

9 - 3 | 2021

Eficácia de herbicidas em pós-emergência do milho (*Zea mays L.*)

Efficacy of post-emergence herbicides in maize (Zea mays L.)

Eficacia de herbicidas de postemergencia en maíz (Zea mays L.)

Artur Amaral | Tiago Reis

Electronic version

URL: <https://revistas.rcaap.pt/uiips/> ISSN: 2182-9608

Publisher

Revista UI_IPSantarém

Printed version

Date of publication: 31st December 2021 Number of pages: 13

ISSN: 2182-9608

Electronic reference

Amaral, A. & Reis, T. (2021). *Eficácia de herbicidas em pós-emergência do milho (Zea mays L.)* Revista da UI_IPSantarém. *Edição Temática: Ciências Naturais e Ambiente*. 9 (3), 65-77. <https://revistas.rcaap.pt/uiips/>

EFICÁCIA DE HERBICIDAS EM PÓS-EMERGÊNCIA DO MILHO (*ZEa MAYS L.*)

Efficacy of post-emergence herbicides in maize (*Zea mays L.*)

Eficacia de herbicidas de postemergencia en maíz (*Zea mays L.*)

Artur Amaral

Escola Superior Agrária de Santarém, Portugal

artur.amaral@esa.ipsantarem.pt | 0000-0002-0668-6731 | 661B-9E3E-6B50

Tiago Reis

Escola Superior Agrária de Santarém, Portugal

tiago.reis@esa.ipsantarem.pt

RESUMO

O milho é a cultura arvense com maior superfície cultivada em Portugal. O controlo eficaz das infestantes constitui um dos principais fatores para o seu sucesso. Instalou-se um ensaio em 12 parcelas de 18m², aleatórias (Santarém) com o objetivo de avaliar a eficácia de três substâncias ativas em pós-emergência (Dicamba, Mesotriona e Piridato - DMP) conjugada com e sem aplicação “Humigel B” (HB) face a uma testemunha (T) sem qualquer aplicação. Determinou-se a biomassa das infestantes e plantas, os componentes do rendimento e a produtividade. A produtividade foi superior em DMP (15 235 kg/ha) e DMP+HB (15 893 kg/ha) em relação à T. O não controlo das infestantes (T) afetou a produtividade em cerca de 31%. Não se registaram diferenças de produtividade entre DMP e DMP+HB. O número de grãos por espiga foi afetado, mas não o peso de mil grãos, embora este tenha sido ligeiramente inferior na T. O peso seco das plantas em T foi significativamente inferior aos tratamentos com aplicação de herbicida.

Palavras-chave: controlo de infestantes, época de aplicação, herbicidas, produtividade, *Zea mays L.*,

ABSTRACT

Maize is the field crop with the largest cultivated area in Portugal. Effective weed control is one of the main factors for its success. A trial in completely random plots (Santarém) was installed with the objective of evaluating the efficacy of three active substances in post-emergence (Dicamba, Mesotrione and Pyridate - DMP) conjugated with and without application of “Humigel B” (HB) and a control (T) with any treatment. The biomass of weeds and plants at the end of the cultural cycle was determined, as well as yield and productivity components. Yield was higher in DMP (15 235 kg/ha) and DMP+HB (15 893 kg/ha). Not controlling weeds (T) affected yield by about 31%. There were no differences in productivity between DMP and DMP+HB. The number of grains per ear was affected, but not the thousand-grain weight, although this was slightly lower in T. Plant dry weight in T was significantly lower than treatments with herbicide application.

Keywords: application timing, herbicide, weeds control, yield, *Zea mays L.*,

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é um dos cereais com maior relevância em termo mundiais, sendo o terceiro em importância após o trigo e o arroz (FAO, 2021), tanto em termos económicos como em área ocupada anualmente. Em Portugal, o milho para grão ocupou uma área de 68 759 ha e de 47 171 ha de milho para silagem, perfazendo um total de 115 930 ha semeados em 2019 e uma área semeada estimada de 112 698 ha em 2020 (IFAP/DRACA, 2021), sendo de longe a cultura arvense com mais expressão em Portugal.

O controlo eficaz das infestantes constitui um dos principais fatores para o seu sucesso. A competição pelos nutrientes, água, luz e outros requisitos essenciais, levada a cabo pelas infestantes, pode representar perdas importantes na produtividade da cultura de milho (Tagour e Mosaad, 2017). Gao et al (2018), reportam perdas médias de 29,2% no rendimento, sempre que o controlo de infestantes não é efetuado. Gharde et al., 2018 referem perdas potenciais de 34%, sendo este valor mais significativo do que os prejuízos atribuídos a pragas e doenças, de 18% e 16% respetivamente.

