

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**KATIA CRISTINA DALPIVA HARTMANN**

**HABILIDADE COMPETITIVA E TOLERÂNCIA A HERBICIDAS DE  
CULTIVARES DE SOJA DE DIFERENTES DÉCADAS**

**TESE**

**PATO BRANCO**

**2022**

KATIA CRISTINA DALPIVA HARTMANN

**Habilidade competitiva e tolerância a herbicidas de cultivares de  
soja de diferentes décadas**

**Competitive ability and tolerance to herbicides from soybean  
cultivars of different decades**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de doutora em Agronomia - Área de Concentração: Produção Vegetal.  
Orientador: Michelangelo Muzell Trezzi.  
Coorientadores: Giovani Benin e Anderson Luis Nunes.

PATO BRANCO

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite o download e o compartilhamento da obra desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-la ou utilizá-la para fins comerciais.



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Pato Branco



KATIA CRISTINA DALPIVA HARTMANN

**HABILIDADE COMPETITIVA E TOLERÂNCIA A HERBICIDAS DE CULTIVARES DE SOJA DE  
DIFERENTES DÉCADAS**

Trabalho de pesquisa de doutorado apresentado como requisito para obtenção do título de Doutora Em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).  
Área de concentração: Produção Vegetal.

Data de aprovação: 29 de Março de 2022

Dr. Michelangelo Muzelli Trezzi, Doutorado – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Antonio Pedro Brusamarello, Doutorado – Faculdade Mater Dei (Fmd)

Dra. Eli Danieli Marchesan, Doutorado – Universidade Paranaense (Unipar)

Dr. Henrique Von Hertwig Bittencourt, Doutorado – Universidade Federal da Fronteira Sul (Uffs)

Dra. Taciane Finatto, Doutorado – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 28/06/2022.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e por estar ao meu lado no caminho até aqui.

A minha família, em especial meu marido Marciano Colet Bortolotto por todo apoio, amor e suporte.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGAG), aos professores do PPGAG por colaborarem com meu crescimento pessoal e profissional e aos colaboradores da área experimental da UTFPR Campus Pato Branco pela ajuda e suporte fornecido.

Aos meus coorientadores por todas as contribuições e ao meu orientador Michelangelo M. Trezzi pela confiança, ensinamentos, paciência e por prontamente me auxiliar sempre que precisei.

Aos meus colegas do Núcleo de Investigação em Ciência das Plantas Daninhas (NIPED) que enfrentaram todos os desafios e o trabalho árduo ao meu lado, em especial e com muito carinho àqueles que levarei como amigos Helis Marina Salomão, Matheus Viecelli, Fortunato De Bortoli Pagnoncelli Junior, Daiani Brandler e Felipe Candioto.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior -Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## RESUMO

HARTMANN, Katia Cristina Dalpiva. Habilidade competitiva e tolerância a herbicidas de cultivares de soja de diferentes décadas. 158 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção Vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Pato Branco, 2022.

O desempenho agrônômico da cultura da soja pode ser comprometido por diversos fatores, dentre os quais, destaca-se a interferência das plantas daninhas. Os herbicidas são a principal estratégia de controle utilizada pelos agricultores, porém podem causar fitotoxicidade à soja, com variação entre cultivares. Partiu-se da hipótese que cultivares modernas de soja, em função de seu maior investimento em caracteres produtivos, teriam menor capacidade de suportar a interferência com plantas daninhas e também menor tolerância a herbicidas. Foram realizados três estudos investigando a habilidade competitiva (estudos 1 e 2, a campo) e a tolerância a herbicidas (estudo 3, em casa-de-vegetação e laboratório) de cultivares de soja lançadas em diferentes décadas no Brasil. Nos estudos 1 e 2 foram avaliadas 12 cultivares de soja, lançadas entre 1965 e 2017, quanto a sua habilidade de suportar a interferência de *Bidens pilosa* e *Euphorbia heterophylla*, sendo efetuadas correlações entre caracteres agrônômicos avaliados e o rendimento de grãos das cultivares. No estudo 3 foram avaliadas seis cultivares de soja, disponibilizadas para cultivo no mesmo período, e quanto à sua tolerância aos herbicidas chlorimuron-ethyl e lactofen e a atividade das enzimas superóxido-dismutase (SOD), catalase (CAT) e peroxidase (POX), conhecidas por sua capacidade de detoxificação de herbicidas. Maiores diferenças entre o grupo antigo e moderno de cultivares foram expressas na interferência de *B. pilosa*. Cultivares modernas sob interferência com esta espécie daninha reduziram mais o diâmetro de dossel (R1), matéria seca (V7), área foliar, número de ramos e diâmetro de caule do que cultivares mais antigas. Em contrapartida, incrementaram mais o diâmetro de caule em relação às mais antigas. As perdas de produtividade devido à interferência com 40 plantas por m<sup>2</sup> de *B. pilosa* variam entre 13 e 84% e com 18 plantas por m<sup>2</sup> de *E. heterophylla* entre 21% e 58%, demonstrando grande diferença entre as cultivares de soja na capacidade de suportar a interferência. Em geral, a perda de rendimento e de seus componentes devido à interferência tanto com *B. pilosa* quanto com *E. heterophylla* não estiveram relacionadas ao ano de lançamento das cultivares. Todas as cultivares reduziram sua área foliar e massa seca após aplicação dos herbicidas chlorimuron-ethyl e lactofen. Foi possível relacionar, pelo menos em parte, o maior desenvolvimento das plantas das cultivares Bragg e Paraná (antigas), e sua tolerância aos herbicidas chlorimuron-ethyl e lactofen com a elevada atividade das enzimas antioxidantes SOD, CAT e POX.

