, sendo desse modo, um alimento extremamente importante para a nossa saúde, no aspeto nutricional (Baptistella, 2022). Uma característica nutricional de muito interesse do trigo, é a sua alta concentração de fibras alimentares, que auxiliam na regulação da atividade intestinal, no controlo da glicemia e no volume de gordura no sangue, além de atuar também, no aumento da sensação de saciedade, que ajuda a controlar o apetite.

Quadro 2.1. Componentes nutricionais do trigo (%)

Componente	Grão	Germe	Farinha
Proteína	13,3	26,6	11,8
Gordura	2	10,9	1,2
Minerais	1,7	4,3	0,46
Fibra	2,3	2,3	0,40
Carboidrato	68,7	44,2	74,1
Água	12	11,5	12

Fonte: Aegro,2022

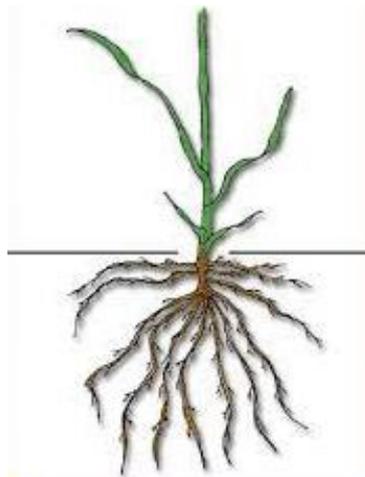
2. 1. 3. Caracterização botânica do trigo

2. 1. 3. 1. Taxonomia

O trigo mole pertence à classe Monocotiledonea, ordem Poales, família Poaceae, subfamília Pooideae, tribo Triticeae, subtribo Triticinae, género *Triticum* e espécie *Triticum aestivum* (L). THELL. Esta espécie é hexaplóide ($2n=42$), resultante de uma hibridação natural entre um tetraploide (*Triticum turgidum*; $2n=28$) e uma gramínea selvagem (*Aegilops squarrosa*; $2n=14$) (Feldman, 1976).

2. 1. 3. 2. Morfologia

Raiz



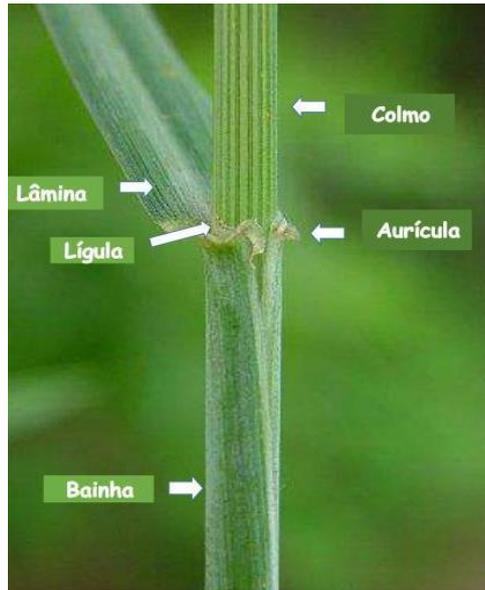
Fonte: www7.uc.cl – D100.gif

Figura 2.2. Raiz do trigo

A raiz do trigo, tal como a de todas as plantas monocotiledóneas, é fasciculada (Figura 2.2). As raízes fasciculadas, também chamadas raízes em cabeleira, formam numa planta um conjunto de raízes finas, que têm origem num único ponto. Não se compreende nesse conjunto de raízes, uma raiz nitidamente mais desenvolvida que as demais, ou seja, todas elas têm mais ou menos o mesmo grau de desenvolvimento. As raízes do trigo, podem atingir até 1,5 m de comprimento.

Caule e folhas

O caule do trigo é um colmo (Figura 2.3) e à semelhança de todas as gramíneas de inverno e na maioria das espécies, é oco e constituído de nós e entrenós. Cada nó tem a sua folha correspondente. O colmo é ereto e cilíndrico, com 5 a 7 nós. O comprimento do caule do trigo é variável entre 0,5 e 2 metros. Os filhos, nascem paralelamente à base principal da planta. O trigo tem folhas estreitas, planas, compridas, ligeiramente ásperas, com bainha invaginante e a sua quantidade, pode variar entre 6 e 9.



Fonte: DocPlayer.com.br

Figura 2.3. Caule e folha de uma planta de trigo

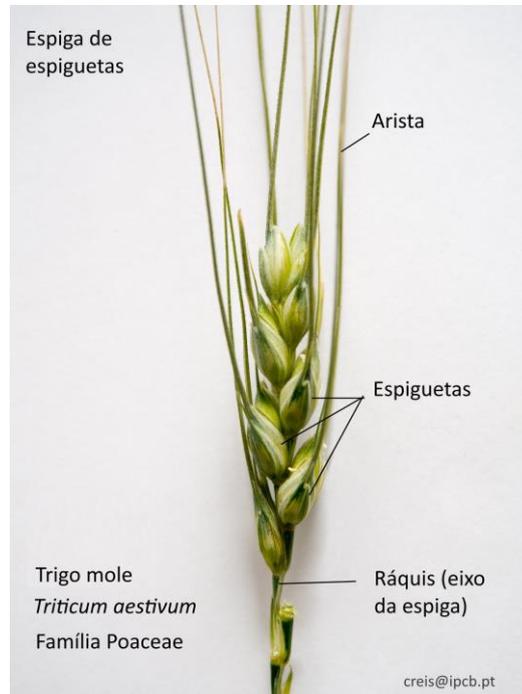


Fonte: wikimedia.org

Figura 2.4. Aurículas e lígula numa planta de trigo

Na união do limbo com a bainha da folha (zona designada por colar), é visível uma lígula pequena e arredondada e duas aurículas pequenas e vilosas (que possuem pelos). Como abraçam completamente o caule designam-se amplexicaules (Figuras 2.3 e 2.4).

Inflorescência



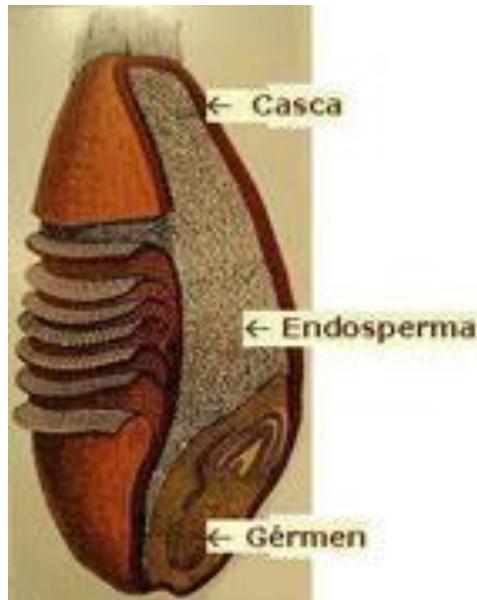
Fonte: creis@ipcb.pt

Figura 2.5. Inflorescência do trigo mole

A inflorescência do trigo (Figura 2.5) é uma espiga constituída por 15 a 20 espiguetas multifloras. Cada espigueta é formada por um conjunto de 3 a 5 flores e insere-se alternadamente em cada um dos nós do ráquis, mas nem todas as flores irão produzir grão. A espiga pode ser mútica ou aristada, conforme as aristas estejam ausentes ou presentes. Neste último caso, a arista insere-se na glumela superior. As aristas não são mais do que folhas modificadas com adaptação xeromórfica (adaptação a condições de falta de água). As variedades de trigo que apresentam aristas são por norma mais produtivas, uma vez que as aristas continuam a fotossíntese a taxas normais, mesmo quando as plantas se encontrem sujeitas a condições de “stress”. Desempenham igualmente, um papel de proteção contra os pássaros. A flor é hermafrodita e predomina a autofecundação.

Grão

O grão de trigo, denominado de cariopse tem forma oval, apresentando em geral, comprimento entre 4 e 7 mm. É constituído pelo gérmen, casca e endosperma (Figura 2.6).



Fonte: Trigo e Arte – WordPress.com

Figura 2.6. Grão de trigo

O gérmen ou embrião, corresponde a aproximadamente 2,5 % do peso do grão. Normalmente, o gérmen é removido pois, a gordura que contém prejudica a conservação da farinha e é vendido separadamente. Apresenta minerais como zinco, cálcio e vitaminas, como ácido fólico e vitamina E, os quais são importantes no combate aos radicais livres e na metabolização da glicose, além de auxiliarem no sistema circulatório.

O endosperma representa mais ou menos, 85 % do peso do grão e é o constituinte da farinha branca de trigo. O endosperma contém a maior parte da proteína do grão, contendo igualmente hidrocarbonetos, ferro e vitaminas do complexo B.

A casca representa 14,5 % do peso do grão. Está presente na farinha integral (cerca de 5 %) à qual dá uma cor escura. Contém grande quantidade de vitaminas e de material celuloso (fibras).

2. 1. 3. 3. Estádios de desenvolvimento

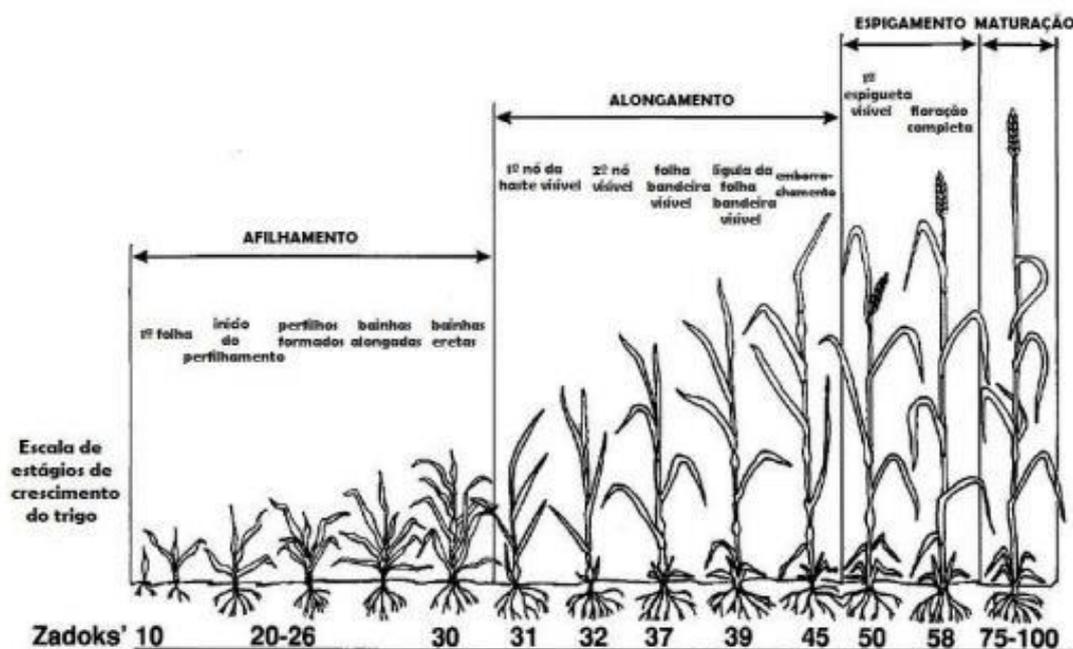


Figura 2.7. Estádios de desenvolvimento do trigo (Escala de Zadoks)

O trigo passa por diferentes fases e estádios de desenvolvimento durante o seu ciclo e os quais descreveremos seguidamente, tendo como base a escala de Zadoks (Figura 2.7).

Germinação – corresponde ao rompimento do tegumento (casca) e embebição em água do endosperma e do embrião (intumescência). Aparecimento da radícula e do coleóptilo. Folha surgindo na extremidade do coleóptilo.

Emergência - Quando a primeira folha fora do coleóptilo surge à superfície do solo, começando o crescimento da nova planta. A seguir começa a expansão das folhas.

Afilhamento - O trigo, tal como muitas outras plantas monocotiledóneas (folha estreita) têm a capacidade de originar filhos a partir da planta mãe. Os filhos saem dos nós inferiores alternadamente, sendo que do colmo (caule) principal saem os filhos primários, destes saem os filhos secundários, que por sua vez podem emitir os filhos terciários. A quantidade de filhos, poderá ser variável com a cultivar.

Alongamento – Atingido este estágio inicia-se a fase de afilamento completo, inicia-se a fase de alongamento dos entrenós dos caules, começando os diversos nós, a ser visíveis. Esta fase termina com a lígula da folha superior visível. Neste estágio, as plantas crescem e adquirem mais folhas (formação da folha bandeira, a última da planta).

Emborrachamento – Este estágio inicia-se com a extensão da bainha da folha superior, seguindo-se o começo do engrossamento da inflorescência, terminando com as primeiras aristas visíveis.

Espigamento e floração - O espigamento começa com a primeira espiguetta da inflorescência visível, terminando com a inflorescência completamente visível, iniciando-se então a floração.

Enchimento do grão - O grão (cariopse) começa por ser aquoso, passando ao estágio leitoso e posteriormente à fase pastosa. Este estágio termina, quando a fase pastosa é espessa (a impressão de uma unha permanece e a inflorescência perde clorofila).

Maturação - A cultura atinge a maturação fisiológica quando deixa de realizar todas as funções vitais (fotossíntese, transpiração, etc.). Depois da maturação fisiológica, a cultura deverá ficar no solo durante algum tempo até poder ser colhida, ou seja, até atingir a maturação técnica. Esta maturação é atingida quando a cariopse (grão) fica dura (impossibilidade de fender com a unha do polegar) e desprende-se com facilidade.

2. 1. 3. 4. Espécies e cultivares de trigo

O trigo é uma cultura adaptada às mais variadas condições de meio, necessitando apenas de algum período de frio para acelerar a sua diferenciação para a floração (processo designado de "vernalização"), embora já existam novas variedades que não recorrem a este "subterfúgio" para entrarem em floração (variedades neutras). As regionais necessitam deste período, para obterem um vigoramento consequente e rentável, daí que a sua produção se circunscreva a zonas de altitudes, onde o regime térmico permite um desenvolvimento vegetativo completo.

Existem espécies ancestrais de trigo que ainda são cultivadas no mundo, mas com valor comercial, há basicamente duas espécies e dentro de cada uma destas, diversas cultivares (Baptistella, 2022). O trigo mole (*Triticum aestivum* L.), cujos grãos de amido quebram durante a moagem, representa cerca de 80 % da produção mundial e é utilizada

principalmente no fabrico de pão e, o trigo duro (*Triticum durum*), cujos grãos não quebram durante a moagem, tendo um alto teor de glúten e está indicado para massas alimentícias e alguns pães. Na moagem, o endosperma, o qual representa 75 % do grão, é retirado e dele é originada a farinha branca. Quanto à época de sementeira, poder-se-ão classificar as cultivares em função dos seus hábitos de crescimento. Cultivares com hábitos de crescimento de inverno, que necessitam de um maior número de horas de frio para atingir a floração (vernalização) e cultivares com hábitos de crescimento de primavera, que necessitam de menos horas de frio. O ciclo do trigo poderá durar em média, 100 a 170 dias, dependendo dessa variação, da cultivar e das condições edafo-climáticas presentes. Cada fase de desenvolvimento do trigo tem uma faixa ótima de temperatura, podendo a sua variação definir a rapidez do ciclo, bem como a transição de um estágio de desenvolvimento para outro. Os estádios de desenvolvimento do trigo são representados em duas escalas fenológicas [(Feekes e Large (1940) e Zadoks *et al.* (1974)].

2. 2. Herbicidas, Infestantes e seu Controlo

2. 2. 1. Métodos de controlo de infestantes

Os meios de luta utilizados no controlo de infestantes, podem ser preventivos ou curativos. Tanto os meios de luta preventivos como curativos podem ser culturais, biológicos, mecânicos e químicos.

- **Meios de luta principalmente preventivos:**

O controlo preventivo de infestantes, refere-se a qualquer método, que tenha como objetivo, evitar que as infestantes se instalem numa determinada cultura. A limpeza de sementes e sobretudo a utilização de sementes certificadas, cujo grau de pureza deve ser de pelo menos 99 % para sementes certificadas de 1º geração e 98% para sementes certificadas de 2º geração, revela-se de extrema importância na prevenção da introdução de infestantes no solo. Garcia-Torres e Fernández-Quintanilla (1991) referem, que a economia que se consegue ao comprar sementes baratas, pode ser só aparente, porque terá que se gastar mais, para controlar as infestantes, que se introduzem no campo. Outro método preventivo, passa pelo cuidado na limpeza de máquinas e alfaias agrícolas, nas quais possam estar presentes eventuais sementes de espécies indesejáveis, podendo as mesmas,

dispersar também, fragmentos de rizomas e tubérculos de infestantes vivazes. Segundo Froud-Williams (1987), a disseminação de infestantes pelas ceifeiras e pela remoção dos fardos, revela-se bastante importante assim como, privilegiar a utilização de fertilizantes bem compostados, com o mesmo objetivo. A limpeza das margens dos campos e dos canais de rega, ao longo das suas margens e remover as sementes da água utilizando grelhas especiais, será também importante considerar, como método preventivo no controlo das infestantes (Walker, 1995).

Os animais transportam sementes agarradas à sua pele e comem sementes de infestantes, as quais resistem à passagem pelo trato digestivo, saindo nos dejetos e mantendo-se viáveis. Inclusive, muitas sementes duras, ao passarem pelo trato digestivo do animal, sofrem um desgaste do tegumento, ficando prontas a germinar. Deste modo, (Walker, 1995) refere, como medida preventiva, que os animais devam pastar em áreas não infestadas, antes de passarem para áreas mais infestadas.

- **Meios de luta curativos:**

Culturais – o controlo cultural tem a ver com qualquer técnica que envolva a manutenção das condições de campo, de modo que as infestantes sejam menos propensas a se estabelecerem e a aumentarem a sua densidade. Os meios de luta culturais englobam, as rotações de culturas, as culturas intercalares e o maneio dos animais e estrumes. Segundo Walker (1995), nem sempre é muito claro o grau de influência do controlo de infestantes na determinação da rotação de culturas. Contudo, o crescimento significativo da densidade de infestantes em monocultura, aconselhará a utilização de rotações. A introdução de culturas abafantes na rotação, definidas como culturas altamente competitivas pela água, luz e nutrientes contra as infestantes, poderão ser de extrema importância (Walker, 1995). Também, as diferentes datas de sementeira e colheita existentes numa rotação, dão aos agricultores oportunidades de prevenir o estabelecimento e a produção de sementes (Blackshaw *et al.*, 2007).

Biológicos – o controlo biológico de infestantes, refere-se a qualquer técnica que envolva o uso de inimigos naturais para controlar a germinação das sementes ou a disseminação de plantas já estabelecidas. O controlo biológico de infestantes, poderá passar pelo pastoreio de cabras e ovelhas, pela utilização de organismos vivos e de bioherbicidas. Os organismos vivos, incluem insetos fitófagos, fungos, bactérias e vírus fitopatogénicos, ácaros e peixes. Os bioherbicidas, são produtos naturais obtidos a partir de

extratos de plantas, como o gerânio, a urtiga e a erva-moira, que produzem alelopatia (fitotoxinas naturais) em outras plantas, mas também a partir de metabolitos secundários, produzidos por bactérias e fungos. Nos Estados Unidos, já são comercializados herbicidas de contacto para Agricultura Biológica, que têm como substâncias ativas base, o ácido cítrico e o ácido acético (Finney e Creamer, 2008).

Físicos – os meios de luta físicos utilizados no controlo de infestantes, engloba a mobilização do solo através da utilização de alfaias agrícolas, como a charrua de aivecas, o escarificador de braços rígidos, o escarificador de braços flexíveis, a grade de discos, etc. a monda térmica, pela utilização da chama, que provoca a rutura e a desidratação das paredes celulares e morte das plantas (Vester, 1988), sendo esta, uma técnica aplicada a infestantes jovens, a cobertura do solo, utilizando plástico negro, que evita a propagação das infestantes por falta de luz, podendo também, utilizarem-se palhas, cascas e serradura, entre outras. Faz ainda parte do controlo físico de infestantes, a solarização, que consiste na utilização de plástico transparente, para evitar a germinação de algumas infestantes, sendo um método pouco eficaz em muitas delas, principalmente, em muitas das vivazes. O plástico transparente revela-se mais eficaz no controlo de pragas e doenças do solo.

Químicos – O controlo químico de infestantes refere-se a qualquer técnica, que envolva a aplicação de herbicidas ao solo ou às próprias infestantes, de modo a controlar a sua germinação e o seu crescimento. Existe uma gama elevada de herbicidas, que poderão ser aplicados em pré-sementeira, em pré-emergência da cultura e das infestantes e em pós-emergência de ambas.