Por outro lado, para alcançar maiores níveis de produtividade, tem-se recorrido à irrigação, limitando o stress hídrico das plantas. Os sistemas de irrigação têm evoluído no sentido de aumentar a eficiência e otimizar a utilização da água administrada. Atualmente, uma das opções de irrigação utilizadas na cultura do milho é a rega localizada, com a instalação de fita de rega (Couto et al., 2013) tal como ocorre na região do Vale do Tejo, em que alguns produtores utilizam rega localizada, sendo esta colocada ao longo das linhas, com um afastamento de 1,5m entre si. Este sistema, pelo facto de ser instalado após a sementeira e emergência da cultura, apresenta a dificuldade da administração dos herbicidas, uma vez que grande parte das substâncias ativas utilizadas para o controlo de infestantes necessitam de humidade para alcançarem a eficácia esperada. A instalação da rega localizada não assegura um fornecimento de água homogéneo em toda a área de cultivo, uma vez que está dimensionada para suprir as necessidades hídricas da cultura com a racionalização máxima de custos, sendo geralmente instalada uma fita de rega por cada duas linhas (Bozkurt et al., 2006; Firouzabadi et al., 2021). Torna-se assim relevante a utilização de herbicidas específicos, cujo modo de ação seja maioritariamente de contacto e tenham um prolongado efeito residual. O espetro de infestantes atingidas e a eficácia de controlo varia de substância e dose aplicada (Nurse et al., 2010), (Cortet et al., 2002), com consequente impacto na produtividade atingida.

A utilização de pesticidas em geral, e os herbicidas em particular, podem influenciar negativamente o ambiente devido ao facto de usualmente apenas uma parte dos produtos alcançarem o alvo que se pretende atingir, enquanto a maior parte é perdida através da sua dissipação e processos de transferência, tais como a lixiviação, volatilização, degradação, fotólise (Delcour et al., 2015; Woodrow et al., 2018). Vários instrumentos têm sido projetados para reduzir o impacto negativo da aplicação dos herbicidas, nomeadamente, o desenvolvimento de substâncias bioativas (Galán-Jiménez, et. al., 2020), a utilização da nanotecnologia (Gogos et al. 2012; Shang et al., 2019) e a utilização de pesticidas encapsulados em micelas e vesículas presentes em solução, os quais são posteriormente adsorvidos por minerais de argila (Undabeytia, et al., 2012). A utilização de fertilizantes contendo matéria orgânica na forma líquida, conjugada com a aplicação de herbicidas, poderá contribuir para o aumento da eficácia da sua aplicação, para além de atenuar o impacto em termos ambientais, por via da sua lixiviação ou arrastamento superficial para linhas de água.

Têm sido descritas as vantagens da administração dos herbicidas o mais precocemente possível, em pré-emergência ou em pós-emergência precoce (Pannacci e Covarelli, 2009). Entre as principais conta-se: o menor volume de produtos utilizados e consequente menor risco de contaminação dos solos e aquíferos; o aumento de eficácia das substâncias ativas, quando aplicadas em estádios precoces das infestantes; a diminuição da competição exercida sobre a cultura, para estádios mais precoces do desenvolvimento das infestantes; e o facto do controlo precoce permitir uma vantagem do desenvolvimento da cultura em relação às infestantes.

Com este trabalho pretendeu-se avaliar a eficácia de três substâncias ativas de herbicidas (Dicamba, Mesotriona e Piridato - DMP) aplicados em pós-emergência à cultura do milho, na fase V4 a V6,

conjugada com e sem aplicação de “Humigel B” (HB) face a uma testemunha (T), sem qualquer aplicação de herbicida.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização

A parcela experimental foi instalada na Quinta do Galinheiro, Escola Superior Agrária de Santarém, concelho de Santarém, freguesia de S. Pedro, com as seguintes coordenadas: Latitude 39°15'03,98" N; Longitude: 8°42'04,96" W.

2.2. Caracterização do solo

O ensaio foi instalado num Cambissolo éutrico (FAO, 2006), apresentando uma textura franco-arenosa-franca contendo 84,0% de areia, 7,0% de limo e 9,0% de argila. A análise sumária revelou que se trata de um solo com um pH (H₂O) de 7,3 (reação neutra), um teor de matéria orgânica de 1,8% (médio), 330mg/kg de P₂O₅ (muito alto), 154 mg/kg de K₂O (muito alto) e 0,0% de calcário total (não calcário).

2.3. Clima e elementos meteorológicos

A região de Santarém apresenta um clima temperado, do tipo C e subtipo Csa, ou seja, clima temperado com inverno chuvoso e verão seco e quente, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger (IPMA, 2018). Na Fig. 1 apresentam-se os valores da temperatura mínima, média e máxima diária, assim como a precipitação diária, ao longo do período em que decorreu o ensaio (inícios de maio ao final do mês de setembro). Os dados apresentados foram obtidos da estação meteorológica, situada na estação da Fonte Boa, integrada na rede de estações do IPMA (IPMA, 2021).