**Palavras-chave:** Interferência. *Bidens pilosa*. *Euphorbia heterophylla*. Lactofen. Chlorimuron-ethyl. Metabolização. Superóxido-dismutase. Peroxidase. Catalase.

## ABSTRACT

HARTMANN, Katia Cristina Dalpiva. Competitive ability and tolerance to herbicides from soybean cultivars of different decades. 158 f. Thesis (Ph.D. in Agronomy) - Graduate Program in Agronomy (Concentration Area: Crop), Federal University of Technology – Paraná (UTFPR). Pato Branco, 2022.

The soybean agronomic performance of can be compromised by several factors, among which, including weed interference. Herbicides are the main control strategy used by farmers, but can cause phytotoxicity to soybeans, with variation between cultivars. It was hypothesized that modern soybean cultivars, due to their greater yield characteristics improvement, would have less capability to withstand weeds interference and less tolerance to herbicides. Three studies were carried out investigating the competitive ability (studies 1 and 2, in the field) and tolerance to herbicides (study 3, in greenhouse and laboratory) of soybean cultivars launched in different decades in Brazil. Studies 1 and 2 evaluated 12 soybean cultivars, launched between 1965 and 2017, regarding their ability to withstand *Bidens pilosa* and *Euphorbia heterophylla* interference, correlations between the agronomic characters evaluated and the yield of the cultivars. Study 3 evaluated six soybean cultivars, available for cultivation in the same period, and their tolerance to the herbicide chlorimuron-ethyl and lactofen and the activity of the enzymes superoxide-dismutase (SOD), catalase (CAT) and peroxidase (POX), known for their role detoxifying herbicides. Major differences between the ancient and modern group of cultivars were expressed in the interference of *B. pilosa*. Modern cultivars under interference with this weed have further reduced the canopy diameter (R1), dry matter (V7), leaf area, number of branches and stem diameter than older cultivars. On the other hand, they increased the diameter of the stem more than the older ones. Losses on soybean cultivars yield due to interference with 40 plants per m<sup>2</sup> of *B. pilosa* fluctuated between 13 and 84% and with 18 plants per m<sup>2</sup> of *E. heterophylla* between 21% and 58%, demonstrating great difference between soybean cultivars in the capacity to withstand interference. In general, the yield and its components loss due to interference with both *B. pilosa* and *E. heterophylla* were not related to the year of release of the cultivars. All cultivars reduced their leaf area and dry mass after application of the herbicides chlorimuron-ethyl and lactofen. It was possible to relate, at least in part, the greater development of the plants of the cultivars Bragg and Paraná (ancient), and their tolerance to the herbicides chlorimuron-ethyl and lactofen with the high activity of the antioxidant enzymes SOD, CAT and POX.

**Keywords:** Interference. *Bidens pilosa*. *Euphorbia heterophylla*. Lactofen. Chlorimuron-ethyl. Metabolization. Superoxide-dismutase. Peroxidase. Catalase.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 01 - Precipitação pluviométrica e temperaturas mínima e máxima durante o período de condução do experimento com *B. pilosa*. Pato Branco - PR 2018/2019.....36
- Figura 02 - Precipitação pluviométrica e temperaturas mínima e máxima durante o período de condução do experimento com *E. heterophylla*. Pato Branco - PR 2019/2020.....37
- Figura 03 - Relação entre a diferença percentual da altura de plantas de soja (sem e com interferência) e ano de lançamento das cultivares nos estádios V7 (A) e R8 (B). Pato Branco – PR, 2018/2019.....50
- Figura 04 - Relação entre a diferença percentual da largura do dossel de plantas de soja (sem e com interferência) e os anos de lançamento das cultivares nos estádios V7 (A) e R5 (B). Pato Branco – PR, 2018/2019.....53
- Figura 05 - Relação entre a diferença percentual da massa seca da parte aérea de plantas de soja (sem e com interferência) e os anos de lançamento das cultivares nos estádios V7 (A) e R5 (B). Pato Branco – PR, 2018/2019.....55
- Figura 06 - Relação entre a diferença percentual da área foliar de plantas de soja (sem e com interferência) e ano de lançamento das cultivares no estádio R5. Pato Branco – PR, 2018/2019.....57
- Figura 07 - Relação entre a diferença percentual do número de ramos em plantas de soja (sem e com interferência) e ano de lançamento das cultivares no estádio R8. Pato Branco – PR, 2018/2019.....59
- Figura 08 - Relação entre a diferença percentual do diâmetro do caule em plantas de soja (sem e com interferência) e ano de lançamento das cultivares no estádio R8. Pato Branco – PR, 2018/2019.....61
- Figura 09 - Relação entre a diferença percentual da altura de inserção da primeira vagem em plantas de soja (sem e com interferência) e ano de lançamento das cultivares no estádio R8. Pato Branco – PR, 2018/2019.....63
- Figura 10 - Relação entre a diferença percentual do número de vagens em plantas de soja (sem e com interferência) e ano de lançamento das cultivares no estádio R8. Pato Branco – PR, 2018/2019.....65
- Figura 11 - Relação entre a diferença percentual do número de grãos em plantas de soja (sem e com interferência) e ano de lançamento das cultivares no estádio R8. Pato Branco – PR, 2018/2019.....67
- Figura 12 - Relação entre a diferença percentual da massa de mil grãos em plantas de soja (sem e com interferência) e ano de lançamento das cultivares no estádio R8. Pato Branco – PR, 2018/2019.....69
- Figura 13 - Relação entre a diferença percentual da perda de rendimento de grão em plantas de soja (sem e com interferência) e ano de lançamento das cultivares no estádio R8. Pato Branco – PR, 2018/2019.....73
- Figura 14 - Correlação de Pearson entre os caracteres agrônômicos altura de planta (AP) nos estádios V7 e R8, largura do dossel (LD) nos estádios V7 e R1, massa seca de parte aérea (MSPA) nos estádios V7 e R5, área foliar (AF) no estádio R5, diâmetro de caule (DC) no estádio R8, número de ramos por planta (NR) no estádio R8, altura de inserção da primeira vagem (AIPV)