2. 2. 2. Controlo de infestantes na cultura do trigo

Os métodos de controlo de infestantes mais utilizados na cultura do trigo, são o químico e o mecânico. Em pré-sementeira, e sempre que o agricultor opte por um sistema de instalação da cultura, que não a sementeira direta, o controlo de infestantes poderá ser mecânico ou químico. Mecânico, através da utilização de alfaias agrícolas, como a charrua de aivecas, a grade de discos, o escarificador de braços rígidos, o escarificador de braços flexíveis e a fresa. Químico, pela aplicação de herbicidas, sendo o glifosato, a substância ativa mais eficaz, pelo fato de ser a única disponível no mercado, que é total, sistémica e não residual. Total, para controlar todas as infestantes presentes, sistémica para controlar

infestantes anuais, bienais e perenes ou vivazes pois, entra no sistema vascular da planta e é translocada juntamente com a seiva para todas as partes da mesma, destruindo todos os seus órgãos, incluindo as raízes, que no caso destas últimas infestantes, são os rizomas, estolhos, bolbos, tubérculos, etc. e através dos quais elas se propagam preferencialmente. Esta substância ativa, como é total, não poderá obviamente ser residual. Quando o agricultor optar por instalar a cultura do trigo utilizando a sementeira direta, a opção química para controlar infestantes em pré-sementeira, é a única possível. Também, em pré-emergência, ou seja, depois da sementeira da cultura e antes desta e das infestantes imergirem, a única hipótese que o agricultor tem para controlar infestantes, é a química, havendo diversas substâncias ativas disponíveis no mercado, como são por exemplo o diflufenicão, o prossulfocarbe, o clortolurão, etc. Todas estas substâncias apresentam duas características comuns, que é serem residuais de modo a permanecerem ativas no solo durante longos períodos de tempo (3-4 meses, ou mais) e também, serem seletivas para a cultura, de modo a não lhes provocar toxicidade ou até a morte. As substâncias ativas aplicadas em pré-emergência, podem atuar por contato, queimando a planta apenas onde entram em contato com esta, ou serem sistêmicas.

Tratando-se de uma cultura de entrelinha estreita, o controle de infestantes em pós-emergência no trigo, terá que ser também, obrigatoriamente químico. Nesta época, as substâncias ativas aplicadas, deverão ser seletivas para a cultura, sendo as sistêmicas, as mais eficazes, não obstante, serem as infestantes anuais, tanto as monocotiledóneas (folha estreita), como as dicotiledóneas (folha larga) as que mais preocupam. O herbicida de contato seria pouco eficaz no controle destas infestantes pois, muitas delas encontram-se total ou parcialmente cobertas pela própria cultura, ou seja, o herbicida apenas provocaria necroses em algumas das suas folhas, não as destruindo completamente e ficando estas, com capacidade de recrescer e emitir novas folhas e desse modo, continuarem a competir com a cultura do trigo. Assim, aplicando-se um herbicida sistêmico, bastará que algumas gotas deste produto atinjam uma das folhas da infestante, para que o mesmo seja translocado no sistema vascular e a destrua completamente. Alguns herbicidas de pós-emergência, como por exemplo as sulfonilureias (iodossulfurão-metilo-sódio, mesossulfurão-metilo-sódio, amidossulfurão, etc.) apresentam alguma residualidade, enquanto outras substâncias, como por exemplo o fenoxapropo-*p*-etílico ou o diclofopemeto, não têm qualquer efeito residual.

2. 2. 3. Infestantes mais comuns na cultura do trigo

As infestantes dividem-se em duas classes: as monocotiledóneas (folha estreita) e as dicotiledóneas (folha larga), depois em famílias, géneros e espécies. Para além desta divisão, as plantas podem ser anuais, bienais e perenes ou vivazes. As anuais, têm um ciclo de vida inferior a um ano e a sua única forma de reprodução é através de sementes. As bienais são espécies com um ciclo de vida superior a um ano e inferior a dois. Durante o primeiro ano tem lugar a germinação e o crescimento vegetativo e, no segundo ano, a floração e a frutificação. As espécies perenes ou vivazes, são aquelas cujo ciclo de vida é superior a dois anos e embora possam produzir sementes e reproduzirem-se desse modo (perenes simples), a sua reprodução faz-se essencialmente feita através de órgãos vegetativos (rizomas, estolhos, tubérculos, bolbos e bolbilhos). Estas infestantes, durante cada ciclo anual de crescimento, produzem sementes e acumulam substâncias de reserva nos órgãos reprodutivos. Moreira e Monteiro (2004), citando Vasconcellos *et al.* (1969) referem, que alguns autores dão aos termos perenes e vivazes significados diferentes, considerando vivazes as plantas que renovam totalmente a parte aérea todos os anos e perenes as que mantêm pelo menos uma porção daquela, mesmo durante a estação desfavorável, mas como este critério não é seguido uniformemente, será preferível considerar os dois termos como sinónimos.

Infestantes monocotiledóneas

As infestantes monocotiledóneas são um grupo de plantas angiospérmicas, que se caracterizam por produzirem sementes com um único cotilédone. O cotilédone é a primeira folha de um embrião, podendo ter a função de órgão de reserva, órgão fotossintético ou de absorção. Contudo, na maior parte das espécies de monocotiledóneas, os nutrientes armazenados encontram-se no endosperma e não no cotilédone. As reservas presentes no endosperma são quebradas por enzimas digestivas em moléculas menores e o cotilédone que está incorporado no endosperma, absorve os nutrientes e transloca-os para o embrião, promovendo o seu crescimento durante a germinação. As folhas, estreitas e muito mais longas que largas, são tipicamente paralelinérveas e não possuem pecíolo, sendo as nervuras formadas principalmente pelos tecidos condutores, xilema e floema. O sistema vascular é constituído por numerosos feixes condutores, distribuídos irregularmente pelo

caule. As raízes são sempre fasciculadas. Na maioria dos casos, as flores são cíclicas e costumam apresentar três peças por verticilo. No Quadro 2.2, apresentam-se as infestantes monocotiledóneas, que surgem mais frequentemente na cultura do trigo, nas nossas condições edafo-climáticas.

Quadro 2.2. Famílias, nomes científicos e vulgares das infestantes monocotiledóneas mais comuns, na cultura do trigo.

Famílias	Nomes científicos e vulgares
GRAMÍNEAS	<i>Avena sterilis</i> L. (balanco-maior)
	<i>Bromus diandrus</i> Roth (espigão)
	<i>Bromus hordeaceus</i> L. (bromo-doce)
	<i>Bromus lanceolatus</i> Roth (erva-de-pêlo)
	<i>Bromus madritensis</i> L. (espadana)
	<i>Cynodon dactylon</i> L. (grama)
	<i>Lolium multiflorum</i> Lam. (azevém)
	<i>Lolium perenne</i> L. (gazão)
	<i>Lolium rigidum</i> Gaudin (erva-febra)
	<i>Lolium temulentum</i> L. (joio)
	<i>Phalaris minor</i> Retz (erva-cabecinha)
	<i>Phalaris paradoxa</i> L. (alpista)
<i>Poa annua</i> L. (cabelo-de-cão)	
LILIÁCEAS	<i>Muscari comosum</i> L. (jacinto-das-searas)

Infestantes dicotiledóneas

As espécies incluídas nesta subclasse, caracterizam-se por produzirem sementes com dois cotilédones, com ou sem reserva. Muitas infestantes dicotiledóneas apresentam crescimento secundário em espessura devido à presença de câmbio e felogénio, situado entre o floema e o xilema. As folhas costumam apresentar nervuras pinadas ou palmadas, em certos casos paralelas, são grandes, pecioladas, frequentemente possuem estípulas e a bainha é quase sempre reduzida. A raiz é aprumada, com um eixo primário muito marcado. As flores são geralmente cíclicas e pentâmeras ou tetrâmeras. No Quadro 2.3, estão

referidas as infestantes dicotiledóneas mais comuns na cultura do trigo, nas nossas condições edafo-climáticas.

Quadro 2.3. Famílias, nomes científicos e vulgares das infestantes dicotiledóneas mais comuns na cultura do trigo

Famílias	Nomes científicos e vulgares
BORAGINÁCEAS	<i>Anchusa itálica</i> Retz. (língua – de - vaca)
	<i>Echium plantagineum</i> L. (soagem)
CARIOFILÁCEAS	<i>Silene gallica</i> L. (nariz – de - zorra)
	<i>Stellaria media</i> (L). Vill. (morugem branca)
QUENOPODIÁCEAS	<i>Beta marítima</i> L. (acelga – brava)
	<i>Chenopodium álbum</i> L. (catassol)
COMPOSTAS	<i>Calendula arvensis</i> L. (erva-vaqueira)
	<i>Chamaemelum mixtum</i> L. (All). (margaça)
	<i>Chrysanthemum segetum</i> L. pampilho-das-searas)
	<i>Lactuca serriola</i> L. (alface-brava-menor)
	<i>Picris echioides</i> L. (raspa-saias)
	<i>Senecio vulgaris</i> L. (tasneirinha)
	<i>Sonchus oleraceus</i> L. (serralha-macia)
	<i>Soncus asper</i> L. (serralha – áspera)
CONVOLVULÁCEAS	<i>Silybum marianum</i> L. (cardo-leiteiro)
	<i>Convolvulus arvensis</i> L. (corriola)
CRUCÍFERAS	<i>Convolvulus tricolor</i> L. (bons-dias)
	<i>Capsella rubella</i> Reut. (bolsa – do - pastor)
	<i>Diplotaxis catholica</i> L. (grizandra)
	<i>Raphanus raphanistrum</i> L. (saramago)
	<i>Sinapis alba</i> L. (mostarda – branca)
EUFORBIÁCEAS	<i>Sinapis arvensis</i> L. (mostarda – dos – campos)
	<i>Euphorbia helioscopia</i> L. (maleiteira)
GERANIÁCEAS	<i>Erodium malacoides</i> (maria-fia)
	<i>Erodium moschatum</i> L. (agulheira – moscada)
	<i>Rumex crispus</i> L. (labaça – crespa)
LABIADAS	<i>Lamium amplexicaule</i> L. (chuchapitos)
	<i>Medicago nigra</i> L (carrapiço)

LEGUMINOSAS	<i>Scorpiurus muricatus</i> L. (cornilhão)
	<i>Vicia benghalensis</i> L. (ervilhaca-vermelha)
	<i>Vicia angustifolia</i> L. (ervilhaca-vulgar)
	<i>Vicia sativa</i> L. (ervilhaca)
MALVÁCEAS	<i>Lavatera cretica</i> L. (malva – bastarda)
	<i>Lavatera trimestris</i> L. (malva)
PAPAVERÁCEAS	<i>Fumaria agrária</i> Lag. (fumaria-dos-campos)
	<i>Fumaria officinalis</i> L. (erva-moleirinha)
	<i>Papaver dubium</i> L. (papoila)
	<i>Papaver rhoeas</i> L. (papoila-das-searas)
PLANTAGINÁCEAS	<i>Plantago afra</i> L. (plantago)
	<i>Plantago coronopus</i> L. (diabelha)
	<i>Plantago logopus</i> L. (olho-de-cabra)
POLIGONÁCEAS	<i>Polygonum aviculare</i> L. (sempre – noiva)
	<i>Rumex conglomeratus</i> Murray (labaça – ordinária)
	<i>Rumex crispus</i> L. (labaça – crespa)
PRIMULÁCEAS	<i>Anagallis arvensis</i> L. (morrião)
RANUNCULÁCEAS	<i>Ranunculus arvensis</i> L. (patalôco)
	<i>Ranunculus muricatus</i> L. (bugalho)
RESEDÁCEAS	<i>Reseda luteola</i> L. (lírio-dos-tintureiros)
	<i>Reseda media</i> Lag. (reseda-brava)
RUBIÁCEAS	<i>Galium aparine</i> L. (amor-de-hortelão)
	<i>Galium tricornutum</i> Dandy (solda-áspera)
	<i>Sherardia arvensis</i> L. (granza)
ESCROFULARIÁCEAS	<i>Kickxia spuria</i> L. (falsa-verónica)
	<i>Misopates orontium</i> L. (focinho-de-rato)
UMBELÍFERAS	<i>Daucus carota</i> L. (cenoura-brava)
	<i>Eryngium campestre</i> L. (cardo-corredor)
	<i>Foeniculum vulgare</i> Mill. (funcho)
	<i>Scandix pecten-veneris</i> L. (agulha-de-pastor)
	<i>Torilis arvensis</i> (Huds.) (salsinha)
	<i>Torilis nodosa</i> L. (salsinha-de-cabeça-rente)

2. 2. 4. Competição das Infestantes com a cultura do trigo

O trigo (*Triticum aestivum* L.) contribui significativamente para a economia agrícola mundial, ocupando cerca de 218,5 milhões de hectares de terra arável, mais do que qualquer outra cultura alimentar cultivada. A infestação durante vários estádios do desenvolvimento do trigo é um grande impedimento e ameaça à produção da cultura em todo o mundo (Nakka *et al.*, 2019). As infestantes, são na verdade um dos vários fatores que mais afetam a produtividade das culturas, incluindo o trigo. A fraca competitividade, tanto em relação às infestantes monocotiledóneas (folha estreita) como às dicotiledóneas (folha larga) é um dos maiores problemas com que a cultura do trigo se debate, conduzindo à sua baixa produtividade e qualidade (Al-Chalabi, 2003). A redução da produtividade do trigo pode variar entre 30 e 50 % e às vezes acima de 70 %, dependendo das espécies de infestantes presentes e da sua quantidade (Heather *et al.*, 2007). Hashem *et al.* (1998), referem, que para cada 8-10 plantas m⁻² de *Lolium multiflorum*, verifica-se uma redução de 5% na produção de trigo e em campos muito infestados com esta planta, a redução na produção desta cultura, poderá atingir os 90 %. Ibrahim *et al.* (1991) referem, por sua vez, que a presença de infestantes ao longo de todo o período de crescimento do trigo, causou uma redução da produtividade de grão, que variou entre 23 e 30 %. Também, Kumar *et al.* (2011) sugerem, que não controlar as infestantes na cultura do trigo, pode significar uma perda de produtividade nesta cultura, superior a 66 %.

As infestantes competem com a cultura por nutrientes, água e luz (Nieto *et al.*, 2009 e Hammood e Safi A, 2018), sendo esta competição, o mais importante de todos os fatores biológicos, que limitam o seu potencial produtivo (Gallandt e Weiner, 2015). No entanto, a redução da produção na cultura poderá também, ficar a dever-se a fenómenos de alelopatia, a qual consiste na libertação de determinados compostos químicos pelas infestantes e os quais, inibem o seu crescimento (O'Donovan, 1988).

O maior ou menor efeito no potencial produtivo da cultura pelas infestantes é função das espécies existentes (Kumar *et al.*, 2011 e Andrew *et al.*, 2015) e quanto maior a semelhança entre as espécies, mais intensa será a competição por recursos do meio (Radosevich *et al.*, 2015). Espécies morfológica e fisiologicamente próximas, apresentam exigências semelhantes em relação aos recursos, tornando ainda mais intensa a competição (Silva e Durigan, 2006). Outros fatores que afetam o potencial produtivo da cultura são a distribuição das infestantes e a sua densidade, ou seja, quanto maior a população da

comunidade infestante, maior será a quantidade de indivíduos que disputam os recursos do meio e mais intensa, será a competição com a cultura (Silva e Durigan, 2006). Também, a própria cultura (variedade, arquitetura das plantas e ciclo de crescimento), o manejo desta (Agostinetto *et al.*, 2008) e o período de competição, ou seja, a época de início e a duração dessa competição (Pitelli, 1985), são fatores que afetam o seu potencial produtivo. Segundo Agostinetto *et al.* (2008), quando o manejo da cultura dá vantagem a esta e desvantagem às infestantes, consegue-se minimizar o grau de interferência destas, na cultura. Por exemplo, um bom controle de infestantes em pré-sementeira e que proporcione uma baixa emergência de infestantes depois da cultura emergir, combinado com um rápido crescimento inicial e uma cobertura precoce do solo por esta, poderá conduzir a uma baixa competição. Segundo Sardana *et al.* (2017) a regulação da infestação pela competição da cultura, poderá ser uma opção sustentável no manejo das infestantes e conduzir à redução da aplicação de herbicidas.

Existem duas teorias sobre a competição das infestantes com as culturas: a teoria de Grime e a teoria de Tilman (Radosevich *et al.*, 2015). A primeira destas teorias, propõe que as infestantes competidoras possuem uma grande velocidade de utilização dos recursos do meio, indisponibilizando-os para as culturas, bem como terem uma elevada taxa de crescimento relativo. A segunda teoria refere, que as plantas competidoras (infestantes) necessitam de menor quantidade de recursos, ou seja, apresentam capacidade de sobreviver em ambientes que lhes são desfavoráveis.

As infestantes, conduzem a reduções variáveis na produtividade da cultura do trigo, existindo alguns períodos em que devem ser removidas e outros períodos em que podem crescer, não causando prejuízo pronunciado na mesma (Chaudhary *et al.*, 2008) e segundo Brighenti *et al.* (2004), no início do ciclo de desenvolvimento, a cultura e as infestantes podem conviver por determinado período, sem que ocorram danos à produtividade da cultura do trigo. Por sua vez, Chaudhary *et al.* (2008) referem, que o início do ciclo de crescimento da cultura é crucial na determinação da intensidade e das consequências da subsequente competição das infestantes, sendo em climas quentes, onde a duração do ciclo do trigo é muitas vezes, curto a importância da competição com as infestantes, acentuada. Segundo Hammood e Safi A (2018), altas temperaturas conduzem a um encurtamento do ciclo do trigo, resultando numa competição mais precoce entre a cultura e as infestantes. Para Blanco *et al.* (1973), a redução mais significativa da produtividade, verifica-se

quando a competição com as infestantes ocorre nos estádios iniciais do desenvolvimento do trigo (denominado período crítico de competição) e que vai desde 45 a 50 dias após a sua emergência. No entanto e segundo os mesmos autores, esse período poderá variar em função das condições ambientais que afetem o crescimento das espécies em competição e durante esse período, os prejuízos provocados são irreversíveis. Para Agostinetti *et al.* (2008) o período em que a presença de infestantes a partir da emergência do trigo não causa redução da produtividade é de 12 dias e o período a partir da emergência da cultura que a mesma deve permanecer livre da interferência das infestantes (período crítico de competição), inicia-se no 12º dia e termina no 24º dia. Contudo e segundo os mesmos autores, esse período é variável, não podendo ser utilizado como regra e de um modo geral, o trigo deve permanecer livre de competição das infestantes, no primeiro terço do seu desenvolvimento. Shad *et al.* (1986) referem, que a duração do período crítico de competição das infestantes com a cultura do trigo, estende-se desde 7 a 10 semanas depois da sementeira, enquanto Rajput *et al.* (1987) verificaram, que deixar as infestantes crescerem mais de 30 dias na cultura do trigo, faz decrescer significativamente a altura das plantas, o número de filhos por metro quadrado, o número de grãos por espiga, o peso de mil grãos e a produção de grão por unidade de área. Como foi enfatizado por Abouzienna *et al.* (2008) a altura das plantas e o número de filhos, não são só fatores importantes no acréscimo do peso seco da cultura, como também no aumento da sua competitividade, com as infestantes. Por sua vez, Ghaffor e Sadiq (1991), reportam uma redução de cerca de 30 % na produção de trigo, quando a competição da infestante *Phalaris minor* com a cultura, ocorreu durante todo o seu ciclo, para uma densidade de 200 plantas m⁻² e a produção obtida quando as infestantes foram removidas 4 a 6 semanas após a emergência da cultura, foi semelhante à obtida, quando a cultura se manteve livre de infestantes durante todo o seu ciclo. Também El-Hamid *et al.* (1998) concluíram, que no período até 60 dias depois da sementeira com a cultura livre de infestantes, obtiveram-se resultados similares na produção, aos obtidos com a cultura livre de infestantes até à colheita. Khan *et al.* (2002) referem, que a competição da cultura com as infestantes nos primeiros 42 dias após a sementeira, não reduziu significativamente a produção, mas depois deste período, verificou-se uma redução significativa na altura das plantas, no comprimento da espiga, no número de espigas m⁻², no peso de mil grãos e na produção de grão por unidade de área. Quando as infestantes competiram mais de 50 dias com a cultura, verificou-se uma redução

significativa na produção de grão e matéria seca por unidade de área e nos componentes da produção (número de filhos produtivos, número de espigas por metro quadrado, peso de mil grãos e número de grãos por espiga) (Chaudhary *et al.*, 2008). Os efeitos da interferência são irreversíveis, não havendo recuperação do desenvolvimento ou da produtividade após a retirada do “stress” causado pela presença das infestantes (Kozłowski, 2002 e Vargas e Roman, 2008). Para Vargas e Roman (2008), não obstante a competição tardia das infestantes com o trigo, não afetem significativamente a produção de grão, ela pode ter influência nas operações de colheita e na qualidade do produto final. A contaminação de grãos com partes de infestantes e/ou com as sementes destas, irá provocar a depreciação do produto. As infestantes poderão também, dificultar a colheita, aumentar a humidade do grão e conseqüentemente os custos de secagem, favorecer a fermentação, aumentar a incidência de pragas no armazenamento e, até mesmo, diminuir as receitas dos agricultores, devido aos descontos gerados pelas impurezas e humidade dos grãos.