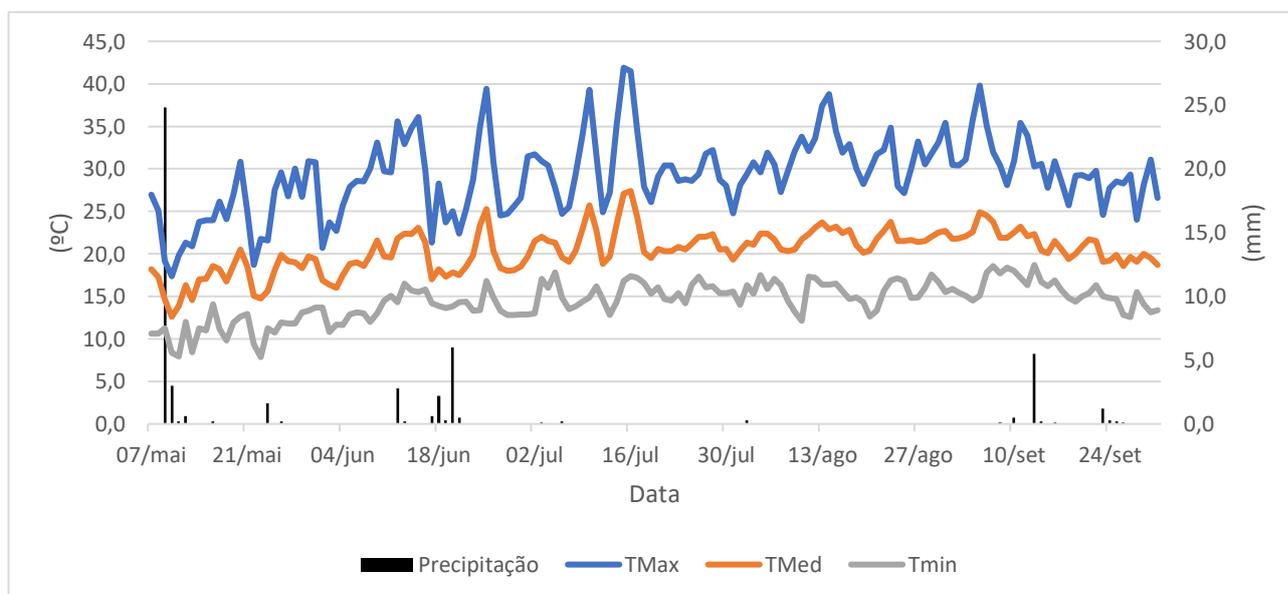


Figura 1 – Evolução dos elementos meteorológicos (temperatura máxima – Tmax, média – Tmed, mínima – Tmin) e precipitação (mm) ao longo do ciclo cultural.

Verifica-se que as temperaturas médias se situaram, na grande maioria dos dias do ciclo cultural, entre os 20 e os 25°C, situando-se entre os 15 e os 20°C, para os cerca de 30 dias do início do ciclo. A maior precipitação ocorreu logo após a sementeira, no início da primeira semana de maio. No período subsequente não se registaram valores significativos de precipitação, nomeadamente no final do mês de maio, aquando da aplicação dos tratamentos (28/05).

2.4. Caracterização da variedade

No estudo foi utilizada a variedade de milho híbrida Orpheus® de ciclo FAO300 (<https://www.syngenta.pt>). Esta variedade apresenta: estatura alta, rápido vigor inicial, elevada tolerância a fungos desolo e da maçaroca, o seu sistema radicular é forte e possui um caule robusto que lhe permite apresentar rendimentos estáveis em diferentes condições. Esta variedade é aconselhada para produção de grão e para forragem.

2.5. Dispositivo experimental e observações

O campo de ensaio foi instalado de acordo com um dispositivo experimental em parcelas aleatórias, 3 tratamentos (DMP; DMP+HB; T) com 4 repetições por tratamento, num total de 12 parcelas. Estas, foram marcadas logo após a sementeira, realizada no dia 7 de maio, tendo-se atribuído aleatoriamente cada tratamento a uma parcela com a área de 18m² constituída por 4 linhas de plantas (largura de 3m) por 6m de comprimento.

O ensaio, com apenas um fator em estudo, consistiu em comparar dois tratamentos, aplicação das substâncias ativas Dicamba, Mesotriona e Piridato (DMP) sem e com posterior aplicação de 150l/ha de matéria orgânica líquida na forma do produto comercial “Humigel B”, com uma parcela testemunha, sem qualquer aplicação de herbicida e MO líquida (Quadro 1 e Figura 2).

Quadro 1 – Abreviaturas e descrição dos tratamentos avaliados no campo experimental, com indicação das substâncias ativas, concentrações, nomes comerciais dos herbicidas e nomes comerciais.

Abreviaturas	Descrição
DMP	Dicamba (sa) 50g/L Mesotriona (1,25L/ha Calisto) + 600g/L Piridato (sa) (0,75L/ha Onix)
DMP+HB	DMP+HB – 120g/L Dicamba (sa) 50g/L Mesotriona (1,25L/ha Calisto) + 600g/L Piridato (sa) (0,75L/ha Onix) + 150L/ha Humigel B
T	T- Testemunha (sem aplicação de herbicida e Humigel B)

No dia 28 de maio (21 dias após sementeira - DAS) foi efetuada a identificação e avaliação da taxa de incidência das principais infestantes presentes no campo. Em cada uma das parcelas foram identificadas as infestantes presentes, aferindo-se, posteriormente a percentagem em cada uma delas.

No final do ciclo cultural foi avaliada a biomassa das infestantes presentes em todas as parcelas experimentais, através da recolha de amostras numa sub-parcela de 0,25m². As amostras recolhidas foram transportadas de imediato para o laboratório da ESAS, onde se procedeu à determinação, do seu peso verde e, posteriormente, do peso seco, determinado em estufa ventilada até peso constante, à temperatura de 65°C.