no estádio R8, número de vagens por planta (NV) no estádio R8, número de grãos por vagem (GV) no estádio R8, massa de mil grãos (MMG) e rendimento de grãos (RG) de seis cultivares antigas de soja sem interferência de <i>Bidens pilosa</i> . Pato Branco - PR, 2018/2019.....	75
Figura 15 - Correlação de Pearson entre os caracteres agronômicos altura de planta (AP) nos estádio V7 e R8, largura do dossel (LD) nos estádios V7 e R1, massa seca de parte aérea (MSPA) nos estádios V7 e R5, área foliar (AF) no estádio R5, diâmetro de caule (DC) no estádio R8, número de ramos por planta (NR) no estádio R8, altura de inserção da primeira vagem (AIPV) no estádio R8, número de vagens por planta (NV) no estádio R8, número de grãos por vagem (GV) no estádio R8, massa de mil grãos (MMG) e rendimento de grãos (RG) de seis cultivares modernas de soja sem interferência de <i>Bidens pilosa</i> . Pato Branco - PR, 2018/2019.....	76
Figura 16 - Correlação de Pearson entre os caracteres agronômicos altura de planta (AP) nos estádio V7 e R8, largura do dossel (LD) nos estádios V7 e R1, massa seca de parte aérea (MSPA) nos estádios V7 e R5, área foliar (AF) no estádio R5, diâmetro de caule (DC) no estádio R8, número de ramos por planta (NR) no estádio R8, altura de inserção da primeira vagem (AIPV) no estádio R8, número de vagens por planta (NV) no estádio R8, número de grãos por vagem (GV) no estádio R8, massa de mil grãos (MMG) e rendimento de grãos (RG) de seis cultivares antigas de soja sob a interferência de <i>Bidens pilosa</i> . Pato Branco - PR, 2018/2019.....	78
Figura 17 - Correlação de Pearson entre os caracteres agronômicos altura de planta (AP) nos estádio V7 e R8, largura do dossel (LD) nos estádios V7 e R1, massa seca de parte aérea (MSPA) nos estádios V7 e R5, área foliar (AF) no estádio R5, diâmetro de caule (DC) no estádio R8, número de ramos por planta (NR) no estádio R8, altura de inserção da primeira vagem (AIPV) no estádio R8, número de vagens por planta (NV) no estádio R8, número de grãos por vagem (GV) no estádio R8, massa de mil grãos (MMG) e rendimento de grãos (RG) de seis cultivares modernas de soja sob a interferência de <i>Bidens pilosa</i> . Pato Branco - PR, 2018/2019.....	79
Figura 18 - Relação entre a diferença percentual da altura de plantas de soja (sem e com interferência) e ano de lançamento das cultivares nos estádios V5 (A) e R8 (B). Pato Branco – PR, 2019/2020.....	87
Figura 19 - Relação entre a diferença percentual da largura do dossel de plantas de soja (sem e com interferência) e os anos de lançamento das cultivares no estádio R5. Pato Branco – PR, 2019/2020.....	90
Figura 20 - Relação entre a diferença percentual da massa seca da parte aérea de plantas de soja (sem e com interferência) e os anos de lançamento das cultivares nos estádios V5 (A) e R5 (B). Pato Branco – PR, 2019/2020.....	92
Figura 21 - Relação entre a diferença percentual da área foliar de plantas de soja (sem e com interferência) e ano de lançamento das cultivares no estádio R5. Pato Branco – PR, 2019/2020.....	94
Figura 22 - Relação entre a diferença percentual do número de ramos em plantas de soja (sem e com interferência) e ano de lançamento das cultivares no estádio R8. Pato Branco – PR, 2019/2020.....	96
Figura 23 - Relação entre a diferença percentual da inserção de primeira vagem em plantas de soja (sem e com interferência) e ano de lançamento das cultivares no estádio R8. Pato Branco – PR, 2019/2020.....	99
Figura 24 - Relação entre a diferença percentual do número de vagens em plantas de soja (sem e com interferência) e ano de lançamento das cultivares no estádio R8. Pato Branco – PR, 2019/2020.....	101