As informações sobre os períodos de competição (PC) em trigo, podem auxiliar na decisão do momento da adoção de medidas de gestão e/ou de controlo. O principal método de controlo de infestantes utilizado pelos triticultores é o químico. O conhecimento do PC poderá reduzir o número de aplicações de herbicidas, melhorar a eficiência de controlo e, ainda, reduzir a possível contaminação ambiental e o surgimento de infestantes resistentes aos herbicidas (Agostinetto *et al.*, 2008 e Gaba *et al.*, 2018).

2. 2. 5. Herbicidas na cultura do trigo

2. 2. 5. 1. Herbicidas de pré-emergência

Os herbicidas de pré-emergência, também designados de residuais, são produtos químicos aplicados ao solo antes da emergência das infestantes, podendo ser incorporados em pré-sementeira, juntamente ou logo após a sementeira, sem incorporação. O efeito residual pode ser definido, como a capacidade que um determinado herbicida tem para manter a integridade da sua molécula e conseqüentemente, as suas características físicas, químicas e funcionais, no ambiente. Estes herbicidas são seletivos para a cultura, devendo permanecer ativos durante períodos e concentrações suficientes na camada de solo onde se localizem a maior parte das sementes das infestantes, impedindo a sua emergência ou mesmo, atuando a nível das sementes, impedindo desse modo, a sua germinação. Podem

atuar por contato, queimando as plântulas ou serem sistêmicos, entrando no sistema vascular e destruindo todos os órgãos das mesmas. Os herbicidas de pré-emergência, além do efeito residual prolongado no período crítico de estabelecimento da cultura, também auxiliam no impedimento de um novo fluxo de emergência das infestantes (banco de sementes) (Monquero *et al.*, 2008). Estes herbicidas, devem ter um largo espectro de ação, incluindo mesmo, as espécies resistentes aos herbicidas de pós-emergência. Muitos pré-emergentes possuem mecanismos de ação distintos dos utilizados em pós-emergência e assim, desempenham um papel importante na rotação de herbicidas, visando o aumento do controle, manejo de biótipos resistentes e como estratégia anti resistência (Barros e Calado, 2020).

Com o tempo, tem vindo a acentuar-se a dificuldade no controle de infestantes na maioria das culturas destinadas à produção de grão e, o trigo, não é exceção. Nesta cultura, a principal estratégia no controle de infestantes tem-se baseado no uso de herbicidas seletivos de pós-emergência, estratégia esta, que não está a ter grande efetividade no controle de algumas espécies infestantes, como por exemplo os azevéns, a avoadinha (*Conyza canadensis* e *Conyza bonariensis*) entre outras, as quais têm revelado resistência aos herbicidas de pós-emergência, principalmente aos pertencentes ao grupo químico das sulfonilureias, que inibem a ação da enzima ALS (Acetolactato síntase) e da enzima acetil-CoA carboxilase (ACCCase), as quais são as mais usadas em pós-emergência nos cereais, principalmente no trigo, em toda a Europa (Kieloch *et al.*, 2013, Salas *et al.*, 2013 e Santos *et al.*, 2015). Segundo Andreasen *et al.* (2020), a resistência do *Lolium rigidum* e do *Lolium multiflorum*, tanto às substâncias ativas inibidoras da enzima acetolactato síntase (ALS) como das inibidoras da acetil-CoA carboxilase (ACCCase), tem complicado bastante o controle desta infestante, a qual é bastante competitiva e problemática, com alta adaptabilidade a novas condições ambientais, com grande capacidade de afilhamento e produção de sementes, que podem persistir no solo, por três anos, ou mais. Também, Hillocks (2012), refere uma elevada resistência a estas substâncias ativas, tanto do *Lolium multiflorum*, como do *Lolium rigidum*. O problema da resistência às substâncias ativas atrás referidas, tem levado a uma procura de alternativas para o controle das infestantes, baseadas na aplicação de herbicidas de pré-emergência, com o prossulfocarbe e o diflufenicão a serem dois dos pré-emergentes mais usados na Europa, em cereais de outono-inverno (Bailly *et al.* 2012) e, segundo os mesmos autores, os herbicidas de pré-

emergência são menos afetados pela resistência. Estes herbicidas oferecem um modo de ação alternativo a muitos herbicidas de pós-emergência, reduzindo a pressão de seleção em relação a muitas opções nesta época de aplicação e removendo grande parte da pressão competitiva das infestantes, que emergem com a cultura do trigo (Pacanoski e Mehmeti, 2019) as quais, têm o seu maior efeito prejudicial sobre a produção final desta cultura, durante os estádios iniciais do seu desenvolvimento (Pilipavičius, 2012). Deste modo e segundo (Kaczmarek e Matysiak, 2015 e Kaur *et al.*, 2018), os herbicidas de pré-emergência, podem desempenhar um papel fundamental no controlo das infestantes, nas fases críticas do desenvolvimento da cultura do trigo, possibilitando a esta, desenvolver-se antes das infestantes, adquirindo vantagens competitivas sobre elas. Quando terminar o efeito residual, poderá haver um fluxo de infestantes, mas o qual será mais facilmente controlado em pós-emergência, porque esse fluxo será mais uniforme e a cultura estará num estágio fenológico ideal para a aplicação dos herbicidas de pós-emergência (Monquero *et al.*, 2008).

A eficácia dos herbicidas de pré-emergência é usualmente menor, que a dos herbicidas de pós-emergência (Messelhäuser *et al.*, 2020). Segundo (Stickler *et al.*, 1969 e Menne *et al.*, 2012) a eficácia dos herbicidas pré-emergentes depende de vários fatores, como a humidade do solo no momento da aplicação, a precipitação após a aplicação necessária para a sua ativação, a temperatura, o tipo de solo e os padrões de emergência das infestantes a serem controladas, sendo fundamental haver um conhecimento prévio destas espécies na área de cultivo, a dose e o volume de calda aplicados e a precisão da pulverização, podendo um ou mais destes fatores, serem limitantes a uma eficácia satisfatória destes herbicidas. Segundo, Stickler *et al.* (1969), quando estes herbicidas são incorporados no solo, não necessitam de chuva para a sua ativação e nem de tanta humidade para proporcionarem um controlo eficiente das infestantes, relativamente aos não incorporados. Fatores, como a quantidade de argila, o teor em matéria orgânica, a textura, a capacidade de troca catiónica e o pH, estão fortemente ligados ao potencial de adsorção do herbicida no solo, resultando na capacidade de dissolução do mesmo e, portanto, o solo influencia profundamente a atividade do herbicida e, conseqüentemente, a sua eficácia (Andreasen *et al.*, 2020). Segundo Niekamp e Johnson (2001), o processo de dissipação de herbicidas no ambiente está relacionado com as propriedades físicas e químicas dos herbicidas e do solo, com as condições climáticas, com o manejo e com o

sistema de instalação das culturas, utilizado. Por exemplo, a sementeira direta é uma técnica de instalação das culturas, que implica a existência de resíduos na superfície do solo, os quais poderão ser uma barreira física, impedindo que o herbicida chegue ao solo e tenha o efeito desejado.

O herbicida ideal, seria aquele, que controlasse as infestantes com a maior eficácia possível e se dissipasse num período muito curto de tempo, sem que deixasse vestígios e sem causar problemas ambientais. Contudo, os herbicidas residuais são os que apresentam um período de atividade mais longo, podendo apresentar um efeito residual (*carryover*) com efeitos ambientais negativos, além de problemas de fitotoxicidade e consequentes perdas de produção em culturas subsequentes (Mancuso *et al.*, 2011). Segundo os mesmos autores, o potencial de “carryover”, depende do herbicida utilizado, da cultura em sucessão e das condições ambientais após a sua aplicação e, portanto, o planeamento da sucessão de culturas deve ser criterioso para evitar este problema, sendo o mais desejável, que o controlo com efeito residual seja feito até à maturação fisiológica das culturas.

Em Espanha, Cirujeda e Taberner (2010), referem uma alta eficácia do herbicida prossulfocarbe no controlo do *Lolium rigidum* G. Também, Tanji e Boutfirass (2018), obtiveram um excelente controlo do *Lolium rigidum* G. resistente às sulfonilureias, com o prossulfocarbe aplicado em pré-emergência, com a dose de 4000 g s.a. ha⁻¹, considerando estes autores, que este herbicida à semelhança de outros de pré-emergência, são uma nova opção efetiva em relação aos herbicidas de pós-emergência e aos quais, o *Lolium* apresenta resistência, devendo por isso, ser usado pelos agricultores num programa integrado de gestão das infestantes, na cultura do trigo. Por sua vez, Mamnoie e Karaminejad (2020) aplicando o prossulfocarbe em pré-emergência, com as doses de 2400, 3200 e 4000 g s.a. ha⁻¹, obtiveram uma boa eficácia no controlo das infestantes *Anagallis arvensis*, *Lolium perenne*, *Malva parviflora* e *Rumex crispus*, sendo essa eficácia tanto maior, quanto mais elevada foi a dose aplicada. Zand *et al.* (2007), estudando o efeito do prossulfocarbe em pré-emergência de diversas infestantes mono e dicotiledóneas, com as doses de 2400 e 3200 g s.a. ha⁻¹ constataram, que na generalidade destas últimas infestantes, 30 dias após a aplicação do herbicida, a eficácia na redução da sua população para as duas doses de aplicação foi baixa e, significativamente menor, que a obtida com outros herbicidas usados, embora tivesse havido um acréscimo, mas não significativo, para a dose mais alta de prossulfocarbe em relação à dose menor deste herbicida. Das infestantes dicotiledóneas

em estudo (*Sinapis arvensis*, *Vicia villosa*, *Malva silvestris*, *Beta marítima*, *Galium aparine*, entre outras), apenas a *Sinapis arvensis* obteve uma redução da sua população superior a 80 %, para as duas doses de aplicação do prossulfocarbe. Nas monocotiledóneas estudadas (*Lolium rigidum*, *Phalaris minor* e *Avena ludoviciana*) a eficácia na redução da sua população, foi em todas elas, superior a 80 %, não havendo diferenças significativas entre as duas doses de aplicação. Segundo os mesmos autores, a menor eficácia no controlo das infestantes, principalmente das dicotiledóneas, conduziu a uma redução da produção de grão por unidade de área na cultura do trigo, nos tratamentos com prossulfocarbe, relativamente aos tratamentos com outros herbicidas. Zeller *et al.* (2018), conseguiram uma eficácia de 99 % com o prossulfocarbe, no controlo da *Alopecurus myosuroides* Huds. (cauda-de-raposa), infestante gramínea bastante competitiva e bem-adaptada à cultura do trigo de inverno, na Europa. Em dois ensaios realizados por Andersen *et al.* (2020) e aplicando a dose de 4200 g s.a ha⁻¹ de prossulfocarbe em pré-emergência, obtiveram uma redução do peso fresco foliar do *Lolium multiflorum* de 61 % num dos ensaios e de 95 %, no outro ensaio. Aplicando a dose mais baixa deste herbicida (2400 g s.a. ha⁻¹), conseguiram uma redução do peso fresco foliar desta infestante, em 73% num ensaio e 93 % no outro ensaio. Bailly (2011) em ensaios realizados em vários locais do Reino Unido, obtiveram uma excelente eficácia da mistura das substâncias ativas Prossulfocarbe + diflufenicão, com as doses respetivas de 2400 g.s.a ha⁻¹ + 32 g.s.a ha⁻¹ aplicada em pré-emergência, no controlo do *Lolium multiflorum* Lam. Por sua vez, Xingxiang *et al.* (2016), aplicando diflufenicão em pré-emergência, com doses variando entre 15,96 – 75,95 e 65, 27 – 253, 83 g s.a. ha⁻¹, obtiveram um controlo efetivo de diversas infestantes, como a *Poa annua* L. (pêlo-de-cão), a *Capsella bursa-pastoris* (L.) Melik (bolsa-de-pastor), a *Descuraina sophia* (L.) Webb ex Prantl (erva-sofia), entre outras, mas uma eficácia muita reduzida no controlo do *Bromus tectorum* L. (bromo) *Avena fatua* L. (aveia-brava) e *Lolium multiflorum* Lam. (azevém). Segundo os mesmos autores, o diflufenicão mostrou-se muito seguro para a cultura do trigo, para as doses utilizadas, mesmo quando aplicado em pós-emergência precoce das infestantes.

2. 2. 5. 2. Herbicidas de pós-emergência

O uso de herbicidas de pós-emergência é uma prática comum na cultura do trigo e na grande maioria dos casos, necessária para uma gestão eficiente das infestantes. Os herbicidas de pós-emergência aplicados ao trigo são foliares, seletivos para a cultura, sendo os sistêmicos mais eficazes e podendo alguns, terem efeito residual. Nas nossas condições edafo-climáticas, as infestantes que mais preocupam em pós-emergência da cultura do trigo são as monocotiledóneas anuais, como a *Avena sterilis* L. (balanco-maior), o *Lolium rigidum* Gaudin (erva-febra), a *Phalaris minor* Retz (erva-cabecinha), o *Bromus diandrus* Roth (espigão), o *Bromus lanceolatus* (erva-de-pelo), o *Bromus madritensis* L. (espadana), a *Poa annua* L. (cabelo-de-cão), o *Juncus bufonius* L. (relvinha) entre outras e, as dicotiledóneas anuais, como por exemplo o *Echium plantagineum* L. (soagem), a *Silene gálica* L. (nariz-de-zorra), a *Stellaria media* (L.) Vill. (morugem-branca), o *Chenopodium álbum* L. (caassol), a *Calendula arvensis* L. (erva-vaqueira), a *Chamaemelum mixtum* (L.) All. (margaça), o *Chrysanthemum segetum* L. (pampilho-das-searas), entre muitas outras. Não obstante tratar-se de infestantes anuais, os herbicidas mais eficazes no seu controlo em pós-emergência do trigo, são os sistêmicos, como referido anteriormente. Aquando da aplicação do herbicida de pós-emergência, muitas infestantes já se encontram parcialmente cobertas pela cultura e desse modo, um herbicida que atue por contato apenas queima algumas folhas dessas infestantes, não provocando a sua morte e ficando estas, com capacidade de emitirem novas folhas e continuarem a crescer e a competir com a cultura. Com a aplicação de um herbicida sistémico, basta que umas gotas deste produto atinjam uma ou mais folhas da infestante, para provocar a sua morte, pelo fato deste herbicida entrar no sistema vascular da planta, sendo translocado pela seiva elaborada e destruir todos os seus órgãos. Como foi referido anteriormente, alguns destes herbicidas podem ser residuais, enquanto outros o não são, havendo atualmente uma utilização crescente de herbicidas mistos, contendo uma ou mais substâncias ativas residuais e uma ou mais substâncias ativas sem residualidade, como é exemplo, um dos herbicidas estudados no presente trabalho, no caso o comercialmente designado de Galope[®], composto pelo diflufenicão que é residual e pelos florasulame e iodossulfurão-metilo-sódio, cuja residualidade é muito reduzida. Um herbicida com estas características terá a vantagem de controlar as infestantes já emergidas e impedir que outras venham a emergir, podendo desse modo, ser aplicado numa fase mais precoce do desenvolvimento da cultura e das

próprias infestantes, que já tenham emergido. O momento da aplicação de herbicidas de pós-emergência no trigo é fundamental, de forma a diminuir ou evitar eventuais problemas de fitotoxicidade na cultura e segundo Agostinetto *et al.* (2008), o momento da aplicação destes herbicidas, deverá coincidir com o período crítico de prevenção, de modo a evitar perdas de produtividade. Segundo os mesmos autores, com herbicidas sistêmicos, é muito importante que no momento da aplicação, as infestantes não estejam sob “stress” severo, o que poderá reduzir a eficácia destes produtos. As plantas sob “stress” (falta ou excesso de água) aquando da aplicação do herbicida ou antes deste ser adequadamente translocado, não serão devidamente controladas (Besacon, 2020). A eficácia está também, muito dependente das condições ambientais, nomeadamente da precipitação e da temperatura (Richard *et al.*, 1987, Pacanoski e Mehmeti, 2018 e Besacon, 2020). Richard *et al.* (1987), referem uma redução da eficácia dos herbicidas de pós-emergência, consequência da fraca absorção foliar, quando a precipitação ocorre a seguir à aplicação, o que sugere um arrastamento do produto das folhas das infestantes, antes da dose letal ser absorvida. Segundo os mesmos autores, as doses de aplicação, o uso de surfactantes e a sensibilidade das infestantes, são fatores que modificam a influencia da precipitação na atividade dos herbicidas de pós-emergência. A temperatura, afeta as características morfológicas das plantas, as quais influenciam a retenção e penetração e que pode afetar a translocação do herbicida dentro da própria planta (Richard *et al.*, 1987). Para Besacon (2020), o efeito das baixas temperaturas na eficácia do controlo das infestantes, depende do tipo de aplicação herbicida, da dose de aplicação e do estado fisiológico das próprias infestantes e, segundo os mesmos autores, para baixas temperaturas, o controlo será mais lento, especialmente em herbicidas sistêmicos, porque quer a absorção, quer a translocação nas plantas, são também mais lentas, comparado com aplicações a temperaturas mais altas. Contudo, temperaturas muito altas podem aumentar as perdas dos herbicidas por volatilização. Pacanoski e Mehmeti, (2018) referem, que baixas temperaturas, rondando os 0 °C até 48 horas após a aplicação, conduzem a uma redução da absorção dos herbicidas de pós-emergência e, portanto, da sua eficácia e para Besacon (2020) as infestantes mono e dicotiledóneas são controladas mais eficazmente quando estão em crescimento ativo e a temperatura ideal para aplicação de herbicidas de pós-emergência, varia entre 18 e 29 °C, sendo de evitar aplicações entre 4 e 12 °C, durante o dia.

Atualmente, os herbicidas mais recomendados e mais usados no controle de infestantes em pós-emergência do trigo, são as sulfonilureias, as quais inibem a ação da enzima Acetolactato sintase (ALS) (Kieloch *et al.*, 2013), o que tem resultado num acréscimo do número de espécies resistentes a estas substâncias ativas, em todo o mundo (Beckie e Reboud, 2009). Pode definir-se resistência, como a capacidade inerente de uma planta sobreviver e de se reproduzir após a exposição a uma dose de herbicida normalmente letal (Campbell *et al.*, 2011). A mistura de herbicidas reduz a pressão de seleção, sendo uma boa tática para o controle de infestantes (Evans *et al.*, 2016).

2. 2. 5. 3. Características dos herbicidas estudados

Um dos herbicidas estudados na cultura do trigo, foi o designado comercialmente por TAISEN® 800 EC e cuja substância ativa é o prossulfocarbe. Este herbicida, apresenta-se na formulação de concentrado para emulsão com 78,9 % (= 800 g L⁻¹) de prossulfocarbe. Esta substância ativa pertence ao grupo químico dos tiocarbamatos não iônicos e hidrofóbicos (PPD, 2017), sendo designada (nome químico) pela IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry), por [*S* – benzilo *N, N* – dipropiltiocarbamato)]. Em função do seu modo de ação na planta, está classificado pelo sistema HRAC (Herbicide Resistance Action Committee) no grupo N e pelo sistema WSSA (Weed Science Society of America) no grupo 8, ou seja, atua inibindo a síntese dos lípidos (não ACCase – Acetil CoA carboxilase) nas células das plantas (Andreasen *et al.*, 2020). O prossulfocarbe atinge a região meristemática ou pontos de crescimento das plantas, inibindo a biossíntese dos ácidos gordos de cadeia muito longa (inibe a atividade de enzimas polimerases), alterando as membranas celulares e interrompendo processos celulares vitais (Bailly, 2011 e Jursík *et al.*, 2011). Esta substância ativa, afeta também, o desenvolvimento da cutina e da suberina, dois polímeros cerosos, que são os principais componentes da cutícula, a qual cobre todas as superfícies aéreas das plantas. É um herbicida sistêmico, seletivo, de largo espectro de ação em infestantes mono e dicotiledóneas (Tomlin, 2003), de aplicação em pré-emergência das culturas do trigo, da cevada e das infestantes, ou quando estas tiverem menos de duas folhas e, as culturas, no máximo duas folhas. Quando aplicado em pré-emergência, é absorvido predominantemente pela base do coleótilo (mesocótilo) e pelas raízes, sendo rapidamente

transportado através do xilema para as zonas meristemáticas. Nesta época de aplicação, não necessita de uma incorporação rápida no solo. Em aplicação de pós-emergência precoce, o herbicida é, mesmo assim, absorvido predominantemente pelo mesocótilo, tendo uma absorção foliar limitada. Por conseguinte, para uma atividade efetiva nesta época de aplicação, o herbicida necessita de ser aplicado com o solo húmido e preferivelmente ter uma maior incorporação através da precipitação ou da rega. Contudo, segundo Bailly (2011) e Heap (2020) a aplicação do prossulfocarbe em pós-emergência não pode ser ignorada, porque esta substância controla as plântulas, sendo absorvida pelas folhas. Em geral, as infestantes dicotiledóneas são mais tolerantes aos tiocarbamatos do que as infestantes gramíneas, embora existam grandes diferenças entre espécies, dentro de cada classe. São suscetíveis ao herbicida TAISEN[®] 800 EC, as seguintes infestantes: cabelo-de-cão-anual (*Poa annua* L.); apera-sedosa (*Apera spica-venti* (L.) P. Beauv); erva-de-febra-brava (*Poa trivialis* L.); rabo-de-raposa (*Alopecurus myosuroides* Huds.); azevém (*Lolium spp.*); junco-dos-sapos (*Juncus bufonius* L.); amor-de-hortelão (*Galium Aparine* L.); margação (*Anthemis arvensis* L.); morugem-branca (*Stellaria media* (L.) Vill.); lâmio-roxo (*Lamium purpureum* L.); fumária (*Fumaria officinalis* L.); erva-moira (*Solanum nigrum* L.); armoles (*Atriplex patula* L.); catassol (*Chenopodium album* L.); thlaspio (*Thlaspi arvense* L.); verónica (*Veronica spp.*); Bolsa-do-pastor (*Capsella bursa-pastoris* L.); orelha-de-rato (*Myosotis arvensis* (L.) Hill.); violeta-dos-campos (*Viola arvensis* Murray).