No dia 30 de setembro, procedeu-se à colheita de 4 plantas, escolhidas aleatoriamente em cada uma das parcelas, num total de 16 plantas por tratamento, para avaliação dos componentes do rendimento, estimativa da produtividade e repartição da matéria seca pelos componentes da planta (folhas, caules, camisas, grão e carolo).

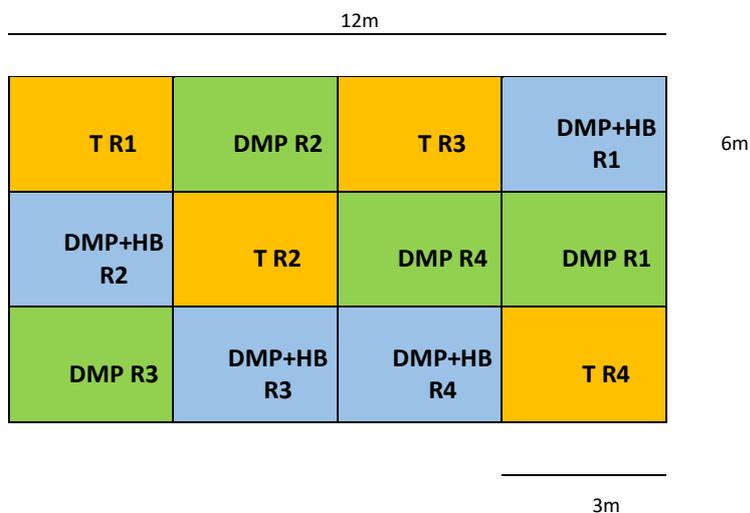


Figura 2 – Esquema do ensaio com as respectivas parcelas e repetições.

2.6. Instalação e itinerário cultural

A preparação do solo foi iniciada no dia 19 de abril, através da realização de uma escarificação com “chisel”. No dia 22 de abril foram distribuídos, através de um trator equipado com carregador frontal, cerca de 20t de estrume de bovinos. Posteriormente, no dia 4 de maio, foi efetuada uma gradagem, com grade de discos descentrada, tendo em vista a incorporação do estrume e o nivelamento do solo.

A sementeira foi realizada a 7 de maio, através de um semeador pneumático de precisão, tendo-se regulado este para uma densidade de 83 000 sementes/ha. Foi utilizada a variedade “Orpheus” de ciclo FAO300. Não foi efetuada qualquer adubação de fundo.

A fita de rega foi distribuída manualmente, em cada uma das linhas de milho, no dia 17 de maio. A primeira rega foi efetuada no dia 17 de maio.

Para além da aplicação dos tratamentos com herbicidas não foi realizado qualquer outro tratamento fitossanitário ou sacha.

Foram realizadas duas adubações de cobertura: a primeira no dia 18 de junho, através da aplicação manual de 200kg/ha de “Nitrolusal 27” e, uma segunda, no dia 7 de julho, com a aplicação de 600kg/ha do adubo “Entec26”, totalizando 210kg/ha de azoto.

3 RESULTADOS

3.1. Levantamento florístico

Na Figura 3 apresenta-se a taxa de incidência das principais infestantes identificadas no conjunto das parcelas do campo experimental, avaliada aos 21 DAS (28/05/21). Pela sua observação podemos verificar que existia um predomínio de infestantes do género *Cyperus* sp. (na quase totalidade *Cyperus rotundifolium* L.) logo seguida da *Datura stramonium* L. e da *Solanum nigrum*. O *Chenopodium album*, a milhã-pé-galo (*Echinochloa crusgalli*) bem como, a beldroega (*Portulaca oleracea*) assumiam ainda importância relevante.

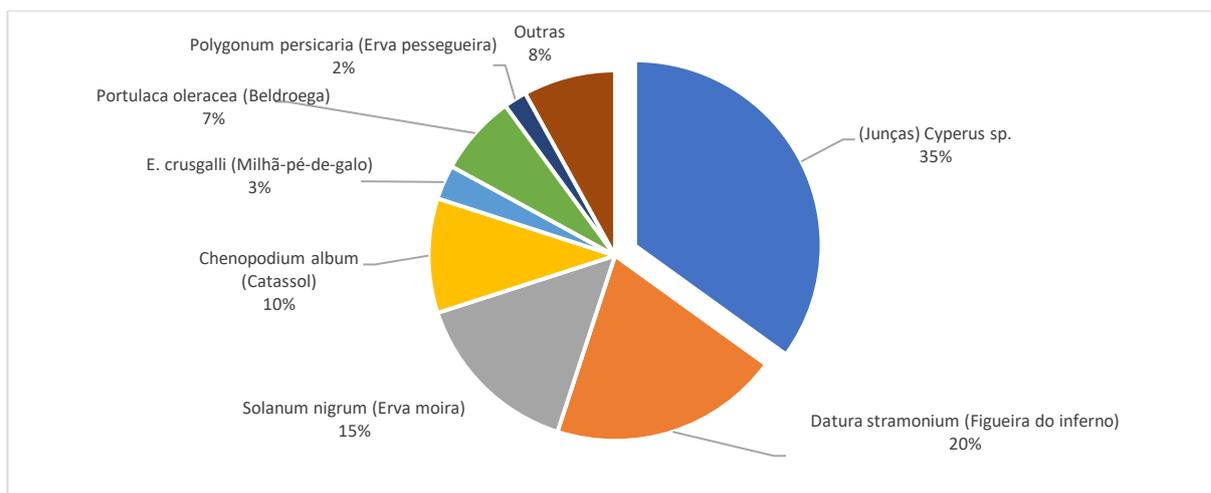


Figura 3 – Infestantes identificadas e predominância aos 21 DAS (28/05/21) anterior à aplicação dos tratamentos.