Figura 25 - Relação entre a diferença percentual do número de grãos por vagem em plantas de soja (sem e com interferência) e ano de lançamento das cultivares no estádio R8. Pato Branco – PR, 2019/2020.....	103
Figura 26 - Relação entre a diferença percentual da massa de mil grãos em plantas de soja (sem e com interferência) e ano de lançamento das cultivares no estádio R8. Pato Branco – PR, 2019/2020.....	105
Figura 27 - Relação entre a diferença percentual da perda de rendimento de grão em plantas de soja (sem e com interferência) e ano de lançamento das cultivares no estádio R8. Pato Branco – PR, 2019/2020.....	109
Figura 28 - Correlação de Pearson entre os caracteres agronômicos altura de planta (AP) nos estádio V5 e R8, largura do dossel (LD) nos estádios V5 e R5, massa seca de parte aérea (MSPA) nos estádios V5 e R5, área foliar (AF) no estádio R5, diâmetro de caule (DC) no estádio R8, número de ramos por planta (NR) no estádio R8, altura de inserção da primeira vagem (AIPV) no estádio R8, número de vagens por planta (NV) no estádio R8, número de grãos por vagem (GV) no estádio R8, massa de mil grãos (MMG) e rendimento de grãos (RG) de seis cultivares antigas de soja sem interferência de <i>Euphorbia heterophylla</i> . Pato Branco - PR, 2019/2020.....	110
Figura 29 - Correlação de Pearson entre os caracteres agronômicos altura de planta (AP) nos estádio V5 e R8, largura do dossel (LD) nos estádios V5 e R5, massa seca de parte aérea (MSPA) nos estádios V5 e R5, área foliar (AF) no estádio R5, diâmetro de caule (DC) no estádio R8, número de ramos por planta (NR) no estádio R8, altura de inserção da primeira vagem (AIPV) no estádio R8, número de vagens por planta (NV) no estádio R8, número de grãos por vagem (GV) no estádio R8, massa de mil grãos (MMG) e rendimento de grãos (RG) de seis cultivares modernas de soja sem interferência de <i>Euphorbia heterophylla</i> . Pato Branco - PR, 2019/2020.....	112
Figura 30 - Correlação de Pearson entre os caracteres agronômicos altura de planta (AP) nos estádio V5 e R8, largura do dossel (LD) nos estádios V5 e R5, massa seca de parte aérea (MSPA) nos estádios V5 e R5, área foliar (AF) no estádio R5, diâmetro de caule (DC) no estádio R8, número de ramos por planta (NR) no estádio R8, altura de inserção da primeira vagem (AIPV) no estádio R8, número de vagens por planta (NV) no estádio R8, número de grãos por vagem (GV) no estádio R8, massa de mil grãos (MMG) e rendimento de grãos (RG) de seis cultivares antigas de soja sob a interferência de <i>Euphorbia heterophylla</i> . Pato Branco - PR, 2019/2020.....	113
Figura 31 - Correlação de Pearson entre os caracteres agronômicos altura de planta (AP) nos estádio V5 e R8, largura do dossel (LD) nos estádios V5 e R5, massa seca de parte aérea (MSPA) nos estádios V5 e R5, área foliar (AF) no estádio R5, diâmetro de caule (DC) no estádio R8, número de ramos por planta (NR) no estádio R8, altura de inserção da primeira vagem (AIPV) no estádio R8, número de vagens por planta (NV) no estádio R8, número de grãos por vagem (GV) no estádio R8, massa de mil grãos (MMG) e rendimento de grãos (RG) de seis cultivares modernas de soja sob a interferência de <i>Euphorbia heterophylla</i> . Pato Branco - PR, 2019/2020.....	114
Figura 32 - Atividade da enzima SOD em plantas de seis cultivares de soja com diferentes anos de lançamento 48 horas após a aplicação dos herbicidas (a) chlorimuron-ethyl (média das doses) e (b) lactofen (interação cultivar e dose). Pato Branco - PR, 2019.....	130
Figura 33 - Atividade da enzima CAT em plantas de seis cultivares de soja com diferentes anos de lançamento 48 horas após a aplicação dos herbicidas (a) chlorimuron-ethyl e (b) lactofen (interação cultivar e dose). Pato Branco - PR, 2019.....	131
Figura 34 - Atividade da enzima POX em plantas de seis cultivares de soja com diferentes anos de lançamento 48 horas após a aplicação dos herbicidas (a) chlorimuron-ethyl e (b) lactofen (interação cultivar e dose). Pato Branco - PR, 2019.....	133