Segundo Devault *et al.* (2019), o prossulfocarbe, não obstante a sua toxicidade moderada, apresenta um elevado potencial de volatilização, sendo facilmente arrastado pelo vento, o que tende a contaminar as culturas, que se encontram nas proximidades das parcelas alvo, aquando da sua aplicação. Também, como é aplicado em solos nus, pode contaminar as águas superficiais devido ao escoamento. Assim, e segundo os mesmos autores, para controlar as contaminações, devem ser consideradas limitações ao seu uso quer pelo número de aplicações por ano, quer através da restrição da área de aplicação. Para evitar os problemas de resistência ao prossulfocarbe, não é desejável recomendar a redução das doses de aplicação.

Outro herbicida estudado, foi o comercial BATUTA[®], cuja substância ativa é o diflufenicão. Está apresentado na formulação de suspensão concentrada (SC) com 42 % de diflufenicão (= 500 g L⁻¹). O Diflufenicão [N-(2,4-difluorofenil)-2-[3-

(trifluorometil)fenoxi]piridina-3-carboxamida, IUPAC], pertence ao grupo químico das piridinocarboxamidas. Em função do seu modo de ação na planta (inibição da síntese dos carotenoides) está classificado pelo sistema HRAC no grupo F1 e pelo sistema WSSA, no grupo 15 (Dang *et al.*, 2018). O diflufenicão pode produzir efeitos nos tecidos das membranas das plantas sensíveis, o que será independente da sua inibição na síntese dos carotenoides (Ashton *et al.*, 1992). Os carotenoides regulam a formação da clorofila, sendo por isso considerados pigmentos essenciais na fotossíntese e a sua ausência provoca a oxidação das células e a morte das plantas (Hashimoto *et al.*, 2016). Segundo Armel *et al.* (2007) a destruição dos carotenoides, conduz à destruição dos cloroplastos das membranas e à degradação da clorofila, provocando sintomas de branqueamento pronunciados e necrose dos tecidos das plantas suscetíveis, levando à sua morte. O diflufenicão é seletivo, com ação de contato e residual, sendo absorvido pelas folhas e raízes das infestantes anuais de folha larga (dicotiledóneas), podendo ser aplicado em pré-emergência ou pós-emergência precoce destas, nos cereais de outono-inverno, especialmente trigo e cevada (Rouchaud *et al.*, 1991). Quando aplicado em pré-emergência, forma uma película na superfície do solo, com uma forte adsorção nos coloides minerais e orgânicos, apresentando desse modo, uma forte resistência à lixiviação. Devido à sua persistência e ao seu largo espectro de atividade herbicida e seletividade, o diflufenicão confere uma boa proteção contra as infestantes durante um longo período de tempo, começando no outono, aquando da sementeira, até ao final da primavera, no ano seguinte (Kyndt *et al.*, 1985). Para aumentar o seu espectro de ação pode ser misturado com outras substâncias ativas, tais como, flufenacete, iodossulfurão-metilo-sódio, mesossulfurão-metilo, bromoxinil, etc. (Haynes e Kirkwood, 1992).

Infestantes suscetíveis ao herbicida BATUTA[®]: catassol (*Chenopodium album* L.); morrião (*Anagallis arvensis* L.); moncos-de-perú (*Amaranthus retroflexus* L.); nariz-de-zorra (*Silene gálica* L.); papoila-das-searas (*Papaver rhoeas* L.), pampilho-das-searas (*Chrysanthemum segetum* L.); (*Rumex* spp.); saramago (*Raphanus raphanistrum* L.); sempre-noiva (*Polygonum aviculare* L.) e verónica (*Veronica* spp.).

Infestantes moderadamente suscetíveis ao herbicida BATUTA[®]: amor-de-hortelão (*Galium aparine* L.); bolsa-de-pastor (*Capsella bursa-pastoris* L.); erva-aranha (*Spergula arvenses* L.); erva-moleirinha (*Fumaria officinalis* L.), relvinha (*Juncus bufonius* L.); margação (*Anthemis arvenses* L.) e mostarda-dos-campos (*Sinapis arvensis* L.).

Infestantes resistentes ao herbicida BATUTA[®]: ervilhaca (*Vicia* spp).

O herbicida referido comercialmente como GALOPE[®] foi também, um dos herbicidas estudados, no presente trabalho. Este herbicida apresenta-se em grânulos dispersáveis em água (WG), com 40 % de diflufenicão, 2% de florasulame e 4,66 % de iodossulfurão-metilo-sódio e está indicado para o controlo de infestantes gramíneas (monocotiledóneas) e infestantes de folha larga (dicotiledóneas) em cereais de outono-inverno e de primavera, como o trigo duro (*Triticum durum* L.), o trigo mole (*Triticum aestivum* L.), a cevada dística (*Hordeum distichum* L.) a cevada hexástica (*Hordeum Vulgar* L.) e o centeio (*Secale cereal* L.).

O florasulame [N-(2,6-difluorfenil)-8-fluor-5-metoxi-[1,2,4]triazol[1,5-c]pirimidina-2-sulfonamida, IUPAC], pertence à família química das triazolopirimidinas e em função do seu modo de ação, está classificado no grupo B (HRAC) e grupo 2 (WSSA). Esta substância ativa inibe a produção da enzima ALS (Acetolactato síntase), a qual é essencial na produção de vários aminoácidos como a valina, a leucina e a isoleucina, responsáveis pelo crescimento das plantas (Travlos *et al.*, 2014 e Dayan *et al.*, 2015). O florasulame é um herbicida seletivo para controlo em pós-emergência precoce de infestantes dicotiledóneas em cereais de outono-inverno e primavera (Krieger *et al.*, 2000). É sistémico, sendo absorvido pelas folhas e translocado na infestante para os seus pontos de crescimento, onde provoca a paragem da divisão das células e desregula o seu crescimento, conduzindo à deformação e morte da infestante. É um herbicida altamente solúvel em água e volátil, não persistindo muito tempo no solo, embora essa persistência esteja relacionada com o teor de argila, de matéria orgânica e pH do solo, mas também com a precipitação, temperatura e outros fatores ambientais (Krieger *et al.*, 2000). Condições de temperatura e humidade mais altas promovem o crescimento ativo das infestantes e aumentam a atividade do herbicida florasulame, permitindo uma maior atividade de contato e uma maior absorção foliar.

O iodossulfurão-metilo-sódio pertence à família química das sulfonilureias e é designado (nome químico) pela IUPAC, como metilo 4-iodo-2-[3-(4-metoxi-6-metilo-1,3,5-triazina-2-yl)- ureidosulfonilo] benzoato, sódio sal. Tal como o florasulame, também o iodossulfurão atua através da inibição da enzima ALS (Heap, 2014), estando por isso, ambos classificados no grupo B do sistema HRAC e grupo 2, no sistema WSSA. O iodossulfurão é um herbicida seletivo, sistémico e residual, de absorção foliar e radicular,

estando indicado no controlo em pós-emergência de infestantes monocotiledóneas como os azevéns (*Lolium rigidum* G. e *Lolium multiflorum*) e dicotiledóneas de diversas culturas, incluindo o trigo, a cevada, o centeio e o triticale (Kramer *et al.*, 2012). Alguma bibliografia (Hoskins *et al.*, 2005 e Kieloch e Kucharski, 2012) relata, que condições ambientais tais como a temperatura, a humidade relativa do ar, a precipitação e a radiação solar, podem modificar os efeitos de alguns herbicidas inibidores da ALS em determinadas espécies vegetais, como por exemplo no trigo (*Triticum aestivum* L.).

Infestantes suscetíveis ao herbicida GALOPE®: amor-de-hortelão (*Galium aparine* L.); *anthemis* spp (camomila); azevém (*Lolium multiflorum* Lam.); cabelo-de-cão-anual (*Poa annua* L.); labaga-crespa (*Rumex crispus* L.); margaça (*Matricaria chamomilla* L.); morrião (*Anagallis arvensis* L.); morugem-branca (*Stellaria media* (L.) Vill.); mostarda-dos-campos (*Sinapis arvensis* L.); papoila-das-searas (*Papaver rhoeas* L.); raspa-saias (*Picris echioides* L.) e Veronica-de-folhas-de-hera (*Veronica hederifolia* L.).

Infestantes moderadamente suscetíveis ao herbicida GALOPE®: Rabo-de-raposa (*Alopecurus myosuroides* Huds.); balanco (*Avena fatua* L.); erva-febra (*Lolium rigidum* Gaudin); corriola (*Convolvulus arvensis* L.) e miosótis (*Myosotis arvensis* (L.) Hill.).

2. 3. Relação entre a Produção de Grão e os Componentes da Produção no Trigo

A produção de trigo em condições mediterrânicas, é frequentemente limitada pelas altas temperaturas e pela deficiência hídrica durante a fase de enchimento do grão, conduzindo a uma taxa e duração desta fase reduzidas e, conseqüentemente, baixas produtividades da cultura, em condições de sequeiro. Segundo Mohammadi *et al.* (2012) a expressão final da produção em condições de “stress” hídrico depende das características das próprias plantas, da intensidade e duração do “stress” e do estágio de desenvolvimento em que se encontram. Para Blum (2011), a determinação dos componentes da produção, pode fornecer um conhecimento adicional sobre a expressão da resistência à seca, em termos de produtividade. Peltonen-Sainio *et al.* (2007), investigando 78 genótipos de trigo durante 30 anos, concluíram que a produção de trigo de inverno aumentou, quando se promoveu um acréscimo no número de grãos por metro quadrado e no peso médio do grão. Por sua vez, Moral *et al.* (2003) referem, que a produção de grão no trigo em condições de temperaturas mais frescas é principalmente determinada pelo peso médio do grão,

enquanto o número de espigas por unidade de área influencia predominantemente a produção de grão por unidade de área, em condições ambientais de temperaturas mais altas. Segundo os mesmos autores, o número de grãos por espiga tem uma contribuição significativa para a produção de grão, principalmente em condições de “stress” hídrico. Os efeitos compensatórios entre componentes da produção estão quase sempre ausentes em condições ambientais mais frescas, provavelmente devido à relativa disponibilidade de água e azoto, durante as fases mais críticas do desenvolvimento da planta. Contrariamente, em condições de temperaturas mais elevadas, efeitos negativos do número de espigas por metro quadrado, conduzem também, à redução do número de grãos e do peso do grão. Segundo Metho *et al.* (1998), para uma maior produção de trigo, o número de espigas por unidade de área é um componente da produção muito importante. O número de filhos por planta, depende principalmente das condições ambientais e o caule principal (planta-mãe) é geralmente mais produtivo, quando comparado com os filhos. Slafer *et al.* (2014) reportam, que o número de grãos por metro quadrado, dão um contributo maior para a produção de grão por unidade de área, que o peso médio do grão, em cultivares modernas de trigo e na opinião de Denčić *et al.* (2000) o número de grãos por espiga, o peso de 1000 grãos e especialmente a produção, são mais sensíveis ao stress hídrico, do que a altura das plantas e o número de espiguetas por espiga. Para Mollasadeghi *et al.* (2011) o número de grãos por espiga, o peso de mil grãos e a produção de matéria seca, têm um efeito direto e positivo na produção de grão na cultura do trigo e Shamsi *et al.* (2011) mostraram, que os componentes mais importantes na definição da produção, são o número de grãos por espiga, seguido pelo número de espigas por unidade de área e pelo peso de mil grãos. Vários autores (Leilah e Al-Khateeb, 2005 e Ghaderi *et al.* 2009) referem também, uma correlação positiva entre o índice de colheita e a produção de grão na cultura do trigo. Contudo, Sharma *et al.* (1987) verificaram, que os coeficientes de correlação entre o índice de colheita e a produção de grão na cultura do trigo foram inconsistentes em diferentes condições ambientais, o que sugere que ambos (índice de colheita e produção de grão) sejam significativamente afetados pelas alterações ambientais.

3. Material e Métodos

3. 1. Descrição do Ensaio

O presente trabalho teve como base a realização de um ensaio de campo e o qual teve como objetivo, estudar o efeito de dois herbicidas de pré-emergência e um de pós-emergência, no controlo de infestantes da cultura do trigo mole (*Triticum aestivum* L.). Os herbicidas de pré-emergência estudados, foram os comercialmente designados por Taisen[®] 800 EC, cuja substância ativa é o prossulfocarbe e o Batuta[®] que tem como substância ativa, o diflufenicão. O herbicida de pós-emergência estudado, foi o de nome comercial Galope[®] e cujas substâncias ativas são o iodossulfurão-metilo-sódio, o diflufenicão e o florasulame. Os tratamentos de pré-emergência consistiram na aplicação isolada do herbicida Taisen[®] 800 EC com duas doses diferentes e na aplicação deste herbicida combinado com o Batuta[®] sendo neste último, utilizadas também, duas doses diferentes.

O ensaio, foi levado a cabo na Herdade da Almocreva (Beja) pertencente à Universidade de Évora, no ano agrícola de 2021/2022.

3. 2. Caraterização Edafo-climática

3. 2. 1. Caraterização climática

O ensaio realizou-se em Beja (Latitude: 38°00'54" N; Longitude 7°51'37" E e Altitude do nível do mar: 286m). Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, mais conhecida por classificação climática de Köppen, a região de Beja caracteriza-se por ter um clima temperado, com inverno chuvoso e verão quente, classificado como mediterrânico ou subtropical seco (Csa). No Quadro 3.1 apresentam-se os dados climáticos de Beja (Estação Meteorológica de Beja) para o período de 1991 a 2021 e no Quadro 3.2, os dados climáticos referentes ao ano de 2021/2022, de setembro a junho e, os quais, foram obtidos na Estação Meteorológica de Beja da Quinta da Saúde, a qual dista cerca de 4 km em raio, do local do ensaio.

Quadro 3.1. Dados climáticos no período de 1991 a 2021 (Estação Meteorológica de Beja)

	jan.	fev.	mar.	abr.	mai.	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.
Temp. média (°C)	9,6	10,4	12,9	15,0	18,6	22,8	24,7	25,3	22,5	18,4	13,0	10,6
Temp. média das mínimas (°C)	5,6	6,0	8,0	9,8	12,6	16,2	17,6	18,3	16,7	13,8	9,0	6,8
Temp. média das máximas (°C)	14,4	15,5	18,2	20,4	24,6	29,6	32,4	32,8	28,9	23,8	17,6	15,2
Precipitação (mm)	49	43	50	48	38	10	2	4	26	68	62	65

Fonte: www. Climate-data-org-Beja (2022)

Como se pode verificar, existe uma diferença de 66 mm entre a precipitação do mês mais seco e do mês mais chuvoso. Ao longo do ano, as temperaturas médias variam 15,6 °C.

Quadro 3.2. Dados climáticos para o ano agrícola de 2021/2022 (Estação Meteorológica de Beja - Portal do Regante – Quinta da Saúde)

	set.	out.	nov.	dez.	jan.	fev.	mar.	abr.	mai.	jun.
Temp. média das mínimas (°C)	15,8	13,4	7,2	8,4	5,5	6,5	8,0	8,8	13,0	14,9
Temp.média das máximas (°C)	29,6	27,0	18,3	18,0	17,2	19,8	18,1	20,9	29,9	30,6
Precipitação (mm)	43,4	21,8	16,4	70,1	3,2	7,0	128,9	25,5	5,2	5,0

Fonte: <https://regante.edia.pt> (2022)

Pelos Quadro 3.1 e 3.2, verifica-se que no período de setembro a junho, a precipitação no período de 30 anos, foi de 459 mm, enquanto no ano de 2021/22, foi de 326,5 mm, ou seja, inferior em 132,5 mm, em relação ao período anterior. Se se considerar o período entre a instalação da cultura e a sua maturação fisiológica (novembro-maio) constata-se, que houve uma redução do valor da precipitação no ano de 2021/22 de aproximadamente 99 mm, relativamente à média dos 30 anos. É de salientar também, neste ano, a baixa precipitação e com valores muito inferiores à média dos 30 anos, nos meses de outubro, novembro, janeiro, fevereiro, abril e maio, tendo apenas os meses de setembro,

dezembro e março, principalmente este último, apresentado valores da precipitação superiores à média dos 30 anos. Relativamente às temperaturas médias das máximas e médias das mínimas, os valores são aproximados, embora na maioria dos meses, sejam superiores no ano de 2021/2022, relativamente ao período de 1991 a 2001.

Quadro 3.3. Valores da precipitação (°C) nos diferentes períodos de contagem das infestantes nos tratamentos em pré-sementeira e acumulada, desde a aplicação dos herbicidas até à maturação fisiológica da cultura (Estação Meteorológica de Beja - Portal do Regante – Quinta da Saúde)

Precipitação nos diferentes períodos de contagem das infestantes		
Período	Data	Precipitação (mm)
Aplicação - 1ª contagem	11 de novembro – 11 de dezembro	17,7
1ª contagem-2ª contagem	11 dezembro – 11 de janeiro	67,9
2ª contagem-3ª contagem	11 janeiro – 10 de fevereiro	0,0
3ª contagem – 4ª contagem	10 fevereiro – 10 de março	11,9
4ª contagem-5ª contagem	10 março – 8 abril	127,9
Precipitação acumulada desde a aplicação até à maturação fisiológica da cultura		
Aplicação – 1ª contagem	11 de novembro – 11 de dezembro	17,7
Aplicação – 2ª contagem	11 de novembro – 11 de janeiro	85,6
Aplicação – 3ª contagem	11 de novembro – 10 de fevereiro	85,6
Aplicação – 4ª contagem	11 de novembro – 10 de março	97,5
Aplicação – 5ª contagem	11 novembro - 8 março	225,4
Aplicação – maturação fisiológica	11 novembro - 31 de maio	250,8

O Quadro 3.3, mostra os valores da precipitação ocorrida nos diferentes períodos de contagem das infestantes, bem como a precipitação acumulada, desde a aplicação dos herbicidas de pré-emergência, a qual se realizou no mesmo dia da instalação da cultura, até à maturação fisiológica da mesma.

3. 2. 2. Caraterização edáfica

O solo onde se realizou o ensaio, está cartografado como Pm (Solos Mediterrâneos pardos de dioritos ou quartzo dioritos ou rochas microfaneríticas ou cristalofílicas afins) e do qual se apresentam no Quadro 3.4. algumas características físicas, químicas e analíticas, descritas por Cardoso (1965).

Quadro 3.4. Algumas características físicas, químicas e analíticas do solo Pm (Solos Mediterrâneos Pardos Para-Barros)

Hor.	Prof. (cm)	Ar.gr. (%)	Ar. Fi. (%)	Limo (%)	Argila (%)	M.O. (%)	pH (H ₂ O)	dap.	H ₂ O disponível (%)
Ap	0-20	32,2	36,0	13,3	18,5	1,17	6,6	1,31	19,50
B1	20-40	19,3	18,3	14,2	48,2	0,72	7,1	1,16	26,20
B2	40-70	27,7	21,5	16,4	34,4	0,45	7,4	1,24	21,75
C	70-100	55,6	28,3	5,8	10,3	0,07	7,7	1,43	5,57

Fonte: Cardoso (1965)

Descrição do perfil segundo Cardoso (1965)

Horizonte A1 – 15 a 30 cm: pardo, pardo-pálido, cinzento-pardacento claro ou pardo acinzentado-escuro ou cinzento-escuro; franco-argilo-arenoso, em muitos casos com alguns calhaus e pedras de rocha-mãe e/ou de pórfiros; estrutura granulosa muito fina a média moderada; friável; pH 6, 0 a 7,0.