3.2. Biomassa das infestantes no final do ciclo cultural

Na Figura 4 apresenta-se o peso seco médio das infestantes por m², em cada um dos três tratamentos. Pela sua observação é possível verificar que o peso seco das infestantes foi significativamente mais elevado em T, relativamente a DMP+HB ou DMP.

A análise dos parâmetros da análise estatística pelo teste F e o cálculo da DMS pelo teste Scheffé, demonstraram que os tratamentos com herbicidas permitiram controlar as infestantes, mas não se obtiveram diferenças significativas entre DMP e DMP+HB.

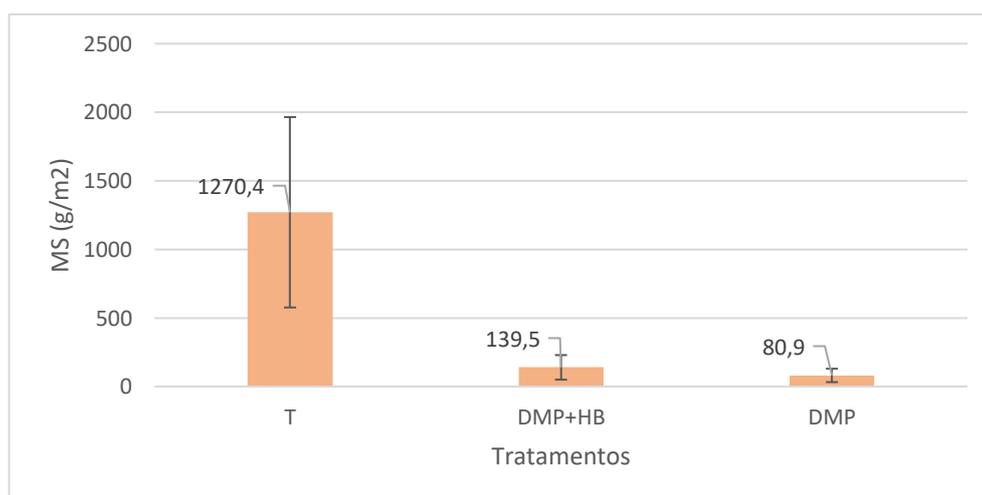


Figura 4 – Relação entre os tratamentos efetuados e a MS determinada através do peso seco das infestantes (g/m²) aos 131DAS (15/09/21). As barras verticais representam o intervalo de confiança para uma probabilidade de 95%.

Quadro 2 – Efeito dos tratamentos no *peso seco médio de infestantes no final do ciclo cultural (131DAS)*, valor do IC a 95%, valor de p da análise de variância e diferença média significativa, calculada através do teste de comparação de médias de Scheffé.

Parâmetro	Tratamentos		
	DMP	DMP+HB	T
Médias (1)	80,9 ^a	139,5a	1270,4b
IC (95%)	48,9	89,5	694,3
Valor p. Anova	0,004*** MS		
DMS (2) Scheffé	825,9		

Notas: (1) Os valores médios com a mesma letra não diferem significativamente de acordo com o teste de Scheffé. (2) DMS – Diferença Mínima Significativa. NS – Não significativo; S- Significativo; MS – Muito significativo.

3.3. Número de grãos por espiga e peso de mil grãos (PMG)

O efeito dos tratamentos no número médio de grãos por espiga é apresentado no na Fig. 5. Pela sua análise verifica-se que o tratamento T apresenta um menor número de grãos por espiga. Desta forma, considerando que o número de plantas por unidade de superfície em todos os tratamentos foi muito regular, aproximando-se dos 83 000plt/ha e que o número médio de espigas por planta foi de 1, o número de grãos por unidade de área da T foi significativamente menor, relativamente a DMP e DMP+HB (Quadro 3).

Pela análise dos dados apresentados no Quadro 4 podemos observar que os tratamentos não afetaram o PMG embora o valor médio para o tratamento T seja inferior aos tratamentos DMP e DMP+HB.

Quadro 3 – Efeito dos tratamentos no *número médio de grãos por espiga no final do ciclo cultural (131DAS)*, valor do IC a 95%, valor de p da análise de variância e diferença média significativa, calculada através do teste de comparação de médias de Scheffé.

Parâmetro	Tratamentos		
	DMP	DMP+HB	T
Médias (Nº Grãos/Esp) (1)	532,4a	535,1a	412,5b
IC (95%)	58,2	32,4	59,3
Valor p. Anova	0,0141*** MS		
DMS (2) Scheffé	108,4		

Notas: (1) Os valores médios com a mesma letra não diferem significativamente de acordo com o teste de Scheffé. (2) DMS – Diferença Mínima Significativa. NS – Não significativo; S- Significativo; MS – Muito significativo.