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Cultivares avaliadas e seus respectivos anos de lançamento, instituição detentora e hábito de crescimento. UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2019.....39
- Tabela 2 - Cultivares avaliadas e seus respectivos anos de lançamento, instituição detentora e hábito de crescimento. UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2019.UTFPR, Campus Pato Branco - PR, 2018/2019.....46
- Tabela 3 - Dados fenológicos em dias para germinação após semeadura e dias para os estágios fenológicos R1, R3, R5 e R8 após semeadura, de doze cultivares de soja sob interferência ou não da planta daninha *Bidens pilosa*. Pato Branco – PR, 2018/2019.....46
- Tabela 4 - Análise de variância de um experimento bifatorial (sem ou com *Bidens pilosa* x cultivares de soja) em parcelas subdivididas no DBA, para as variáveis altura de planta (AP em V7 e R8), largura do dossel (LD em V7 e R5), área foliar (AF em R5), massa seca de parte aérea (MSPA em V7 e R5) número de ramos por planta (NR em R8), diâmetro do caule (DC em R8), altura de inserção da primeira vagem (AIPV em R8), número de vagens por planta (NV em R8), número de grãos por vagem (GV em R8), massa de mil grãos (MMG em R8) e rendimento de grãos (RG). Pato Branco - PR, 2018/2019.....48
- Tabela 5 - Altura de planta de doze cultivares de soja nos estádios V7 e R8 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de *Bidens pilosa*. Pato Branco – PR, 2018/2019.....50
- Tabela 6 - Largura do dossel de doze cultivares de soja nos estádios V7 e R5 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de *Bidens pilosa*. Pato Branco – PR, 2018/2019.....52
- Tabela 7 - Massa seca da parte aérea de doze cultivares de soja nos estádios V7 e R5 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de *Bidens pilosa*. Pato Branco – PR, 2018/2019.....54
- Tabela 8 - Área foliar de doze cultivares de soja no estádio R5 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de *Bidens pilosa*. Pato Branco – PR, 2018/2019.....56
- Tabela 9 - Número de ramos de doze cultivares de soja no estádio R8 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de *Bidens pilosa*. Pato Branco – PR, 2018/2019.....58
- Tabela 10 - Diâmetro do caule de doze cultivares de soja no estádio R8 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de *Bidens pilosa*. Pato Branco – PR, 2018/2019.....60
- Tabela 11 - Altura de inserção da primeira vagem de doze cultivares de soja no estádio R8 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de *Bidens pilosa*. Pato Branco – PR, 2018/2019.....62
- Tabela 12 - Número de vagens por planta de doze cultivares de soja no estádio R8 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de *Bidens pilosa*. Pato Branco – PR, 2018/2019.....64
- Tabela 13 - Número de grãos por vagem de doze cultivares de soja no estádio R8 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de *Bidens pilosa*. Pato Branco – PR, 2018/2019.....66
- Tabela 14 - Massa de mil grãos de doze cultivares de soja no estádio R8 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de *Bidens pilosa*. Pato Branco – PR, 2018/2019.....68
- Tabela 15 - Valores de p do teste de Friedman ( $\alpha= 0,05$ ) para as variáveis número de plantas da área útil e índice de acamamento de doze cultivares de soja sem ou sob interferência de *Bidens*

<i>pilosa</i> . Pato Branco – PR, 2018/2019.....	69
Tabela 16 - Índice de acamamento das plantas de doze cultivares de soja no estágio R8 sem ou com a interferência de <i>Bidens pilosa</i> . Pato Branco – PR, 2018/2019.....	70
Tabela 17 - Produtividade de grãos (rendimento de grãos) de doze cultivares de soja no estágio R8 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de <i>Bidens pilosa</i> . Pato Branco – PR, 2018/2019.....	71
Tabela 18 - Análise de variância de um experimento bifatorial (sem ou com <i>Euphorbia heterophylla</i> x cultivares de soja) em parcelas subdivididas no DBA, para as variáveis altura de planta (AP em V5 e R8), largura do dossel (LD em V5 e R5), área foliar (AF em R5), massa seca de parte aérea (MSPA em V5 e R5) número de ramos por planta (NR em R8), diâmetro do caule (DC em R8), altura de inserção da primeira vagem (AIPV em R8), número de vagens por planta (NV em R8), número de grãos por vagem (GV em R8), massa de mil grãos (MMG em R8) e rendimento de grãos (RG). Pato Branco - PR, 2019/2020.....	84
Tabela 19 - Altura de planta de doze cultivares de soja nos estádios V5 e R8 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de <i>Euphorbia heterophylla</i> . Pato Branco – PR, 2019/2020.....	86
Tabela 20 - Largura do dossel de doze cultivares de soja no estágio V5. Pato Branco – PR, 2019/2020.....	88
Tabela 21 - Largura do dossel de doze cultivares de soja no estágio R5 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de <i>Euphorbia hete-riphylla</i> . Pato Branco – PR, 2019/2020.....	89
Tabela 22 - Massa seca da parte aérea de doze cultivares de soja nos estádios V5 e R5 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de <i>Euphorbia heterophylla</i> . Pato Branco – PR, 2019/2020.....	91
Tabela 23 - Área foliar de doze cultivares de soja no estágio R5 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de <i>Euphorbia heterophylla</i> . Pato Branco – PR, 2019/2020.....	93
Tabela 24 - Número de ramos de doze cultivares de soja no estágio R8 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de <i>Euphorbia heterophylla</i> . Pato Branco – PR, 2019/2020.....	95
Tabela 25 - Diâmetro do caule de doze cultivares de soja no estágio R8 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de <i>Euphorbia heterophylla</i> . Pato Branco – PR, 2019/2020.....	97
Tabela 26 - Altura de inserção da primeira vagem de doze cultivares de soja no estágio R8 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de <i>Euphorbia heterophylla</i> . Pato Branco – PR, 2019/2020.....	98
Tabela 27 - Número de vagens de doze cultivares de soja no estágio R8 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de <i>Euphorbia heterophylla</i> . Pato Branco – PR, 2019/2020.....	100
Tabela 28 - Número de grãos por vagem de doze cultivares de soja no estágio R8 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de <i>Euphorbia heterophylla</i> . Pato Branco – PR, 2019/2020.....	102
Tabela 29 - Massa de mil grãos de doze cultivares de soja no estágio R8 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de <i>Euphorbia heterophylla</i> . Pato Branco – PR, 2019/2020.....	104