Horizonte B – 20 a 70 cm; pardo-acinzentado, muito escuro ou castanho, passando por vezes, com a profundidade, a cinzento-escuro e oliváceo, cores da rocha-mãe; argiloso, às vezes franco-argiloso ou franco-argilo-arenoso, notando-se películas de argila na superfície dos agregados, cuja abundância diminui com a profundidade; estrutura prismática grosseira forte composta de anisoforme angulosa grosseira forte; muito aderente, muito plástico, muito ou extremamente firme, extremamente rijo; pH 6,5 a 7,5.

Horizonte C – Material originário proveniente da desagregação de dioritos ou quartzodioritos ou rochas microfaneríticas ou cristalofílicas afins.

3. 3. Técnicas culturais utilizadas

A cultura do trigo mole, foi instalada na 2ª semana de novembro, mas dada a fraca precipitação ocorrida após a sementeira, a emergência completa da cultura só se verificou cerca de 45 dias após a sua instalação. No mesmo dia da sementeira da cultura e antes desta, fizeram-se duas gradagens no solo, tendo a primeira como objetivo, o controlo de

infestantes e a segunda, a preparação da cama da semente. A variedade de trigo utilizada foi a Antequera, a qual possui um ciclo precoce ao espigamento e médio-precoce à maturação. A sementeira foi levada a cabo com um semeador convencional em linhas de fluxo contínuo, com 2,5 metros de largura de trabalho e possuindo duas tremonhas, uma para a semente e outra para o adubo. Combinado com o semeador, utilizou-se um rolo, de modo a destorroar o solo e desse modo, aumentar o contato do solo com a semente, dado que o teor de humidade na altura da sementeira era bastante reduzido. A densidade de sementeira foi de 200 kg ha⁻¹, tendo-se aplicado em fundo, 200 kg ha⁻¹ do adubo 18-46-0. No mesmo dia da sementeira da cultura, realizaram-se os tratamentos com os herbicidas de pré-emergência (Quadro 3.5), tendo-se utilizado para isso, um pulverizador de pressão de jato projetado próprio para ensaios, marca Baumnn Saatzuchtbedarf e modelo PL1. Este pulverizador tem uma barra horizontal de 3 metros de largura e está equipado com bicos de fenda, espaçados de 50 centímetros, com um ângulo de abertura do jato, de 110° e diâmetro do orifício, variável em função do volume de calda a aplicar. A pressão de funcionamento é conseguida por oxigénio armazenado em garrafa de ar comprimido e a presença de um velocímetro, permite manter uma velocidade de avanço constante ao longo do comprimento dos talhões. Também, o tratamento com o herbicida de pós-emergência (Quadro 3.5) como a aplicação do fungicida Melvar® (protioconazol 25 %) foram levados a cabo, com o mesmo pulverizador. Os herbicidas de pré-emergência foram aplicados com um volume de calda de 300 L ha⁻¹, tendo-se para isso, adaptado ao pulverizador, os bicos 110° -12, ou seja, com um ângulo de abertura do jato de 110° e um diâmetro do orifício de 1,2 mm. A pressão de funcionamento, foi de 300 kPa e a velocidade de avanço, de 2,3 km h⁻¹. Quer o herbicida de pós-emergência, quer o fungicida foram aplicados com um volume de calda de 200 L ha⁻¹, sendo a pressão de funcionamento neste caso, de 200 kPa e a velocidade de avanço, de 2,75 km h⁻¹, tendo-se utilizado os mesmos bicos dos tratamentos anteriores (110° -12).

Não obstante a baixa precipitação ocorrida, realizaram-se duas adubações de cobertura, sendo na primeira das duas, aplicados cerca de 130 kg ha⁻¹ de um adubo na forma nítrica (20,5 %) a que corresponderam aproximadamente, 27 kg ha⁻¹ de azoto. Aquando desta adubação, a cultura encontrava-se na fase de 4-5 folhas abertas (estádios 14-15 da escala de Zadoks), as infestantes dicotiledóneas, na fase de 2-3 folhas e o *Lolium* na fase entre as 2 e as 4 folhas. Pelo fato de se ter verificado, que devido à escassa

precipitação a 1ª adubação não ter sido efetiva para a cultura, realizou-se uma 2ª adubação de cobertura com ureia, que doseia 46 % de azoto, aplicando-se cerca de 130 kg ha⁻¹ deste adubo, a que corresponderam 52 unidades de azoto por hectare. Aquando desta adubação, a cultura encontrava-se com um fraco afilhamento havendo, no entanto, cerca de 20 a 30 % das plantas já na fase de encanamento. As infestantes dicotiledóneas de germinação mais tardia encontravam-se na fase de 4-5 folhas e as de germinação mais precoce, na fase de 8-10 folhas. 70 a 80 % do *Lolium* encontrava-se na fase de afilhamento e cerca de 20 a 30% na fase entre as 3 e as 5 folhas.

Quadro 3.5. Calendário das operações culturais e contagens de infestantes efetuadas no ensaio

Data	Operações culturais
11 de novembro de 2021	Controlo de infestantes em pré-sementeira, preparação da cama da semente, sementeira e adubação de fundo e aplicação dos herbicidas de pré-emergência.
11 de dezembro de 2021	1ª contagem de infestantes nos tratamentos de pré-emergência.
11 de janeiro de 2022	2ª contagem de infestantes nos tratamentos de pré-emergência e 1ª adubação de cobertura.
24 de janeiro de 2022	Aplicação do herbicida de pós-emergência e 1ª contagem de infestantes.
10 de fevereiro de 2022	3ª contagem de infestantes nos tratamentos de pré-emergência.
10 de março de 2022	4ª contagem de infestantes nos tratamentos de pré-emergência e 2ª adubação de cobertura.
10 de abril de 2022	5ª contagem de infestantes nos tratamentos de pré-emergência, 2ª contagem de infestantes no tratamento de pós-emergência e aplicação do fungicida Melvar®.
14 de junho de 2022	Colheita da cultura

3. 4. Tratamentos e Delineamento Experimental

O Quadro 3.6, mostra os diferentes tratamentos levados a cabo no presente ensaio, bem como as diferentes épocas de aplicação dos herbicidas (pré-emergência e pós-emergência).

Quadro 3.6. Tratamentos e épocas de aplicação dos herbicidas

T0 – Testemunha (controlo)
T1 - Taisen [®] (prossulfocarbe) – 2 L ha ⁻¹ – 1600 g s.a. ha ⁻¹ (pré-emergência)
T2 – Taisen [®] (prossulfocarbe) – 4 L ha ⁻¹ – 3200 g s.a. ha ⁻¹ (pré-emergência)
T3 – Taisen [®] + Batuta [®] (prossulfocarbe + diflufenicão) – 2 L ha ⁻¹ + 0,10 L ha ⁻¹ – 1600 g s.a. ha ⁻¹ + 50 g s.a. ha ⁻¹ . (pré-emergência).
T4 – Taisen [®] + Batuta [®] (prossulfocarbe + diflufenicão) - 2 L ha ⁻¹ + 0,25 L ha ⁻¹ – 1600 g s.a. ha ⁻¹ + 125 g s.a. ha ⁻¹ (pré-emergência).
T5 – Galope [®] (diflufenicão + florasulame + iodossulfurão) – 0,2 kg ha ⁻¹ – 80 g s.a. ha ⁻¹ + 4 g s.a. ha ⁻¹ + 9,3 g s.a. ha ⁻¹ (pós-emergência).

O ensaio foi delineado em blocos casualizados e o número de repetições foi de quatro, tal como mostra a Figura 3.1.

REP I

T2	T0	T5	T3	T1	T4
----	----	----	----	----	----

REP II

T3	T5	T4	T2	T0	T1
----	----	----	----	----	----

REP III

T3	T2	T1	T4	T5	T0
----	----	----	----	----	----

REP IV

T0	T5	T4	T3	T1	T2
----	----	----	----	----	----

Figura 3.1. Esquema do ensaio

3. 5. Observações e Determinações

3. 5. 1. Eficácia dos Herbicidas Aplicados

A eficácia dos herbicidas de pré-emergência (Tratamentos 1, 2, 3 e 4) no controlo do *Lolium rigidum* e das infestantes dicotiledóneas, foi determinada 30, 60, 90, 120 e 150 dias após a aplicação, tendo sido colocados caixilhos de madeira com 50 cm x 50 cm nos talhões e na parte central destes, onde se fez a contagem das infestantes emergidas. Para determinar a eficácia do herbicida de pós-emergência (tratamento 5) colocaram-se também, os mesmos caixilhos de madeira, sendo a primeira contagem de infestantes realizada antes da aplicação do herbicida e, a segunda, dois meses e meio após a aplicação.

A eficácia dos herbicidas de pré-emergência foi determinada, utilizando-se a seguinte expressão:

$$\text{Eficácia (\%)} = [(A-B)/A] \times 100 \quad (\text{I})$$

Fonte: (Zeller *et al.*, 2018)

em que,

A – número de infestantes por metro quadrado contadas nos talhões testemunha (controle)

B- número de infestantes por metro quadrado contadas nos talhões tratados

A eficácia do herbicida de pós-emergência foi calculada pela seguinte expressão:

$$\text{Eficácia (\%)} = 100 - [(C2 - d)/C1] \times 100 \quad (\text{II})$$

Fonte: (Barros *et al.*, 2005)

onde,

C1 – número de infestantes por metro quadrado contadas antes do tratamento

C2 – número de infestantes por metro quadrado contadas aproximadamente, 2 e 3 meses após o tratamento.

d - diferença no número de infestantes por metro quadrado entre a primeira e a segunda contagem nos talhões testemunha (reinfestação).

3. 5. 2. Produção de grão e seus componentes

Produção de grão por unidade de área

A colheita da cultura, foi levada a cabo por uma ceifeira-debulhadora própria para ensaios, com uma largura de trabalho de 1,35 m. Cada talhão, tinha uma área de 30 m² (10 m x 3 m), tendo sido colhida uma área útil de 13,5 m². A partir da área colhida, determinou-se a produção de grão por unidade de área (g m⁻²) através da seguinte expressão:

$$\text{Prod.grão seco (g m}^{-2}\text{)} = \text{prod.grão (g m}^{-2}\text{)} * [1 - \text{teor de humidade}] / 100 \quad (\text{III})$$

O teor de humidade foi determinado em estufa, com uma temperatura de 65 °C até peso constante, determinando-se o peso do grão para 8% de humidade, através da multiplicação da produção de grão seco, por 1,08.

Peso de 1000 grãos

Para determinar o peso de 1000 grãos (g), retirou-se de cada tratamento, uma amostra de grão, fazendo-se a contagem em laboratório com um contador próprio para contagem de grãos. Os 1000 grãos, foram colocados em estufa a 65 °C, até peso constante.

Número de grãos por unidade de área

O número de grãos por unidade de área, foi determinado através da relação entre a produção de grão por metro quadrado e o peso de 1000 grãos, através da expressão:

$$\text{N}^{\circ} \text{ de grãos m}^{-2} = \text{prod. grão (g m}^{-2}\text{)} * [1000/\text{peso de 1000 grãos secos (g)}] \quad (\text{IV})$$

Para a determinação do índice de colheita, da produção de matéria seca total (grão + palha), do número de espigas por unidade de área e do número de grãos por espiga, colheram-se 100 espigas na parte central de cada talhão.

Índice de colheita

O índice de colheita, foi obtido através da relação entre o peso do grão seco e o peso da biomassa (grão+palha) seca, através da expressão:

$$\text{Índice de Colheita} = \text{prod. grão (g m}^{-2}\text{)} / [\text{prod.grão (g m}^{-2}\text{)} + \text{prod.palha (g m}^{-2}\text{)}] \quad (\text{V})$$

Matéria seca total por unidade de área

A matéria seca por unidade de área (g m^{-2}), foi obtida através do somatório da produção de palha seca e da produção de grão seco.

Número de espigas por unidade de área

O número de espigas por metro quadrado, foi determinado a partir do peso do grão de 100 espigas e do peso do grão por metro quadrado, através da expressão:

$$\text{N}^\circ \text{ de espigas m}^{-2} = (100 * \text{peso grão m}^{-2}) / \text{peso do grão de 100 espigas} \quad (\text{VI})$$

Número de grãos por espiga

O número de grãos por espiga determinou-se a partir da relação entre o número de grãos m^{-2} e o número de espigas m^{-2} , utilizando-se a seguinte expressão.

$$\text{N}^\circ \text{ de grãos espiga} = \text{n}^\circ \text{ de grãos m}^{-2} / \text{n}^\circ \text{ de espigas m}^{-2} \quad (\text{VII})$$

3. 6. Tratamento estatístico

O tratamento estatístico do ensaio consistiu na análise de variância e no estabelecimento de equações de regressão. A análise de variância da eficácia dos tratamentos no controlo de infestantes, da produção de grão e dos componentes da produção, foi feita de acordo com o delineamento experimental do ensaio, tendo-se verificado os pressupostos da ANOVA, ou seja, as amostras são aleatórias e independentes, as populações apresentam uma distribuição normal e as variâncias populacionais são iguais. A separação de médias, foi efetuada com recurso ao teste F para um nível de significância de 5 % ($p \leq 5\%$), de acordo com o teste de separação múltipla de médias de Duncan. O programa estatístico utilizado, foi o MSTAT-C (versão 1.42)

(Michigan State University). O modelo utilizado deste programa, foi o 7. As equações de regressão, foram determinadas utilizando o programa Excel 2016 (Office 365).

4. Análise e discussão dos resultados

4. 1. Infestantes Presentes no Ensaio

O Quadro 4.1, mostra as infestantes mais representativas no ensaio e outras, que embora em menor quantidade, também se encontravam presentes, com algum significado.

Quadro 4.1. Infestantes presentes no ensaio

Infestantes mais frequentes no ensaio				
Nome Científico	Nome comum	Família	Duração do ciclo	Período de emergência
<i>Lolium rigidum</i> G.	Erva-febra	Poaceae	anual	outono-inverno
<i>Avena sterilis</i> L.	Balanço-maior	Poaceae	anual	outono-inverno
<i>Chrysanthemum segetum</i> L.	Pampilho-das searas	Asteraceae	anual	outono-inverno
<i>Lactuca serriola</i> L.	Alface-brava-menor	Asteraceae	bienal	outono-primavera
<i>Picris echioides</i> L.	Raspa-saias	Asteraceae	anual ou bienal	outono-inverno
<i>Anagallis arvensis</i> L.	Morrião	<u>Primulaceae</u>	anual	outono-primeiras semanas de primavera
<i>Echium plantagineum</i> L.	Soagem	<u>Boraginaceae</u>	anual	outono-inverno
<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	Saramago	<u>Brassicaceae</u>	anual	outono-inverno
<i>Rumex conglomeratus</i> Murray	Labaga	<u>Polygonaceae</u>	vivaz	outono-inverno
<i>Daucus carota</i> L.	Cenoura-brava	<u>Apiaceae</u>	bienal	outono-inverno
Outras infestantes presentes no ensaio				
<i>Cynodon dactylon</i>	Gramma	Poaceae	vivaz	primavera - início do verão
<i>Silybum marianum</i> (L.) Gaertn	Cardo-leiteiro	<u>Asteraceae</u>	bienal	outono-inverno
<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.	Funcho	<u>Apiaceae</u>	vivaz	outono-inverno
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Corriola	<u>Convolvulaceae</u>	vivaz	final do inverno-início da primavera
<i>Fumária officinalis</i> L.	Erva moleirinha	<u>Papaveraceae</u>	anual	outono-inverno
<i>Sinapis alba</i> L.	Mostarda-dos-campos	<u>Brassicaceae</u>	anual	outono-inverno
<i>Galium aparine</i> L.	Amor-de-hortelão	<u>Rubiaceae</u>	anual	outono-inverno
<i>Sonchus asper</i> (L). Hill	Serralha-áspera	<u>Asteraceae</u>	anual (bienal)	outono-inverno
<i>Scandix pecten-veneris</i> L.	Agulha-de-pastor	<u>Apiaceae</u>	anual	outono-inverno
<i>Eryngium campestre</i> L.	Cardo-corredor	<u>Apiaceae</u>	vivaz	outono-inverno

<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L) Medik	Bolsa-de-pastor	<u>Brassicaceae</u>	anual	outono-inverno
<i>Fallopia convulvulus</i> (L.) Á. Love	Corriola-bastarda	<u>Polygonaceae</u>	vivaz	outono-inverno

4. 2. Reinfestação no Período do Ensaio

O Quadro 4.2, mostra o número médio de infestantes contabilizadas nos talhões testemunha, desde a sementeira e aplicação dos herbicidas de pré-emergência, até 150 dias após a realização destas operações culturais. Como se pode verificar, 30 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA), a infestação era muito reduzida, tanto de *Lolium* como das infestantes dicotiledóneas, consequência da também reduzida precipitação ocorrida neste período (17,7 mm). Entre os 30 e os 60 DAA, verificou-se uma reinfestação significativa quer no *Lolium*, quer nas dicotiledóneas, consequência da precipitação ocorrida neste período (67,9 mm). No período entre os 60 os 90 DAA, verificou-se alguma reinfestação, consequência da humidade ainda existente no solo, devido à precipitação do período anterior pois, neste período, a mesma foi nula (0,0 mm). Entre os 90 e os 120 DAA constatou-se, ter havido uma ligeira reinfestação do *Lolium*, havendo também, uma redução do número de infestantes dicotiledóneas, consequência da precipitação nula no período anterior e da baixa precipitação ocorrida neste período (17,9 mm), o que terá conduzido à morte de muitas destas infestantes, devido ao “stress” hídrico. No último período (120-150 DAA), não se verificou já qualquer reinfestação do *Lolium*, mas a elevada precipitação que se verificou neste período (127,9 mm) originou uma reinfestação bastante significativa das infestantes dicotiledóneas, principalmente as de germinação mais tardia como a *Lactuca serriola* (alface-brava-menor), a *Anagallis arvensis* (morrião) e a *Convulvulus arvensis* (corriola) mas também, da infestante monocotiledonea *Cynodon dactylon* (grama), uma infestante gramínea vivaz.

Quadro 4.2. Nº médio de infestantes contabilizadas nos talhões testemunha

Período (dias)									
30		60		90		120		150	
<i>Lol.</i>	Dicot.	<i>Lol.</i>	Dicot.	<i>Lol.</i>	Dicot.	<i>Lol.</i>	Dicot.	<i>Lol.</i>	Dicot.
15	7	71	220	82	233	87	188	87	214

Quadro 4.3. Fases de desenvolvimento da cultura, do *Lolium* e das infestantes dicotiledóneas, nos diferentes períodos após a aplicação dos herbicidas de pré-emergência (DAA - dias após a aplicação)

Dias Após a Aplicação (DAA)	Fases do desenvolvimento		
	Cultura	<i>Lolium</i>	Dicotiledóneas
30	entre a primeira folha aberta e as 2 folhas abertas (estádios 11 e 12 da escala de Zadoks).	entre a 1ª folha cotiledonar e a 2ª folha	entre as 2 folhas cotiledonares e a 3ª folha.
60	praticamente toda emergida, encontrando-se entre as fases de 2 e 5 folhas abertas, estádios 12 e 15 da escala de Zadoks,	entre as duas folhas e o início do afilhamento	as de germinação mais tardia estavam na fase de 3-4 folhas e as de germinação mais precoce, na fase de 6-8 folhas.
90	apresentava sintomas de “stress hídrico”, estando na fase de 5-6 folhas abertas (estádios 15 e 16 da escala de Zadoks), com cerca de 30 %, na fase inicial do afilhamento (estádio 21 da escala de Zadoks).	fase entre as 3 folhas e o início do afilhamento, encontrando-se já algumas plantas, a meio do afilhamento.	as de germinação mais tardia estavam na fase de 3-4 folhas e as de germinação mais precoce, na fase de 6-10 folhas.
120	encontrava-se com um fraco afilhamento, havendo mais de 40%, que ainda não tinha afilhado, encontrando-se cerca de 30% no início do encanamento (estádio 31 da escala de Zadoks).	maior parte (70 a 80%) apresentava-se entre o meio e o final do afilhamento, havendo algumas plantas ainda no início do afilhamento.	as de germinação mais tardia encontravam-se na fase de 5-6 folhas e as de germinação mais precoce, na fase de 8-12 folhas.
150	encontrava-se na fase de cariopse aquosa (estádio 71 da escala de Zadoks),	entre o afilhamento completo e o alongamento dos entrenós, havendo já algumas plantas no início da floração.	as de germinação mais tardia encontravam-se entre as 6 e as 8 folhas e as de germinação mais precoce entre as 12 e as 16 folhas, havendo já algumas, no início da floração.