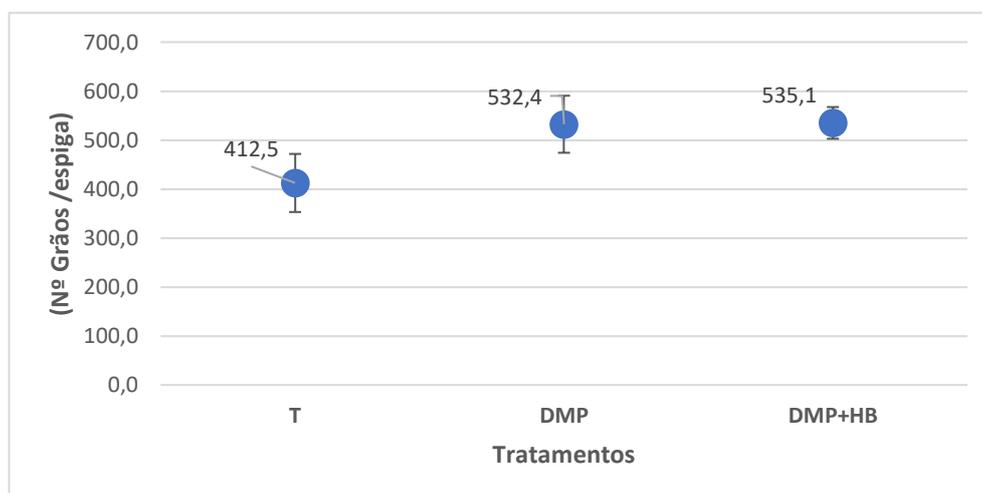


Figura 5 – Relação entre os tratamentos e o número médio de grãos por espiga. As barras verticais representam o intervalo de confiança para uma probabilidade de 95%.

Quadro 4 – Efeito dos tratamentos no PMG (131DAS), valor do IC a 95%, valor de p da análise de variância e diferença média significativa, calculada através do teste de comparação de médias de Scheffé.

Parâmetro	Tratamentos		
	DMP	DMP+HB	T
Médias (1)	362,4a	373,6a	332,8a
IC (95%)	47,9	31,8	20,5
Valor p. Anova	0,303 NS		
DMS (2) Scheffé	74,3		

Notas: (1) Os valores médios com a mesma letra não diferem significativamente de acordo com o teste de Scheffé. (2) DMS – Diferença Mínima Significativa. NS – Não significativo; S- Significativo; MS – Muito significativo.

3.4. Efeito dos tratamentos na produtividade em grão

Os tratamentos influenciaram significativamente a produtividade em grão, convertida para 14% de humidade (Figura 6 e Quadro 5).

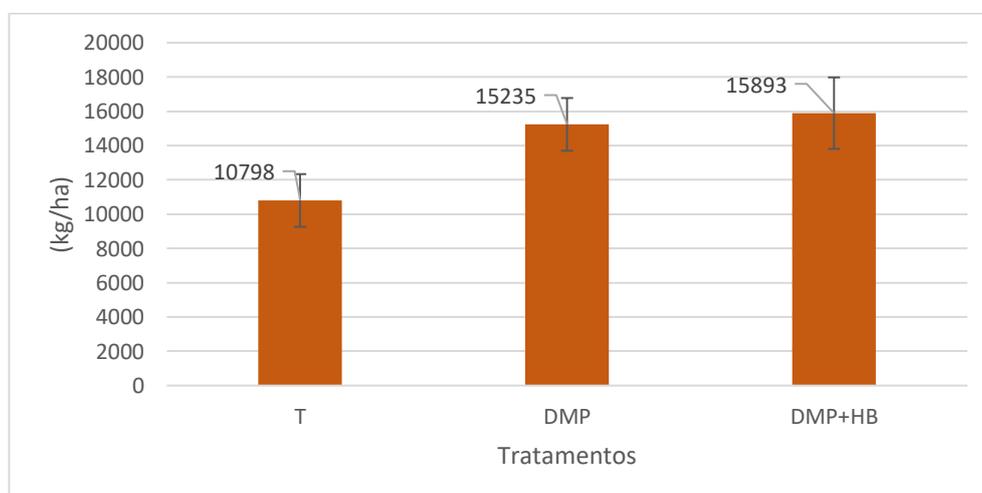


Figura 6 – Relação entre os tratamentos e a produtividade em grão ajustada a 14% de humidade. As barras verticais representam o intervalo de confiança para uma probabilidade de 95%.

Considerando os resultados apresentados em 3.3 podemos afirmar que o efeito de competição das infestantes, registada no tratamento T, na produtividade em grão se manifestou com maior intensidade no número de fiadas e fecundação das flores, ou seja, ao nível do número de grãos por unidade de superfície.

Quadro 5 – Efeito dos tratamentos na produtividade (131DAS), valor do IC a 95%, valor de p da análise de variância e diferença média significativa, calculada através do teste de comparação de médias de Scheffé.