Tabela 30 - Valores de p do teste de Friedman ( $\alpha= 0,05$ ) para as variáveis número de plantas da área útil e índice de acamamento de doze cultivares de soja sem ou sob interferência de <i>Euphorbia heterophylla</i> . Pato Branco – PR, 2019/2020.....	105
Tabela 31 - Índice de acamamento das plantas de doze cultivares de soja no estágio R8 sem ou com a interferência de <i>Euphorbia heterophylla</i> . Pato Branco – PR, 2019/2020.....	106
Tabela 32 - Número de plantas na área útil de doze cultivares de soja no estágio R8 sem ou com a interferência de <i>Euphorbia heterophylla</i> . Pato Branco – PR, 2019/2020.....	107
Tabela 33 - Produtividade de grãos (rendimento de grãos) de doze cultivares de soja no estágio R8 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de <i>Euphorbia heterophylla</i> . Pato Branco – PR, 2019/2020.....	108
Tabela 34 - Quadrados médios da análise da variância para a variável tolerância relativa avaliada aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação de chlorimuron-ethyl. Pato Branco - PR, 2019.....	116
Tabela 35 - Tolerância relativa (TR) de seis cultivares de soja com diferentes anos de lançamento, aos 7,14 e 28 dias após aplicação do herbicida chlorimuron-ethyl. Pato Branco - PR, 2019.....	116
Tabela 36 - Tolerância relativa (TR) de seis cultivares de soja com diferentes anos de lançamento, aos 14 dias após aplicação do herbicida chlorimuron-ethyl. Pato Branco - PR, 2019.....	117
Tabela 37 - Tolerância relativa (TR) de seis cultivares de soja com diferentes anos de lançamento, aos 21 dias após aplicação do herbicida chlorimuron-ethyl. Pato Branco - PR, 2019.....	117
Tabela 38 - Quadrados médios da análise da variância para as variáveis altura de planta mensurada anterior a aplicação (aa) e aos 7,14,21 e 28 dias após a aplicação do herbicida chlorimuron-ethyl, área foliar (AF) e massa seca total (MST). Pato Branco - PR, 2019.....	119
Tabela 39 - Altura de planta (AP) de soja mensurada anterior a aplicação (aa), 7 e 14 dias após a aplicação do herbicida chlorimuron-ethyl. Pato Branco - PR, 2019.....	120
Tabela 40 - Altura de planta (AP) aos 14 dias de seis cultivares com diferentes anos de lançamento, após a aplicação do herbicida chlorimuron-ethyl. Pato Branco - PR, 2019.....	120
Tabela 41 - Altura de planta (AP) aos 21 e 28 dias de seis cultivares com diferentes anos de lançamento, após a aplicação do herbicida chlorimuron-ethyl. Pato Branco - PR, 2019.....	121
Tabela 42 - Área foliar (AF) e massa seca total (MST) de seis cultivares de soja com diferentes anos de lançamento, 28 dias após a aplicação do herbicida chlorimuron-ethyl. Pato Branco - PR, 2019.....	122
Tabela 43 - Quadrados médios da análise da variância para a variável tolerância relativa avaliada aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação de lactofen. Pato Branco - PR, 2019.....	123
Tabela 44 - Tolerância relativa (TR) de seis cultivares de soja com diferentes anos de lançamento, aos 7, 14 e 21 dias após aplicação do herbicida lactofen. Pato Branco - PR, 2019.....	124
Tabela 45 - Tolerância relativa (TR) de seis cultivares de soja com diferentes anos de lançamento, aos 28 dias após aplicação do herbicida lactofen. Pato Branco - PR, 2019.....	124
Tabela 46 - Quadrados médios da análise da variância para as variáveis altura de planta mensurada anterior a aplicação (aa) e aos 7,14,21 e 28 dias após a aplicação do herbicida lactofen, área foliar (AF) e massa seca total (MST). Pato Branco - PR, 2019.....	126