Quadro 4.4. Fases de desenvolvimento da cultura, do *Lolium* e das infestantes dicotiledóneas, antes da aplicação do herbicida de pós-emergência (1ª contagem) e 2,5 meses após a aplicação (2ª contagem)

Período de aplicação	Cultura	<i>Lolium</i>	Dicotiledóneas
Antes da aplicação	encontrava-se na fase de 4-5 folhas abertas (estádios 14-15 da escala de Zadoks),	entre as 3 folhas e o início do afilhamento	entre as 2 folhas cotiledonares e as 6 folhas.
Dois meses e meio depois da aplicação	encontrava-se na fase de cariopse aquosa (estádio 71 da escala de Zadoks)	entre o afilhamento completo e o alongamento dos entrenós, havendo já algumas plantas no início da floração.	as de germinação mais tardia encontravam-se entre os 3 e 4 pares de folhas e as de germinação mais precoce entre os 6 e os 8 pares de folhas, encontrando-se já algumas plantas no início da floração.

4. 3. Eficácia dos Tratamentos no Controlo das Infestantes

4. 3. 1. Eficácia dos herbicidas de pré-emergência no controlo do *Lolium*

Quadro 4.5. Eficácia (%) dos herbicidas de pré-emergência no controlo do *Lolium rigidum* G.

Tratamentos	Período (dias)				
	30	60	90	120	150
T1	98,2	83,0	86,9	84,8	86,1
T2	98,4	95,6	92,6	92,5	92,3
T3	98,2	82,0	89,4	85,5	83,8
T4	98,0	90,6	91,5	91,6	89,9

Pode verificar-se (Quadro 4.5 e anexo I), que em todos os períodos após a aplicação dos herbicidas de pré-emergência, não se verificaram diferenças significativas na eficácia do controlo do *Lolium rigidum* G. entre os diferentes tratamentos, não obstante a elevada

eficácia para todos eles, no período entre a aplicação e os 30 dias. Esta alta eficácia neste período, poderá ter ficado a dever-se não só ao efeito do prossulfocarbe, que é a substância ativa indicada para o controlo desta infestante, mas também, ao facto da densidade de infestantes de *Lolium* ter sido bastante reduzida neste período, como foi anteriormente referido. Após este período, verificou-se uma redução da eficácia de todos os tratamentos no controlo do *Lolium*. Contudo, o tratamento T2, onde se aplicou a dose mais alta de prossulfocarbe (3200 g s.a. ha⁻¹) manteve em todos os períodos, uma eficácia acima dos 90 %, sendo até aos 60 dias, superior a 95 %. Em todos os períodos, a mistura de diflufenicão com o prossulfocarbe (tratamentos 3 e 4) não teve efeito significativo no controlo do *Lolium rigidum*. Os resultados obtidos parecem estar de acordo com Cirujeda e Taberner (2010), os quais referem uma alta eficácia do herbicida prossulfocarbe no controlo do *Lolium rigidum* G. em Espanha e com Zand *et al.* (2007) que, aplicando duas doses diferentes de prossulfocarbe (2400 e 3200 g s.a. ha⁻¹) constataram, que a eficácia na redução da população de diversas infestantes monocotiledóneas, incluindo o *Lolium rigidum* foi superior a 80 %, não havendo diferenças significativas entre as duas doses de aplicação. Também, Andersen *et al.* (2020), aplicando a dose de 2400 g s.a. ha⁻¹ de prossulfocarbe, obtiveram num dos ensaios realizados, uma redução do peso fresco foliar de *Lolium multiflorum* de 73 % e em outro ensaio, uma redução de 93 %.

4. 3. 2. Eficácia dos herbicidas de pré-emergência no controlo das infestantes dicotiledóneas

Quadro 4.6. Eficácia (%) dos herbicidas de pré-emergência no controlo das infestantes dicotiledóneas

Tratamentos	Período (dias)				
	30	60	90	120	150
T1	79,2	33,3 d	41,5 c	48,6 c	33,4 c
T2	91,7	64,5 c	73,8 b	65,8 b	49,6 b
T3	91,7	77,6 b	90,4 a	82,1 a	74,7 a
T4	98,4	93,2 a	94,9 a	91,0 a	83,7 a

Os valores seguidos pela mesma letra ou letras, não são significativamente diferentes para um nível de 1% (p≤1%)

Como se pode observar pelo Quadro 4.6 e anexo II, no período entre aplicação dos herbicidas e os 30 dias, não se verificaram diferenças significativas na eficácia do controle das infestantes dicotiledóneas entre tratamentos, não obstante uma menor eficácia do tratamento 1, o qual corresponde à dose mais baixa de prossulfocarbe (1600 g s.a. ha⁻¹). Tal como em relação ao *Lolium rigidum*, a eficácia dos tratamentos neste período, foi calculada para uma população de infestantes dicotiledóneas, bastante reduzida (Quadro 4.2). Contudo, o tratamento 4, onde se aplicou a dose mais alta da substância ativa diflufenicão (125 g s.a. ha⁻¹), obteve uma elevada eficácia, embora não significativa, em relação aos outros tratamentos. Em todos os outros períodos, a eficácia no controle destas infestantes foi bastante reduzida e significativamente menor, nos tratamentos 1 e 2, onde se aplicou apenas o prossulfocarbe, relativamente aos tratamentos 3 e 4, onde se utilizou o prossulfocarbe + diflufenicão, havendo uma diferença significativa entre estes dois últimos, apenas no período entre os 30 e os 60 dias. Constatou-se também, ter havido uma redução da eficácia no controle das infestantes dicotiledóneas nos tratamentos 2, 3 e 4, a partir dos 90 dias após a aplicação dos herbicidas. Assim, e pelos resultados obtidos, pode concluir-se que a substância ativa diflufenicão aumentou significativamente a eficácia no controle das infestantes dicotiledóneas em todos os períodos, com exceção do período entre a aplicação e os 30 dias, tendo apenas se verificado no período entre os 30 e os 60 dias, uma diferença significativa entre as duas doses aplicadas (T3 - 50 g s.a. ha⁻¹ e T4 - 125 g s.a. ha⁻¹). Os resultados obtidos neste ensaio, parecem estar de acordo com Xingxiang *et al.* (2016) os quais, aplicando o diflufenicão em pré-emergência com diferentes doses, obtiveram um controle efetivo de diversas infestantes dicotiledóneas.

4. 3. 3. Eficácia do herbicida de pós-emergência no controle do *Lolium* e das infestantes dicotiledóneas

Pelo fato de se ter realizado apenas um tratamento em pós-emergência, não foi possível realizar a análise de variância. No Quadro 4.7, apresentam-se as infestantes contabilizadas nos talhões tratados e nos talhões testemunha e no Quadro 4.8, a eficácia do tratamento no controle do *Lolium rigidum* e das infestantes dicotiledóneas, para cada uma das repetições do ensaio.

Quadro 4.7. N° de infestantes m⁻² contadas nos talhões tratados e nos talhões testemunha antes (1ª contagem) e 2,5 meses após a aplicação do herbicida (2ª contagem)

Rep.	Talhões Tratados				Talhões Testemunha			
	1ª contagem		2ª contagem		1ª contagem		2ª contagem	
	<i>Lolium</i>	Dicot.	<i>Lolium</i>	Dicot.	<i>Lolium</i>	Dicot.	<i>Lolium</i>	Dicot.
I	96	88	48	36	112	108	136	140
II	68	100	8	24	108	144	124	180
III	16	292	8	48	24	236	32	272
IV	8	200	4	44	8	228	12	256

Quadro 4.8. Eficácia (%) do tratamento de pós-emergência no controle do *Lolium rigidum* G. e das infestantes dicotiledóneas

Rep.	Infestantes	
	<i>Lolium</i>	Dicotiledóneas
I	72,0	95,5
II	82,0	100,0
III	100,0	95,9
IV	100,0	92,0
média	88,5	95,9

O Quadro 4.8, mostra uma alta eficácia do tratamento T5 [Galope® (diflufenicão + florasulame + iodossulfurão): 0,2 kg ha⁻¹ – 80 g s.a. ha⁻¹ + 4 g s.a. ha⁻¹ + 9,3 g s.a. ha⁻¹], no controle das infestantes dicotiledóneas presentes no ensaio. Em relação ao controle do *Lolium*, apesar de na média das repetições a eficácia ter sido boa, constata-se que essa mesma eficácia, foi menor nas duas repetições (I e II) onde a densidade de plantas foi maior e até bastante baixa na repetição I, a qual apresentou o maior número de infestantes de *Lolium* por unidade de área (Quadro 4.7). A elevada eficácia deste herbicida no controle das infestantes dicotiledóneas terá tido a ver com o facto das três substâncias ativas que o

compõem, estarem todas elas indicadas para o controlo destas infestantes na cultura do trigo, tal como referem Rouchaud *et al.* (1991), Krieger *et al.* (2000) e Kramer *et al.* (2012). Por sua vez, para o controlo do *Lolium*, apenas o iodossulfurão-metilo-sódio é destas três, a única substância ativa indicada (Kramer *et al.*, 2012). Uma possível justificação para a baixa eficácia verificada no controlo desta infestante, quando a sua população foi mais elevada, poderá ter sido a dose do iodossulfurão no herbicida, não ser suficiente para se obter um maior controlo, mas também, o fato de muitas plantas de *Lolium* poderem encontrar-se sob “stress” hídrico, aquando da aplicação, o que poderá ter conduzido a essa baixa eficácia. Segundo Besacon (2020) as plantas sob “stress” (falta ou excesso de água) aquando da aplicação do herbicida ou antes deste ser adequadamente translocado, não serão devidamente controladas.

4. 4. Produção de Grão nos Tratamentos de Pré-emergência e no de Pós-emergência

Quadro 4.9. Produção de grão (g m⁻²)

Tratamentos					
T0	T1	T2	T3	T4	T5
121,1 d	145,6 c	166,1 b	160,6 b	177,8 a	117,6 d
Fatores	G.L.	Valor de F	Q. médio	Valor de K (probab.)	
Tratamentos	5	9,0852	2420,327	0,0004	
Repetições	3	11,2948	3008,970	0,0004	
Erro	15	-	266,403	-	

Coefficiente de Variação = 11,02 %

Tratamentos: Os valores seguidos pela mesma letra ou letras, não são significativamente diferentes para um nível de probabilidade de 1 %, pelo teste de separação múltipla de médias de Duncan

A baixa produtividade da cultura do trigo obtida neste ensaio, a qual foi no geral pouco superior a metade da média obtida nestes solos cartografados como Pm (2500-3000 kg ha⁻¹) em condições de sequeiro, teve a ver com a reduzida precipitação ocorrida ao longo do ciclo da cultura, tal como referimos anteriormente e a qual afetou não só

enchimento do grão, mas também o número de plantas (espigas) por unidade de área (Quadro 4.10) o que exacerbou ainda mais, a fraca competitividade do trigo, tanto em relação às infestantes monocotiledóneas, como em relação às dicotiledóneas, tal como refere Al-Chalabi (2003). Também, Abouziena *et al.* (2008) reportam, que a altura das plantas e o número de filhos, não são só fatores importantes no acréscimo do peso seco da cultura, como também no aumento da sua competitividade com as infestantes e segundo Mohammadi *et al.* (2012), a expressão final da produção em condições de “stress” hídrico depende das características das próprias plantas, da intensidade e duração do “stress” e do estágio de desenvolvimento em que se encontram.

O resultado obtido no tratamento T0 (controlo) está de acordo com o reportado por Heather *et al.* (2007) os quais referem, que a redução da produtividade do trigo devido às infestantes, pode variar entre 30 e 50 % e às vezes, acima de 70 %, dependendo das espécies presentes e da sua quantidade e, com Kumar *et al.* (2011), os quais sugerem, que não controlar as infestantes na cultura do trigo, pode significar uma perda de produtividade nesta cultura, superior a 66 %.

Como se pode observar no Quadro 4.9, foi o tratamento T4 [Taisen + Batuta (prossulfocarbe + diflufenicão): 2 L ha⁻¹ + 0,25 L ha⁻¹ – 1600 g s.a. ha⁻¹ + 125 g s.a. ha⁻¹ (pré-emergência)], o que obteve uma maior e significativa produção de grão por unidade de área. Por sua vez, o tratamento Testemunha (T0) e o tratamento T5 [Galope (diflufenicão + florasulame + iodossulfurão): 0,2 kg ha⁻¹ – 80 g s.a. ha⁻¹ + 4 g s.a. ha⁻¹ + 9,3 g s.a. ha⁻¹ (pós-emergência)], foram os que significativamente menor produtividade obtiveram. Dos tratamentos de pré-emergência, foi o T1 [Taisen (prossulfocarbe): 2 L ha⁻¹ – 1600 g s.a. ha⁻¹] o que menos significativamente grão produziu por unidade de área, não se tendo verificado diferenças significativas entre os Tratamentos T2 [Taisen (prossulfocarbe): 4 L ha⁻¹ – 3200 g s.a. ha⁻¹] e T3 [Taisen + Batuta (prossulfocarbe + diflufenicão): 2 L ha⁻¹ + 0,10 L ha⁻¹ – 1600 g s.a. ha⁻¹ + 50 g s.a. ha⁻¹].

A maior e significativa produtividade do tratamento T4 em relação aos outros tratamentos de pré-emergência, terá sido consequência de uma maior eficácia deste tratamento no controlo das infestantes dicotiledóneas, a qual foi significativamente maior em todos os períodos, relativamente aos tratamentos T1 e T2 e aos 60 dias, relativamente ao tratamento T3 (Quadro 4.6). Após os 60 dias, a eficácia do tratamento T4 no controlo das infestantes dicotiledóneas continuou a ser maior que no tratamento T3, embora a

diferença não tivesse sido significativa, mas provavelmente suficiente, para conduzir a uma maior e significativa produção de grão por unidade de área.

Se se correlacionar a produção de grão por unidade de área com a eficácia no controlo das infestantes, verifica-se que essa correlação não foi significativa relativamente ao *Lolium* (Figura 4.1), mas significativa em relação às infestantes dicotiledóneas (Figura 4.2), ou seja, a produtividade da cultura dependeu da eficácia dos herbicidas de pré-emergência no controlo das dicotiledóneas, mas não do controlo do *Lolium rigidum* G. Contudo, se se correlacionar a produção de grão por unidade de área com a eficácia média do controlo do *Lolium* e das infestantes dicotiledóneas, verifica-se um aumento do coeficiente de determinação, ou seja, um aumento da significância da correlação (Figura 4.3).

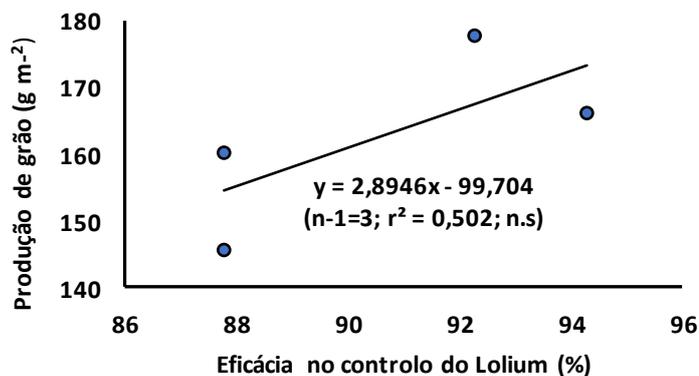


Figura 4.1. Relação entre a eficácia dos herbicidas de pré-emergência no controlo do *Lolium* e a produção de grão por unidade de área

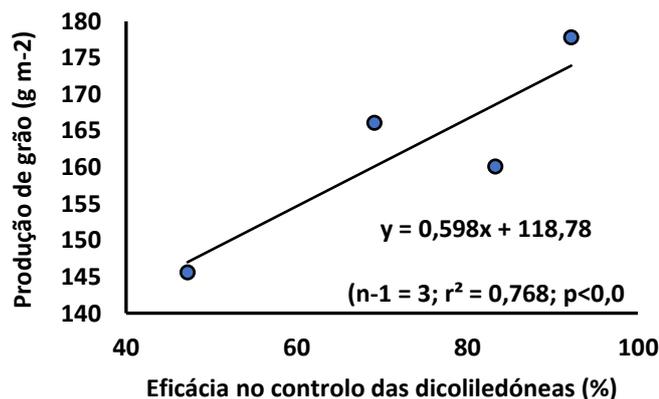


Figura 4.2. Relação entre a eficácia dos herbicidas de pré-emergência no controlo das infestantes dicotiledóneas e a produção de grão por unidade de área

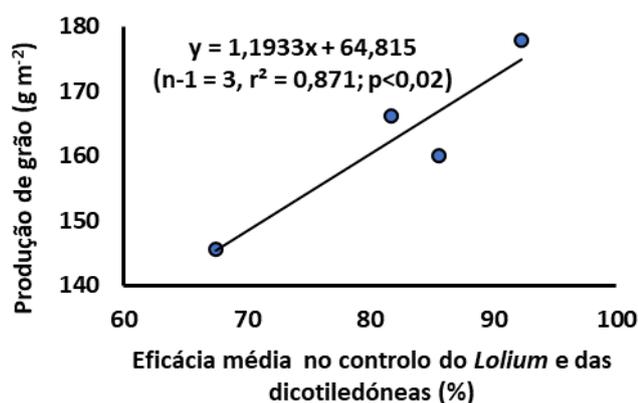


Figura 4.3. Relação entre a eficácia média no controlo do *Lolium* e das infestantes dicotiledóneas e a produção de grão por unidade de área

4. 4. 2. Produção de grão no tratamento de pós-emergência

Como se pode observar no Quadro 4.9, o tratamento T5 [Galope[®] (diflufenicão + florasulame + iodossulfurão): 0,2 kg ha⁻¹ – 80 g s.a. ha⁻¹ + 4 g s.a. ha⁻¹ + 9,3 g s.a. ha⁻¹] obteve uma produção de grão significativamente menor que qualquer um dos tratamentos de pré-emergência e inclusive produziu menos que o tratamento T0 (Controlo), embora não significativamente, apesar de um excelente controlo das infestantes dicotiledóneas e

um bom controlo do *Lolium* (Quadro 4.8). Uma justificação possível para este resultado obtido, poderá ter sido o fato do herbicida ter causado toxicidade na cultura, a qual estaria em “stress” hídrico na altura da aplicação, reduzindo a sua capacidade de afilamento e consequentemente o número de espigas e o número de grãos por unidade de área, que foram os dois componentes que se relacionaram positiva e significativamente com a produção de grão por unidade de área, como veremos mais adiante no Quadro 4.10, o que estará de acordo com Agostinetto *et al.* (2008) segundo os quais, o momento da aplicação de herbicidas de pós-emergência no trigo é fundamental, de forma a diminuir ou evitar eventuais problemas de fitotoxicidade na cultura.

4. 5. Componentes da Produção, Matéria Seca Total e Índice de Colheita

Segundo Blum (2011), a determinação dos componentes da produção poderá ser importante como conhecimento adicional sobre a expressão da resistência à seca da cultura do trigo, em termos de produtividade.

Como se pode verificar no Quadro 4.10, o peso de mil grãos foi significativamente maior no tratamento T5, consequência do significativamente menor número de grãos por unidade de área. Tal como a produção de grão por unidade de área (Quadro 4.9), também a produção de matéria seca total, foi significativamente maior no tratamento T4. O menor e significativo número de espigas por unidade de área, nos tratamentos T0 e T5, conduziu também, a um menor e significativo número de grãos por unidade de área, destes dois tratamentos. Não se verificaram diferenças significativas no número de grãos por espiga, nem no índice de colheita, entre tratamentos.

Quadro 4.10. Efeito dos diferentes tratamentos nos componentes da produção, na matéria seca total e no índice de colheita

Parâmetros Tratamentos	Peso mil grãos (g)	Nº de grãos m⁻²	Matéria seca total (g m⁻²)	Nº de espigas m⁻²	Nº de grãos por espiga	Índice de colheita
T0	34,8 c	3486 d	291,6 d	129 c	27	0,415
T1	34,7 c	4209 c	357,2 c	144 b	30	0,407
T2	36,2 b	4602 b	414,5 b	168 a	28	0,402
T3	36,3 b	4446 c	391,1b	165 a	27	0,410
T4	36,4 b	4893 a	439,0 a	173 a	28	0,405
T5	38,7 a	3070 e	285,3 d	115 c	27	0,422

Os valores seguidos pela mesma letra ou letras, não são significativamente diferentes para um nível de probabilidade de 5 %, pelo teste de separação múltipla de médias de Duncan

4. 6. Relação Entre a Produção de Grão e os Componentes da Produção

Quando se correlacionam os componentes da produção, com a produção de grão na cultura, verificou-se que essa correlação foi altamente significativa, relativamente ao número de espigas por unidade de área (Figura 4.4) e ao número de grãos por unidade de área (Figura 4.5), não sendo significativa, para o peso de 1000 grãos (Figura 4.6), número de grãos por espiga (Figura 4.7) e índice de colheita (Figura 4.8). Verificou-se também, uma correlação positiva e altamente significativa, entre a produção de matéria seca total e a produção de grão por unidade de área (Figura 4.9).