Parâmetro	Tratamentos		
	DMP	DMP+HB	T
Médias (1)	15 235a	15 893a	10 798b
IC (95%)	1 538	2 085	1 538
Valor p. Anova	0,0056*** MS		
DMS (2) Scheffé	3 662		

Notas: (1) Os valores médios com a mesma letra não diferem significativamente de acordo com o teste de Scheffé. (2) DMS – Diferença Mínima Significativa. NS – Não significativo; S- Significativo; MS – Muito significativo.

3.5. Peso seco total da planta

Observou-se que o peso seco total da planta foi afetado pelos tratamentos, apresentando as plantas da T um menor peso, relativamente a DMP e DMP+HB (Figura7). No entanto não é possível afirmar que os valores entre DMP+HB e T sejam estatisticamente significativos, utilizando o teste de comparação de médias de Scheffé (Quadro 6).

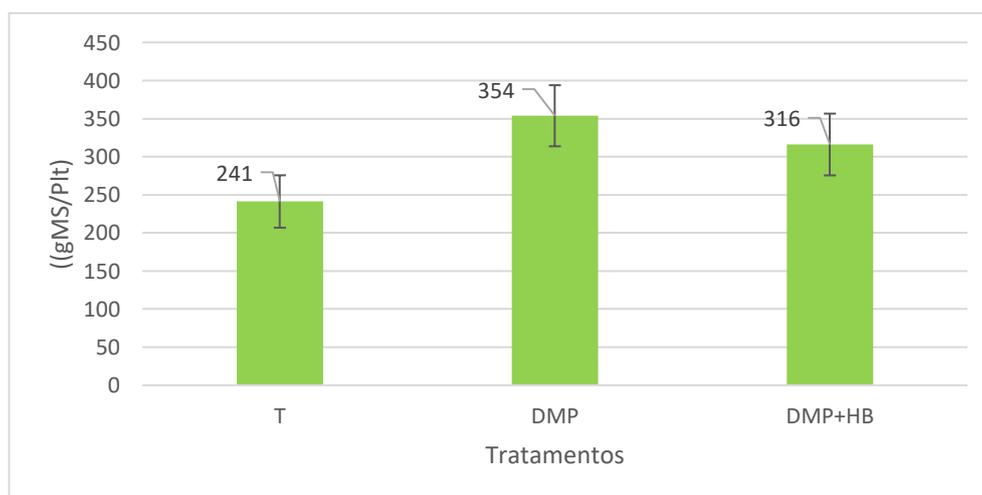


Figura 7 – Efeito dos tratamentos herbicidas (DMP+HB e DMP) e (T) no peso seco total da planta. As barras verticais representam o intervalo de confiança para uma probabilidade de 95%.

Quadro 5 – Efeito dos tratamentos no peso seco total da planta (131DAS), valor do IC a 95%, valor de p da análise de variância e diferença média significativa, calculada através do teste de comparação de médias de Scheffé.

Parâmetro	Tratamentos		
	DMP	DMP+HB	T
Médias (1)	353,8a	316,0ab	241,2b
IC (95%)	40,1	40,5	34,4
Valor p. Anova	0,008*** MS		
DMS (2) Scheffé	81		

Notas: (1) Os valores médios com a mesma letra não diferem significativamente de acordo com o teste de Scheffé. (2) DMS – Diferença Mínima Significativa. NS – Não significativo; S- Significativo; MS – Muito significativo.

4 DISCUSSÃO DE RESULTADOS

O levantamento florístico demonstrou uma elevada incidência da Junça (*Cyperus esculentus* L.) para além da flora infestante da região e do sistema de produção do Vale do Tejo (*Datura stramonium* L., *Solanum nigrum* L.). No final do ciclo foi possível confirmar o referenciado por vários autores e pelas empresas responsáveis pela homologação de herbicidas, relativamente ao aumento de eficácia do piridato (sa) quando conjugado com a aplicação de tricetonas (ex. mesotriona) sobre as ciperáceas (em concreto sobre o *Cyperus esculentus* L.). Os tratamentos testados permitiram alcançar um adequado controlo de infestantes, tal como se confirmou através da avaliação da biomassa das infestantes no final do ciclo; no entanto, pode-se observar uma menor eficácia dos tratamentos relativamente ao controlo da beldroega (*Portulaca oleraceae* L.).

O não controlo das infestantes no tratamento T influenciou o desenvolvimento e o crescimento do milho, tal como é referido por inúmeros autores (Tagour e Mosaad, 2017; Gao et al 2018). Esse efeito fez-se sentir principalmente ao nível do número de grãos por unidade de superfície, revelando que o efeito de competição das infestantes se faz sentir nas fases iniciais do desenvolvimento, afetando principalmente o número de grãos por espiga e, em menor escala, o PMG. A quebra de produtividade em grão a 14% de humidade, entre DMP e T foi de 29% e entre DMP+HM e T de 32%. Estes valores estão de acordo com os referidos na bibliografia por outros autores (Tagour e Mosaad, 2017; Gao et al 2018).

Não foi possível provar que a aplicação de MO na forma líquida tenha incrementado a eficácia das substâncias ativas dos herbicidas aplicados (DMP). Contudo, num sistema onde seja priorizada a utilização de substâncias ativas de características residuais, conjugada com o sistema de rega por aspersão, poderá ser de considerar um reforço de eficácia pela ação da MO como elemento bioativo, tal como referido por Galán-Jiménez, et. al., (2020).