Tabela 47 - Altura de planta (AP) de soja mensurada anterior a aplicação (aa), 7 e 14 dias após a aplicação do herbicida chlorimuron-ethyl. Pato Branco - PR, 2019.....	127
Tabela 48 - Altura de planta de seis cultivares de soja com diferentes anos de lançamento, aos 14, 21 e 28 dias após aplicação do herbicida lactofen. Pato Branco - PR, 2019.....	127
Tabela 49 - Área foliar (AF) e da massa seca total (MST) de seis cultivares de soja lançadas em diferentes anos, 28 dias após a aplicação do herbicida lactofen. Pato Branco - PR, 2019.....	128

## LISTA DE SIGLAS, ACRÔNIMOS E ABREVIATURAS

CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
IAPAR	Instituto Agrônomo do Paraná
N-P-K	Nitrogênio - Fósforo - Potássio
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Aprosoja	Associação Brasileira de Produtores de Soja
H.A.	Habilidade competitiva
DAA	Dias após aplicação
VE	Emergência dos cotilédones
VC	Cotilédones completamente abertos
ALS	Enzima acetolactato sintase
PROTOX	Enzima protoporfirinogênio oxidase
SOD	Superóxido dismutase
CAT	Catalase
POX	Peroxidase
APX	Ascorbato peroxidase
PTPI	Período total de prevenção à interferência
$^1\text{O}_2$	Oxigênio singleto
$\text{H}_2\text{O}_2$	Peróxido de hidrogênio
$\text{O}_2^*$	Radical superóxido
$\text{OH}^-$	Radical Hidroxila
TKP	Tampão fosfato de potássio
EDTA	Ácido etilenodiamino tetra-acético
PVP	Polivinilpirolidona
DTT	Ditiotreitol
U\$	Dólar
$\text{m}^2$	Metro quadrado

i.a.	Ingrediente ativo
ha	Hectare
kg	Quilograma
g	Gramma
m	Metro
cm	Centímetro
°C	Grau Celsius
mL	Mililitros
μL	Microlitro
μM min <sup>-1</sup> mg <sup>-1</sup>	Micromol por minuto por miligrama
cm <sup>3</sup>	Centímetro cúbico
%	Porcentagem

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>18</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>21</b>
2.1 Importância da cultura de soja .....	21
2.2 Impactos negativos das plantas daninhas na cultura da soja.....	22
2.3 Habilidade competitiva da soja .....	23
2.4 Características de <i>Bidens pilosa</i> L. e seu potencial competitivo com espécies cultivadas. ....	25
2.5 Características da <i>Euphorbia heterophylla</i> L. e seu potencial competitivo com espécies cultivadas. ....	27
2.6 Uso de herbicidas, fitotoxicidade e tolerância da soja.....	29
2.7 Herbicidas inibidores da enzima acetolato sintase – ALS.....	30
2.8 Herbicidas inibidores da enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX ou PPO) .....	31
2.9 Enzimas de detoxificação.....	32
<b>3 OBJETIVOS.....</b>	<b>34</b>
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>35</b>
4.1 Experimentos para determinar a habilidade competitiva de sojas com plantas daninhas.....	35
4.1.1 Descrição da área dos experimentos.....	35
4.1.2 Preparo da área.....	35
4.1.3 Dados climatológicos.....	35
4.1.4 Tratamentos e delineamento experimental.....	38
4.1.5 Determinações efetuadas.....	40
4.1.6 Análises estatísticas.....	41
4.2 Tolerância a herbicidas.....	42
4.2.1 Delineamento experimental.....	42
4.2.2 Parâmetros avaliados.....	43
4.2.3 Análise enzimática.....	44
4.2.4 análises estatísticas.....	44
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>46</b>
5.1 Experimento com <i>Bidens pilosa</i> .....	46



5.1.1. Duração dos estádios fenológicos da soja.....	46
5.1.2. Interferência de <i>B. pilosa</i> sobre caracteres vegetativos e reprodutivos da soja.....	47
5.1.3. Correlação entre caracteres da soja.....	73
5.1.3.1. Cultivares antigas sem interferência.....	74
5.1.3.2. Cultivares modernas sem interferência.....	76
5.1.3.3. Cultivares antigas sob interferência.....	77
5.1.3.4. Cultivares modernas sob interferência.....	79
5.2 Experimentos com <i>Euphorbia heterophylla</i> .....	81
5.2.1 Duração dos estádios fenológicos.....	81
5.2.2. Interferência de <i>E. heterophylla</i> sobre caracteres vegetativos e reprodutivo da soja.....	82
5.2.3. Correlações entre caracteres da soja.....	110
5.2.3.1. Cultivares antigas sem interferência.....	110
5.2.3.2. Cultivares modernas sem interferência.....	111
5.2.3.3. Cultivares antigas sob interferência.....	112
5.2.3.4. Cultivares modernas sob interferência.....	114
5.3 Tolerância de cultivares de soja a herbicidas.....	116
5.3.1 Tolerância de cultivares de soja ao herbicida chlorimuron-ethyl.....	116
5.3.2 Tolerância de cultivares de soja ao herbicida lactofen.....	123
5.3.3 Atividade enzimática.....	129
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>135</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>137</b>