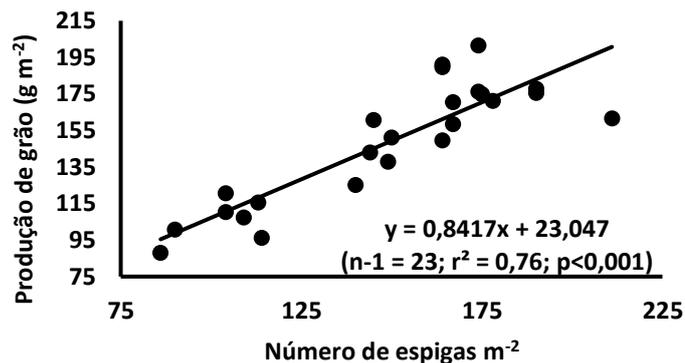


Figura 4.4. Relação entre o número de espigas por unidade de área e a produção de grão por unidade de área

A correlação positiva e altamente significativa obtida entre o número de espigas m⁻² e a produção de grão por unidade de área (Figura 4.4) está de acordo com Moral *et al.* (2003) os quais afirmam, que o número de espigas por unidade de área influencia predominantemente a produção de grão por unidade de área, em condições ambientais de temperaturas mais altas e com Metho *et al.* (1998), os quais referem ser o número de espigas por unidade de área, um componente da produção, muito importante. Também, Shamsi *et al.* (2011), mostraram ser o número de espigas por unidade de área, um componente muito importante na definição da produção na cultura do trigo.

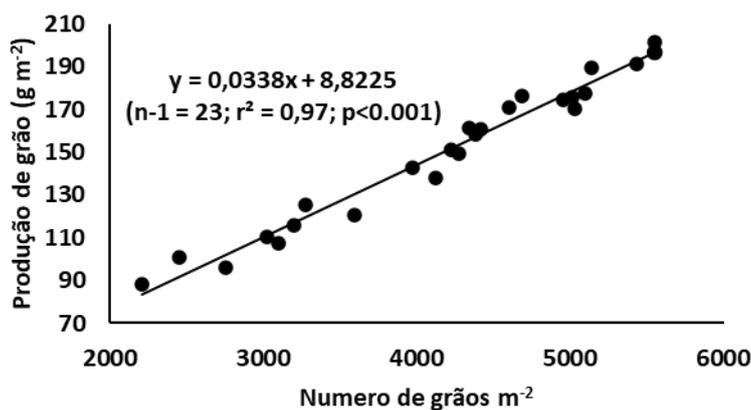


Figura 4.5. Relação entre o número de grãos por unidade de área e a produção de grão por unidade de área

Também, a correlação entre o número de grãos por unidade de área e a produção de grão por unidade de área foi altamente significativa (Figura 4.5).

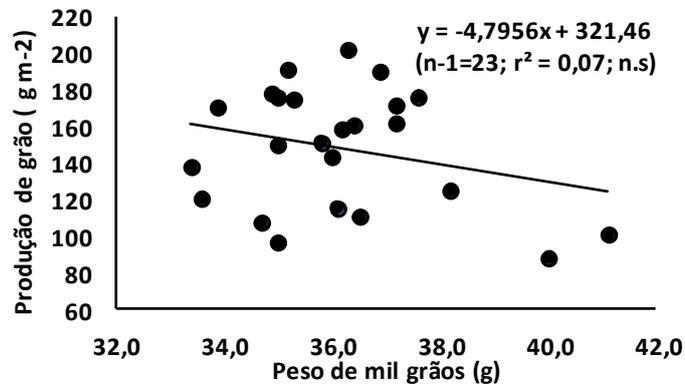


Figura 4.6. Relação entre o peso de mil grãos e a produção de grão por unidade de área

Contrariamente ao número de espigas por unidade de área e ao número de grãos por unidade de área, a correlação entre o peso de mil grãos e a produção de grão por unidade de área não foi significativa, o que está de acordo com Slafer *et al.* (2014) os quais reportam, que o número de grãos por metro quadrado dão um contributo maior para a produção de grão por unidade de área, que o peso médio do grão, em cultivares modernas de trigo, o que contraria o referido por Mollasadeghi *et al.* (2011), que referem ter o peso de mil grãos, um efeito positivo na produção de grão da cultura do trigo. Contudo, os resultados obtidos estarão de acordo com Moral *et al.* (2003), os quais reportam, que a produção de grão na cultura do trigo é determinada principalmente pelo peso médio do grão, mas em temperaturas mais frescas, que não as temperaturas do clima Mediterrânico.

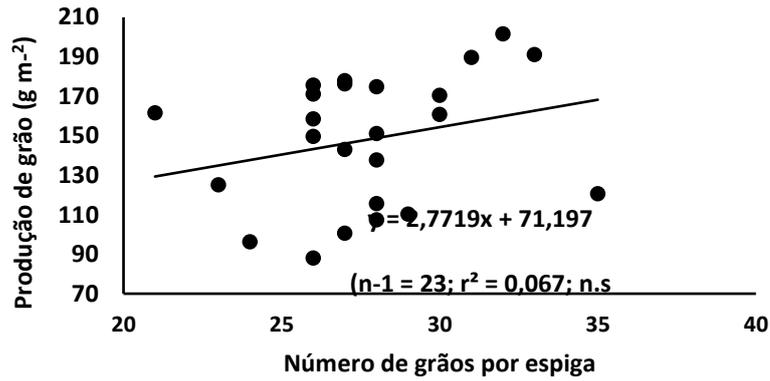


Figura 4.7. Relação entre o número de grãos por espiga e a produção de grão por unidade de área

Verificou-se uma correlação não significativa entre número de grãos por espiga e a produção de grão, por unidade de área (Figura 4.7). Estes resultados contrariam os obtidos por Moral *et al.* (2003) os quais referem, ter o número de grãos por espiga um contributo significativo para a produção de grão, principalmente em condições de “stress” hídrico e também os resultados obtidos por Shamsi *et al.* (2011), que mostraram ser o número de grãos por espiga um dos componentes mais importantes na definição da produção na cultura do trigo. Contudo, Denčić *et al.* (2000), referem que o número de grãos por espiga, é um dos componentes da produção mais sensíveis ao “stress” hídrico.

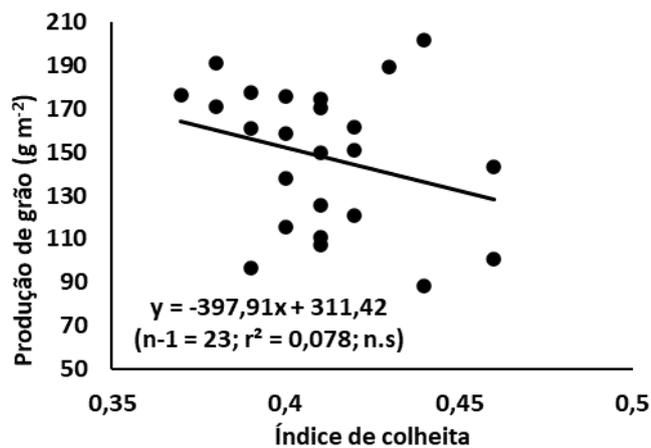


Figura 4.8. Relação entre o índice de colheita e a produção de grão por unidade de área

O índice de colheita, reflete a repartição de assimilatos entre o grão e a parte vegetativa da planta. Pela Figura 4.8 podemos constatar, que a correlação entre o índice de colheita e a produção de grão por unidade de área, não foi significativa, o que contraria os resultados obtidos por Leilah e Al-Khateeb (2005) e Ghaderi *et al.* (2009), os quais obtiveram uma correlação positiva, entre estes dois parâmetros. Por sua vez, Sharma *et al.* (1987) obtiveram uma inconsistência nos coeficientes de correlação entre o índice de colheita e a produção de grão de trigo, em diferentes ambientes, o que sugere e, segundo os mesmos autores, que ambos (índice de colheita e produção de grão), são significativamente afetados pelas alterações ambientais.

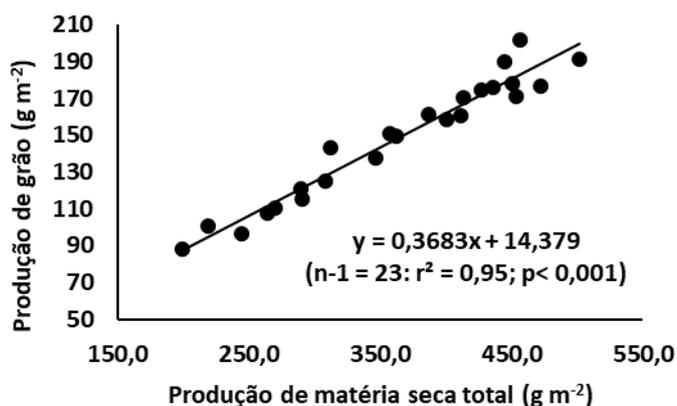


Figura 4.9. Relação entre a produção de matéria seca total por unidade de área e a produção por unidade de área

A correlação entre a produção de matéria seca total e a produção de grão por unidade de área, foi altamente significativa (Figura 4.9), o que está de acordo com Mollasadeghi *et al.* (2011) os quais referem, ter a produção de matéria seca, um efeito direto e positivo na produção de grão na cultura.

5. Conclusões

No presente trabalho estudou-se o efeito de duas substâncias ativas de pré-emergência no controle do *Lolium rigidum* e infestantes dicotiledóneas na cultura do trigo, no caso o prossulfocarbe e o diflufenicão e, também, o efeito de três substâncias ativas aplicadas em pós-emergência, sendo elas o iodossulfurão-metilo-sódio, o florasulame e o próprio diflufenicão, as quais fazem parte do herbicida comercial Galope®. O prossulfocarbe é a substância ativa do herbicida comercial Taisen® EC 800 e o diflufenicão, a substância ativa do herbicida comercialmente designando de Batuta®. Pelos resultados obtidos e para as condições em que se realizou o ensaio, pode concluir-se que o prossulfocarbe é eficaz no controle no *Lolium rigidum* Gaudin, aumentando a sua eficácia embora não significativamente, quando se aumenta a dose de aplicação de 1600 para 3200 g s.a. ha⁻¹. Contrariamente, qualquer uma destas doses de prossulfocarbe revelou uma baixa eficácia no controle das infestantes dicotiledóneas presentes no ensaio. Quando se misturou o prossulfocarbe com o diflufenicão, aumentou-se significativamente a eficácia no controle das infestantes dicotiledóneas, principalmente para a dose mais alta desta última substância ativa (125 g s.a. ha⁻¹). Assim, pode concluir-se que quando se aplicar o herbicida Taisen® EC 800 será necessário também, aplicar um herbicida de pós-emergência na cultura do trigo para controlar as infestantes dicotiledóneas, o mesmo não sucedendo, caso se aplique a mistura dos herbicidas Taisen® EC 800 e Batuta®. O herbicida de pós-emergência estudado (Galope®) revelou ser eficaz no controle do *Lolium rigidum* e muito eficaz no controle das infestantes dicotiledóneas, mas devido provavelmente a efeitos de toxicidade na cultura, isto não se refletiu a nível da produtividade desta. Tratando-se apenas de um ano de ensaio e realizado em condições climáticas difíceis para o trigo, consequência da baixa precipitação ocorrida, o que conduziu a cultura a longos períodos de “stress” hídrico e, conseqüentemente, a uma produtividade muito inferior à média em condições de sequeiro, pensamos ser necessário mais anos de ensaios para se poder chegar a conclusões definitas e, as quais, possam ser transmitidas com segurança ao utilizador final, ou seja, ao agricultor.

6. Referências Bibliográficas

- ABOUZIENA, H.F., SHARARA, A.A.F., EL-DESSOKI, E.R. (2008). Efficacy of cultivar selectivity and weed control treatments on wheat yield and associated weeds in sandy soils. *World Journal of Agricultural Sciences*, 4(3): 384-389. ISSN: 1817-304.
- AGOSTINETTO, D., RIGOLI, R.P., SCHAEGLER, C.E., TIRONI, S.P., SANTOS, L.S. (2008). Período crítico de competição de plantas daninhas com trigo. *Planta Daninha*, 26 (2): 271- 278. DOI: 10.1590/S0100-83582008000200003.
- AL-CHALABI, F.T. (2003). Biological response of the wheat to control weeds with Diclofop-methyl herbicide alternating with 2, 4-D and its effect in the grain yield. *Journal of Iraqi Agricultural Sciences*, 34(1): 89-100.
- ANDREASEN, C., HØGH, K.L., JENSEN, S.M. (2020). The Effect of Foliar and Soil Application of Flufenacet and Prosulfocarb on Italian Ryegrass (*Lolium multiflorum* L.) Control. *Agriculture*, 10(11), 552-563. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture10110552>.
- ANDREW, I. K. S., STORKEY, J., SPARKES, D. L. (2015). A review of the potential for competitive cereal cultivars as a tool in integrated weed management. *Weed Research*, 55(3): 239-248. DOI: <https://doi.org/10.1111/wre.12137>.
- ARMEL, G.R., RARDON, P.L., MCCOMRICK, M.C., FERRY, N.M. (2007). Differential response of several carotenoid biosynthesis inhibitors in mixtures with atrazine. *Weed Technology*, 21 (4): 947–953. DOI: <https://doi.org/10.1614/WT-06-133.1>.
- ASHTON, I.P., ALBUNAJA, K.O., PALLET, K.E., COLE, D.J., HARWOOD, J.L. (1992). Diflufenican, a carotenogenesis inhibitor, also reduces acyl lipid synthesis. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 43 (1): 14-21. DOI: [https://doi.org/10.1016/0048-3575\(92\)90014-Q](https://doi.org/10.1016/0048-3575(92)90014-Q).
- BAILLY, G.C. (2011). Effectiveness of prosulfocarb-based treatments for the control of sensitive and herbicide 330 resistant *Lolium* spp. populations. PhD thesis, Imperial College London, UK. 2011. Available online: 331 <https://spiral.imperial.ac.uk/handle/10044/1/9468> [Accessed October 11, 2018]. 332 15.
- BAILLY, G.C., DALE, R.P., ARCHER, S.A., WRIGHT, D.J., KAUNDUN, S.S. (2012): Role of residual herbicides for the management of multiple herbicide resistance to

- ACCCase and ALS inhibitors in a black-grass population. *Crop Protection*, 34: 96–103. DOI: 10.1016/j.cropro.2011.11.017.
- BAPTISTELLA, J.L.C. (2022). *Lavoura – Aegro*, Blog da Aegro para negócios rurais, Piracicaba, São Paulo, Brasil.
- BARROS, J. F., C., BASCH, G., CARVALHO, M. (2005). Effect of reduced doses of a post-emergence graminicide mixture to control *Lolium rigidum* G. in winter wheat under direct drilling in Mediterranean environment. *Crop Protection*, 24 (10): 880-887. DOI: <http://hdl.handle.net/10174/2135>.
- BARROS, J., CALADO, J. (2020). Rotação de herbicidas em trigo para prevenir a resistência das infestantes em condições Mediterrânicas. *Revista de Ciências Agrárias*, 43(1): 3-13. DOI: <https://doi.org/10.19084/rca.19169>.
- BECKIE, H.J., REBOUD, X. (2009) – Selecting for Weed Resistance: Herbicide Rotation and Mixture. *Weed Technology*, 23(3): 363-370. DOI: <https://doi.org/10.1614/WT-09-008.1>.
- BESACON, T. (2020). Weather conditions and herbicide performances. Temperature and herbicide Performance. *Plant & Pest Advisory*. Rutgers University, New Jersey Agricultural, Experiment Station, Pesticide User Responsibility.
- BLACKSHAW, R.E., Anderson, R.L., Lemerle, D. (2007). Cultural weed management. In *Nonchemical weed management: Principles, concepts and technology*, Upadhyaya, M.K. e Blackshaw, R.E. (eds.), pp. 1-15. CABI Publishing.
- BLANCO, H. E., OLIVEIRA, D. A., ARAÚJO, J. B. M., GRASSI, N. (1973). Observações sobre o período em que as plantas daninhas competem com a soja. *O Biológico*, 39: 31-35.
- BIUM, A. (2011). *Plant Breeding for Water-Limited Environments*. New York: Springer Science+Business Media, LLC. DOI: 10.1007/978-1-4419-7491-4.
- BRIGHENTI, A.M., CASTRO, C., OLIVEIRA Jr, R.S., SCAPIM, C.A., VOLL, E., GAZZIERO, D.L.P. (2004). Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do girassol. *Planta Daninha*, 22 (2). DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582004000200012>.
- CAMPBELL, J., MALLORY-SMITH, C., HULTING, A.G., WEBER, C.E. (2011) – Herbicide-Resistant Weeds and Their Management. PNW 437, University of Idaho, Oregon State University, Washington State University, p. 1-6.

- CARDOSO, J.V.C., (1965) - Os solos de Portugal: sua classificação e gênese: I. A sul do rio Tejo. Direção Geral dos Serviços Agrícolas. 1ª ed. p. 112-115.
- CHAUDHARY, S.U., HUSSAIN, M., ALI, M.A. (2008). Effect of weed competition period on yield and yield components of wheat. *Journal of Agricultural Research*, 46(1): 47-53. ISSN: 0368-1157.
- CIRUJEDA, A. TABERNER, A. (2010). Chemical control of herbicide-resistant *Lolium rigidum* Gaud. in north-eastern Spain. *Pest Management Science*, 66(12): 1380–1388. DOI: 10.1002/ps.2031.
- DANG, H.T., MALONE, J.M., GILL, G., PRESTON, C. (2018). Cross-resistance to diflufenican and picolinafen and its inheritance in oriental mustard (*Sisymbrium orientale* L.). *Pest Management Science*, 75 (1): 195–203: DOI 10.1002/ps.5087.
- DAYAN, F.E., OWENS, D.K., CORNIANI, N., SILVA, F.M.L., WATSON, S.B., HOWELL, J.L., SHANER, D.L. (2015). Biochemical markers and enzyme assays for herbicide mode of action and resistance studies. *Weed Science*, 63 (Special issue), 23–63. DOI: <https://doi.org/10.1614/WS-D13-00063.1>.
- DENČIĆ, S., KASTORI, R., KOBILJSKI, B., DUGGAN, B. (2000) Evaluation of grain yield and its components in wheat cultivars and landraces under near optimal and drought conditions. *Euphytica* 113 (1), 43–52. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1003997700865>.
- DEVAULT, D.A., GUILLEMIN, J.P., MILLET, M., EYMERY, F., HULIN, M., MERLO, M. (2019). Prosulfocarb at center stage! *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 61–67 (2019). DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06928-8>.
- EL-HAMID, M. M. A., HASSANEIM, E.E., SHEBL, S.M. (1998). Weed wheat competition in the Nile delta. *Assiut Journal of Agricultural Sciences*, 29(3): 105-113.
- EVANS, J. A., TRANEL, P.J., HAGER, A.G., SCHUTTE B., WU, C., CHATHAM, L.A., DAVIS A.S. (2016) Managing the evolution of herbicide resistance. *Pest Management. Science.*, 72 (1): 74-80, DOI: 10.1002/ps.4009.
- FELDMAN, M. (1976). Wheats, *Triticum* spp. (Grasminae-Triticinal). In *Evolution of Crop Plants*. Pp. 120-128. Simmonds, N.W. (ed). Longman, London.
- FINNEY, D.M. e CREAMER, N.G. (2008). *Weed Management on organic farms*. Center for environmental farming systems, North Carolina, USA. 33 pp.