5 CONCLUSÃO

A eficácia de herbicidas em pós-emergência depende e é influenciada por diversos fatores, pelo que a realização de trabalho experimental em condições diversas e diferentes anos constituirá sempre um importante contributo de apoio à tomada de decisão dos agricultores.

Embora este estudo apresente resultados de apenas um ano é possível concluir:

- As infestantes com maior taxa de incidência na fase pré-tratamento foram a *Cyperus sp.* (30%) *Datura stramonium* (20%) e o *Solanum nigrum* (15%);
- Os tratamentos DMP e DMP+HB influenciaram a produtividade em grão, obtendo-se 15 235 kg/ha e 15 893 kg/ha, respetivamente, relativamente à testemunha;

- O não controlo das infestantes (T) afetou a produtividade (10 790 kg/ha), ou seja, menos 437kg/ha e 5 095 kg/ha, respetivamente DMP e DMP+HB (30% em média);
- Não se registaram diferenças de produtividade entre os tratamentos DMP e DMP+HB;
- O controlo das infestantes influenciou o número de grãos por espiga, mas não significativamente o PMG, embora este tenha sido ligeiramente inferior na T;
- O peso seco médio das plantas T foi também significativamente inferior aos tratamentos com aplicação de herbicida.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bozkurt, Y., Yazar, A., Gençel, B., Sezen, M. S., (2006). Optimum lateral spacing for drip-irrigated corn in the Mediterranean Region of Turkey. *Agricultural Water Management* 85, 113–120.
- Cortet, J., Gillon, D., Joffre, R., Ourcival, J. M., Poinso-Balaguer, N., (2002). Effects of pesticides on organic matter recycling and microarthropods in a maize field: use and discussion of the litterbag methodology. *European Journal of Soil Biology* 38, 261-265.
- Couto, A., Padin, A. R., Reinoso, B., (2013). Comparative yield and water use efficiency of two maize hybrids differing in maturity under solid set sprinkler and two different lateral spacing drip irrigation systems in León, Spain. *Agricultural Water Management* 124, 77-84.
- Delcour, I., Spanoghe, P., Uyttendaele, M., (2015). Literature review: Impact of climate change on pesticide use. *Food Research International* 68, 7–15.
- Firouzabadi, A. G., Baghani, J., Jovzi, M., Albaji, M., (2021). Effects of wheat row spacing layout and drip tape spacing on yield and water productivity in sandy clay loam soil in a semi-arid region. *Agricultural Water Management* 251, 106868.
- Galán-Jiménez, M.C., Morillo, E., Bonnemoy, F., Mallet, C., Undabeytia, T. (2020). A sepiolite-based formulation for slow release of the herbicide mesotrione. *Applied Clay Science* 189, 1-9.
- Gao, J., Nuyttens, D., Lootens, P., He, Y., Pieters, J. G. (2018). Recognizing weeds in a maize crop using a random forest machine-learning algorithm and near-infrared snapshot mosaic hyperspectral imagery. *Biosystems Engineering* 170, 39-50.
- Gharde, Y., Singh, P. K., Dubey, R. P., Gupta, P. K. (2018). Assessment of yield and economic losses in agriculture due to weeds in India. *Crop Protection* 107, 12–18.
- Gogos, A., Knauer, K., Bucheli, T.D., (2012). Nanomaterials in plant protection and fertilization: current state, foreseen applications, and research priorities. *J. of Agriculture Food Chemistry* 60, 9781–9792.
- IFAP/DRACA (2021). Evolução das áreas declaradas por cultura – Total Nacional (2004 a 2020). Consultado em 29 de novembro de 2021 em http://www.anpromis.pt/images/dados/Evol_CA_2004_2020_Total-Nacional.pdf.
- Nurse, R. E., Hamill, A. S., Swanton, C. J., Tardif, F. J., Sikkema, P. H., (2010). Efficacy of mesotrione used at reduced doses for post-emergence weed control in maize (*Zea mays* L.). *Crop Protection* 29, 652–657.
- Pannacci, E., Covarelli, G., (2009). Efficacy of mesotrione used at reduced doses for post-emergence weed control in maize (*Zea mays* L.). *Crop Protection* 28, 57–61.
- Shang, Y., Hasa, Md, Ahammed, G.J., Li, M., Yin, H., Zhou, J., (2019). Applications of nanotechnology in plant growth and crop protection: a review. *Molecules* 24, 2558. <https://doi.org/10.3390/molecules24142558>.
- Tagour, R. M. H., Mosaad, I. S. M., (2017). Effect of the foliar enrichment and herbicides on maize and associated weeds irrigated with drainage water. *Annals of Agricultural Sciences* 62, 183–192.

- Undabeytia, T., Recio, E., Maqueda, C., Sánchez-Verdejo, T., Balek, V., (2012). Slow diuron release formulations based on clay-phosphatidylcholine complexes. *Applied Clay Science* 55, 53–61.
- Woodrow, J.E., Gibson, K.A., Seiber, J.N., (2018). Pesticides and Related Toxicants in the Atmosphere. *Revue Environmental Contamination Technology* 247, 147–196.