- FROUD-WILLIAMS, R. J. (1987). Changes in weed flora with different tillage and agronomic management systems. In (Altieri, M A., & Liebman, M., eds.) Weed management in Agroecosystems: Ecological Approaches: 217-18. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- GABA, S., CARNEILL, J., NICOLARDOT, B., PERRONNE, R., BRETAGNOLLE, V. (2018). Crop competition in winter wheat has a higher potential than farming practices to regulate weeds. *Ecosphere*, 9(10): 1-17. DOI: <https://doi.org/10.1002/ecs2.2413>.
- GALLANDT, E.R., WEINER J. (2015). Crop–weed competition. In eLS. Wiley. DOI: <https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0020477.pub2>.
- GARCÍA-TORRES, L., FERNÁNDEZ-QUINTANILLA, C. (1991). Fundamentos sobre malas hierbas y herbicidas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentation & Ediciones Mundi-Prensa. 348 pp.
- GHADERI, M.G., ZEINALIKHANGHAH, H., HOSSEINZADEH, A.H., TALEEI, A.R., NAGHAVI, M.R. (2009). Evaluation of relationships between grain yield, yield components and the other characteristics associated with grain yield in bread wheat using multivariate statistical analysis. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 7(2):573-582. <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=192105>.
- GHAFOOR, A., SADIQ, M. (1991). Critical period of weed crop competition in winter. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 12 (1): 13-17.
- HAMMOOD, W.F., SAFI A, S.M. (2018). Effect of weed competition in the characteristics of growth and yield and its components of wheat crop *Triticum aestivum* L.; A mini review. *Journal of Research in Ecology* 6(1): 1637-1646. ISSN n°: Print: 2319-1546: Online:2319-1554.
- HASHEM, A., RADOSEVICH, S.R., ROUSH, M.L. (1998). Effect of proximity factors on competition between winter wheat (*Triticum aestivum*) and Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*). *Weed Science*, 46 (2): 181–190. <https://www.jstor.org/stable/4045934>.
- HASHIMOTO, H., URAGAMI, C., COGDELL, R.J. (2016). Carotenoids and photosynthesis, in *Carotenoids in Nature: Biosynthesis, Regulation and Function*, ed. by Stange C. Springer International Publishing, Cham, pp. 111–139.

- HAYNES, C., KIRKWOOD, R.C. (1992) – Studies on the mode of action of diflufenican in selected crop and weed species: basis of selectivity of pre- and early post-emergence applications. *Pesticide Science*, 35 (2): 161-165. DOI: <http://doi.org/10.1002/ps.2780350210>.
- HEAP, I. (2014). Global perspective of herbicide-resistant weeds. *Pest Management Science*, 70 (9): 1306-1315. Doi: 10.1002/ps.3696.
- HEAP, I.M. (2020). International Survey of Herbicide Resistant Weeds-Weedscience.org. Available online: <http://www.weedscience.org/>.
- HEATHER, E.M., NAVABI, A., FRICK, B.I., O'DONOVAN J.T., SPANER, D.M. (2007). The weed-competitive ability of Canada western red spring wheat cultivars grown under Organic Management. *Crop Sciences*, 47(3): 1167-1176. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2006.09.0566>.
- HILLOCKS, R.J. (2012). Farming with fewer pesticides: EU pesticide review and resulting challenges for UK agriculture. *Crop Protection*, 31(1): 85–93. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2011.08.008>.
- HOSKINS, A., YOUNG, B., KRAUSZ, R., RUSSIN, J. (2005). Control of Italian Ryegrass (*Lolium multiflorum*) in Winter Wheat. *Weed Technology*, 19(2), 261-265. Doi:10.1614/WT-03-118R3.
- IBRAHIM, M., SHAFI, M., ANWAR, S.A., KHAN, M.A., LATIF, S.M. (1991). Role of weeds in reducing crop yield and nutrients uptake. Absts. 3rd All Pak. Weed, Sci. Conference on NWFP Agricultural University Peshawar, Pakistan, October 16-17.
- INE (2020). Produção de cereais- Evolução dos principais indicadores nacionais.
- INE (2022). Grau de autoaproveitamento do trigo (1990-2021).
- JURSÍK, M., SOUKUP, J., HOLEC, J., ANDR, J. (2011) Herbicide mode of actions and symptoms of plant injury by herbicides: inhibitors of very long chain fatty acid biosynthesis. *Listy Cukrovarnicke a Reparske*, 127(1):15–19. ISSN: 1210-3306.
- KACZMAREK, S., MATYSIAK, K. (2015). Application of reduced doses of chlorsulfuron in semidwarf and full-height cultivars of winter triticale. *Journal of Plant Protection Research* 55(1), 8–15. DOI: <https://doi.org/10.1515/jppr-2015-0002>.
- KAUR, E., SHARMA, R., SINGH, N.D. (2018). Efficacy of pre-emergence and post emergence herbicides on weed control and yield in wheat. *International Journal of*

- Current Microbiology and Applied Sciences 7(2), 883–887. DOI: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.702.111>.
- KHAN, M. A., HASSAN, G., SHAH, W.A. AFRIDI, M.Z. (2002). Duration effect of weed competition on the yield and yield components of wheat. *Sarhad Journal of Agriculture*, 18(3): 335-337. ISSN: 1016-4383.
- KIELOCH, R., KUCHARSKI, M. (2012). Weed species response to two formulations of iodosulfuron methyl sodium and amidosulfuron mixture applied at various environmental conditions. *Polish Journal of Agronomy*, 8 (8): 15-19. ISSN:2578-2703.
- KIELOCH, R., SADOWSKI, J., DOMARADZKI, K. (2013). Aminoacid content and biomass productivity of selected weed species as an indicator of their response to herbicide stress. *Acta Agrobotanica* 66(13): 81-88. DOI: 10.5586/aa.2013.041.
- KOZLOWSKI, L. A. (2002). Período crítico de interferência das plantas daninhas na cultura do milho baseado na fenologia da cultura. *Planta Daninha*, 20(3): 365-372. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582002000300006>.
- KRAMER, W., SCHIRMER, U., JESCHKE, P. (2012). *Modern Crop Protection Compounds*, 2nd, Revised and Enlarged Edition, 3 Volume Set, 1-3, 1608 p. ISBN: 978-3-527-64417.
- KRIEGER, M.S., PILLAR, F., OSTRANDER, J.A. (2000): Effect of temperature and moisture on the degradation and sorption of florasulam and 5-hydroxyflorasulam in soil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48 (10): 4757–4766. DOI: 10.1021/jf000009k.
- KUMAR, S., Angiras, N.N., RANA, S.S. (2011). Bio-efficacy of clodinafop-propargyl + metsulfuron-methyl against complex weed flora in wheat. *Indian Journal of Weed Science*, 43(3-4):195-198. ISSN: 0253-8040.
- KYNDT, C.F.A.; TURNER, M.T.F.; ROGNON, J. (1985). Diflufenican - a new herbicide for use in winter cereals. *Proceedings: British Crop Protection Conference, Weeds*, 1, 29-34. DOI: <https://eurekamag.com/research/001/336/001336488.php>.
- LEILAH, A.A., AL-KHATEEB, S.A (2005). Statistical analysis of wheat yield under drought conditions. *Journal of Arid Environments*, 61(3):483-496. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2004.10.011>.

- MAMNOIE, E., KARAMINEJAD, M. R. (2020). Evaluation Time and Rate Application of Prosulfocarb Herbicide in the Weed Control of Wheat. *Journal of Crop Production*, 13 (1): 51-56. DOI: 10.22069/EJCP.2020.17165.2269.
- MANCUSO, M.A.C., NEGRISOL, E., PERIN, L. (2011). Efeito residual de herbicidas no solo (“Carryover”). *Revista Brasileira de Herbicidas*, 10 (2): 151-164. DOI: 10.7824/rbh. V10i2.106.
- MENNE, H.J., LABER, B., KERLEN, D., BEFFA, R. (2012). Effectiveness of flufenacet in controlling resistant black-grass (*Alopecurus myosuroides* Huds.)-Comparison of glasshouse and field trial results. *Julius-Kühn-Archiv*, 434, 401–408.
- MESSELHÄUSER, M.H, SAILE, M., SIEVERNICH, B. GERHARDS, R. (2020). Effect of cinmethylin against *Alopecurus myosuroides* Huds. in winter cereals. *Plant, Soil and Environment*, 67(1): 46–54. DOI: <https://doi.org/10.17221/586/2020>.
- METHO, L.A., HAMMES, P.S., BEYERS, E.A. (1998). The effect of soil fertility on the contribution of main stem, tillers and kernel position to grain yield and grain protein content of wheat. *South African Journal of Plant and Soil*, 15 (2): 53-60. DOI: 10.1080/02571862.1998.10635117.
- MOHAMMADI, M., SHARIFI, P., KARIMIZADEH, R., SHEFAZADEH, M. K. (2012). Relationships between Grain Yield and Yield Components in Bread Wheat under Different Water Availability (Dryland and Supplemental Irrigation Conditions). *Notulae Botanicae Horti*
- MOLLASADEGHI, V., IMANI, A.A., SHAHRYARI, R., KHAYATNEZHAD, M. (2011). Correlation and path analysis of morphological traits in different wheat genotypes under end drought stress condition. *Mid-East Journal Scientific Research*, 7(2): 221-224. ISSN 1990-9233.
- MONQUERO, P.A., BINHA, D.P., SILVA, A.C., SILVA, P.V., AMARAL, L.R. (2008). Eficiência de herbicidas pré-emergentes após períodos de seca. *Planta Daninha*, 26 (1): 185-193. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582008000100019>.
- MORAL, L.F.G., RHARRABTI, Y., VILLEGAS, D., ROYO, C. (2003). Evaluation of Grain Yield and Its Components in Durum Wheat under Mediterranean Conditions. *Agronomy Journal*, 95 (2): 266-274. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2003.2660>.
- MOREIRA, I., MONTEIRO A. (2004). *Cadernos de Herbologia 2*. Instituto Superior de Agronomia, Lisboa. ISBN: 972-98085-0-3.

- NAKKA, S., JUGULAM, M., PETERSON, D., ASIF, M. (2019). Herbicide resistance: Development of wheat production systems and current status of resistant weeds in wheat cropping systems. *The Crop Journal*, 7(6): 750-760. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cj.2019.09.004>.
- NIEKAMP, J.W., JOHNSON, W.G. (2001). Weed management with sulfentrazone and flumioxazin in no-tillage soybean (*Glycine max*). *Crop Protection*, 20(3): 215-220. DOI: 10.1016/S0261-2194(00)00129-0.
- NIETO, H.J., BRONDO, M.A., GONZALEZ, J.T. (2009). Critical periods of the crop growth cycle for competition from weeds. *Pest Articles & News Summaries. Section C. Weed Control*, 159-166. DOI: <https://doi.org/10.1080/05331856809432576>.
- O'DONOVAN JT. (1988). Wild oat (*Avena fatua* L.) infestation and economic returns influenced by frequency of control. *Weed Technology*, 2(4): 495-498. <https://www.jstor.org/stable/3987386>.
- PACANOSKI, Z., MEHMETI, A. (2018). Post herbicide programme for effective weed control in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agronomy Research* 16(4), 1796-1808. DOI: <https://doi.org/10.15159/AR.18.177>.
- PACANOSKI, Z., MEHMETI, A. (2019). Pre-emergence grass weed control in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) with soil applied premixed herbicides influenced by precipitations. *Agronomy Research* 17(6), 2386–2398. DOI: <https://doi.org/10.15159/AR.19.198>.
- PELTONEN-SAINIO, P., KANGAS, A., SALO, Y., JAUHAINEN, L. (2007). Grain number dominates grain weight in temperate cereal yield determination: evidence based on 30 years of multilocation trials. *Field Crops Research* 100 (2-3): 179–188. DOI: [10.1016/j.fcr.2006.07.002](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.07.002).
- PILIPAČIUS, V. (2012). Herbicides in Winter Wheat of Early Growth Stages Enhance Crop Productivity, *Herbicides – Properties, Synthesis and Control of Weeds*. Dr. Mohammed Nagib Hasaneen (Ed.), ISBN: 978-953-307-803-8, In Tech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/herbicides-properties-synthesis>
- PITELLI, R.A. (1985). Interferência das plantas daninhas nas culturas agrícolas. *Informe Agropecuário*, 11(29): 16-27.

- RADOSEVICH, S., HOLT, J., GHERSA, C. Weed ecology. (2015). Implications for vegetation management. 2.ed. New York: Wiley. 589
<https://lib.ugent.be/catalog/rug01:000419516>.
- RAJPUT, M.J., KALWAR, G.N., RAJPUT, F.K. (1987). Effect of duration of weed competition period on growth and yield of wheat. Proc. Pak-Indo-US – Weed Control Workshop, NARC, Islamabad, Pakistan, March, 11-14, p. 55-59. ISBN: 969-409-053-9.
- RICHARD, M., EDMUND, JR., YORK, A.C. (1987). Effects of rainfall and temperature on postemergence control of Sicklepod (*Cassia obtusifolia*) with Imazaquin and DPX-F6025. *Weed Science* 35 (2): 231-236. DOI: <https://doi.org/10.1017/S004317450007911X>.
- ROUCHAUD, J., GUSTIN, F., VAN HIMME, M., BULCKE, R., BENOIT, F., MADDENS, K. (1991). Metabolism of the herbicide diflufenican in the soil of field wheat crops. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 39(5): 968-976. DOI: 10.1021/jf00005a034.
- SALAS, R.A., BURGOS, N.R., MAUROMOUSTAKOS, A. (2013). Resistance to ACCase and ALS inhibitors in *Lolium perenne* ssp. Multiflorum in the United States. *Journal of Crop and Weed*, 9(1): 168–183.
- SANTOS, J.C., MENDES, M.C., ROSÁRIO, J. G. (2015). Effect of application time of sulfonylurea herbicides to control annual ryegrass in wheat crops. *Revista Brasileira de Herbicidas*, 14(2): 117-127. DOI: <http://dx.doi.org/107824/rbh.v14i2.284>.
- SARDANA, V., MAHAJAN, G., JABRAN, K., CHAUHAN, B. C. (2017). Role of competition in managing weeds: an introduction to the special issue. *Crop Protection*, 95: 1– 7. DOI: 10.1016/j.cropro.2016.09.011.
- SHAD, R. A., KHAN, B.R., ZIAUDDIN, M. (1986). Studies on techniques for improved weed management in wheat. Annual Conf. Indian Soc. Weed Sci. p. 185.
- SHAMSI, K., PETROSYAN, M., NOOR-MOHAMMADI, G., HAGHPARAST, A., KOBRAEE, S., RASEKHI, B. (2011). Differential agronomic responses of bread wheat cultivars to drought stress in the west of Iran. *African Journal of Biotechnology*, 10(14): 2708-2715. DOI: 10.5897/AJB10.1133.

- SHARMA, R.C., SMITH, E.L., MCNEW, R.W. (1987). Stability of Harvest Index and Grain Yield in Winter Wheat. *Crop Science* 27 (1): 104-108. <https://doi.org/10.2135/cropsci1987.0011183X002700010026x>
- SILVA, M. R. M., DURIGAN, J. C. (2006). Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura do arroz de terras altas. I – Cultivar IAC 202. *Planta Daninha*, 24(4): 685-694. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582006000400009>.
- SLAFER, G.A., SAVIN, R., SADRAS, V.O. (2014). Coarse and fine regulation of wheat yield components in response to genotype and environment. *Field Crops Research* 157, 71–83. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.12.004>.
- STICKLER, R.L., KNAKE, E.L., HINESLY, T.D. (1969). Soil moisture and effectiveness of pre-emergence herbicides. *Weed Science*, 17 (2), 257–259. <https://www.jstor.org/stable/i385966>.
- TANJI, A., BOUTFIRASS, M. (2018). Effective Preemergence Herbicides for Rigid Ryegrass (*Lolium rigidum* Gaud.). Control in Irrigated Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Agricultural Science*, 10 (4): 79-85. DOI: 10.5539/jas.v10n4p79.
- TOMLIN, C.D.S. (2003). *The Pesticide Manual: A World Compendium*. 13th Edition, British Crop Protection Council, Alton Hampshire.
- TRAVLOS, I.S., LYSANDROU, M., APOSTOLIDIS, V. (2014). Efficacy of the herbicide GF-2581 (penoxsulam + florasulam) against broadleaf weeds in olives. *Plant Soil Environment*, 60 (12): 574-579. DOI: <https://doi.org/10.17221/7110/2014-PSE>.
- VARGAS, L., ROMAN, E.S. (2008). *Manual de Manejo e Controle de Plantas Daninhas*. 1 ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 780p.
- VASCONCELLOS, J. C., COUTINHO, M. C. P., FRANCO, J. A. (1969) - Noções sobre a morfologia externa das plantas superiores. *Direção-Geral dos Serviços Agrícolas*. 227 pp.
- VESTER, J. (1988) - Flame cultivation for weed control - 2 year's results. In (Cavalloro, R. & El Titi, A. eds.). *Weed control in vegetable production*: 153-167. Proc. Meeting EC Expert's group/Stuttgart, 28-31 October 1986. A. A. Balkema. Rotterdam.
- WALKER, R. h. (1995). Preventive weed management. In (Smith, A. E., ed.) *Handbook of weed management systems*: 35-50. Marcel Dekker, Inc. 741 pp.

- XINGXIANG, G., JIANYONG, L., LIMEI, FENG, F., JIAN, L., JUNSHAN, Q. (2016). Weed Control effect of diflufenican and its safety to wheat glasshouses. *Acta Phytophylacica Sinica*, 43(2): 329-335. ISSN: 0577-7518.
- ZADOKS, J.C., CHANG, T.T., KONZAK, C.F. (1974) – A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14 (6): 415-421. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1974.tb010>.
- ZAND, E., BAGHESTANI, M.A., SOUFIZADEH, S., ESCANDI, A., AZAR, R.P., VEYSI, M., MOUSAVI, K., BARJASTEH, A. (2007). Evaluation of some newly registered herbicides for weed control in wheat (*Triticum aestivum* L.) in Iran. *Crop Protection*, 26(9): 1349-1358. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.10.011>.
- ZELLER, A.K., KAISER, Y.I., GERHARDS, R. (2018) Suppressing *Alopecurus myosuroides* Huds. in Rotations of Winter-Annual and Spring Crops. *Agriculture* 8(7): 91- 101. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture8070091>.

Anexo I. Valores dos quadrados médios, probabilidade, erro e coeficiente de variação da eficácia dos tratamentos no controlo do *Lolium rigidum* G, par os diferentes períodos.

Período (dias)		Origem da variação		Coeficiente de variação (%)
		Tratamentos	Erro	
30	Graus de liberdade	3	9	3,17
	Quadrado médio	0,110	9,677	
	Probabilidade	(n.s)	-	
60	Graus de liberdade	3	9	14,32
	Quadrado médio	166,376	157,923	
	Probabilidade	0,4155 (n.s)	-	
90	Graus de liberdade	3	9	16,01
	Quadrado médio	25,186	208,039	
	Probabilidade	(n.s)	-	
120	Graus de liberdade	3	9	10,10
	Quadrado médio	64,102	80,004	
	Probabilidade	(n.s)	-	
150	Graus de liberdade	3	9	11,03
	Quadrado médio	57,356	94,303	
	Probabilidade	(n.s)	-	

n.s – diferença não significativa

Anexo II. Valores dos quadrados médios, probabilidade, erro e coeficiente de variação da eficácia dos tratamentos no controlo das infestantes dicotiledóneas para os diferentes períodos.

Período (dias)		Origem da variação		Coeficiente de variação (%)
		Tratamentos	Erro	
30	Graus de liberdade	3	9	16,40
	Quadrado médio	257,517	218,978	
	Probabilidade	0,3720 (n.s)	-	
60	Graus de liberdade	3	9	13,37
	Quadrado médio	2587,889	80,654	
	Probabilidade	0,0000 (*)	-	
90	Graus de liberdade	3	9	9,14
	Quadrado médio	2345,712	47,123	
	Probabilidade	0,0000 (*)	-	
120	Graus de liberdade	3	9	19,04
	Quadrado médio	1393,137	187,177	
	Probabilidade	0,0083 (*)	-	
150	Graus de liberdade	3	9	19,43
	Quadrado médio	2142,043	137,293	
	Probabilidade	0,0007 (*)	-	

n.s – diferença não significativa

* corresponde a diferenças significativas para $p \leq 0,01$

Anexo III. Valores dos quadrados médios, probabilidade, erro e coeficiente de variação dos componentes da produção, do índice de colheita e da matéria seca total

	Origem da variação		Coeficiente de Variação (%)
	Tratamentos	Erro	
Graus de liberdade	5	15	
Peso de mil grãos (g)	8,554 0,0044 (***)	1,545	3,44
Nº de grãos m⁻²	1959020,742 0,0003 (***)	203925,208	10,97
Matéria seca total (g m⁻²)	16326,659 0,0012 (***)	2231,548	13,01
Nº de espigas m⁻²	2203,367 0,0389 (**)	701,500	17,83
Nº de grãos por espiga	5,500 (n.s)	10,589	11,73
Índice de Colheita	0,000 0,3066 (n.s)	0,001	6,44

* Corresponde a diferenças significativas para $p \leq 0,1$

** Corresponde a diferenças significativas para $p \leq 0,05$

*** Corresponde a diferenças significativas para $p \leq 0,01$

n.s – não significativo