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O cultivo da soja no país é importantíssimo, seja para o consumo interno ou para a geração de lucro com as exportações. Ao longo dos anos as cultivares de soja foram sendo melhoradas geneticamente, tendo como objetivo principal o aumento da produtividade, além da busca pela resistência a pragas e herbicidas e adaptabilidade a características edafoclimáticas, neste processo muitas de suas características morfofisiológicas também foram modificadas (GARCIA; RICHETTI; SUTIER, 2016).

O desempenho agrônômico da cultura da soja, bem como a produtividade e a qualidade de grãos podem ser comprometidos por diversos fatores, entre os quais, destaca-se a interferência das plantas daninhas (FORTE et al., 2017). As plantas daninhas necessitam atenção e manejo, safra após safra, e isto se deve as suas características e habilidades que, muitas vezes influenciam negativamente as culturas agrícolas, limitando a sua produtividade (VASCONCELOS; SILVA, LIMA, 2012).

Em ecossistemas agrícolas, cultura e plantas daninhas desenvolvem-se em conjunto e possuem demanda por água, luz e nutrientes. Na maioria das vezes esses recursos essenciais ao crescimento estão disponíveis em quantidade insuficiente, dando origem a competição. As diferenças no potencial competitivo entre espécies, normalmente estão relacionadas às características morfofisiológicas destas, sendo que, as plantas daninhas apresentam grande capacidade competitiva em campo, em razão da densidade populacional e da imobilização de recursos como água e nutrientes (FERREIRA et al., 2011).

A resposta da soja à interferência das plantas daninhas depende de fatores ligados à comunidade infestante, à própria cultura, as características morfofisiológicas da cultivar e, também, aos recursos ambientais relacionados com crescimento e desenvolvimento das espécies (SILVA et al., 2009). Características de espécies daninhas e sua adaptação às condições do ambiente são determinantes do grau de interferência com a espécie cultivada. Entre as plantas daninhas que infestam a soja e que apresentam elevada habilidade competitiva destacam-se o *Bidens pilosa* L. (picão-preto) *Euphorbia heterophylla* L. (leiteiro). Plantas de soja sob interferência tendem a apresentar alterações morfofisiológicas, com reflexo na produtividade. A escolha de cultivares mais resistentes a interferência confere vantagem ao agricultor no que diz respeito ao manejo de plantas daninhas (LEMERLE et al., 2001).

O manejo de plantas daninhas deve incluir diferentes estratégias, que atinjam a população ativa e passiva de plantas daninhas. A utilização de uma única estratégia de manejo em geral é ineficiente e, ao longo do tempo, a pressão exercida provoca mecanismos de seleção de plantas daninhas. Lavouras com infestação de plantas daninhas indicam problemas de manejo, gastos extras e diminuição na produtividade, consequentemente diminuição no lucro. (VOLLMANN; WAGENTRISTIL; WILFRIED, 2010).

Principalmente em função da sua eficiência, praticidade e rapidez de execução, a utilização de herbicidas é, atualmente, a principal estratégia de manejo de plantas daninhas no Brasil. A ação herbicida pode ser descrita como uma interação entre um xenobiótico e a planta, que interferindo nos processos bioquímicos e fisiológicos pode matar ou retardar significativamente o crescimento das plantas (BORELA et al., 2019). Entre os mecanismos de ação dos herbicidas, destacam-se os inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS) que é essencial na biossíntese dos aminoácidos de cadeia ramificada (valina, leucina e isoleucina) (DUGGLEBY et al., 2008). Na agricultura, os inibidores da ALS são fundamentais para o controle de diversas plantas daninhas, fornecendo atividade foliar, residual no solo e amplo espectro de controle (GREEN; OWEN, 2011).

Outro grupo importante de herbicidas engloba aqueles cujo mecanismo de ação ocorre na inibição da enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX), comum às rotas de síntese da clorofila e de compostos heme. Quando no interior das células, inibidores da PROTOX causam o acúmulo de compostos altamente reativos a luz e ao oxigênio (ROS), destruindo a membrana celular e promovendo rápida dessecação e necrose de tecidos (VIDAL et al., 2014).

A seletividade de herbicidas sobre plantas cultivadas muitas vezes é determinada pela sua capacidade de metabolizar a molécula do herbicida e inativá-la de forma que seu crescimento e desenvolvimento não sejam comprometidos (LANGARO et al., 2019). O mecanismo mais importante de detoxificação dos compostos gerados pelo estresse oxidativo, ocasionado pelo herbicida na planta, inclui a atividade das enzimas superóxido dismutase (SODs), catalase (CAT), peroxidases (PODs ou POXs), ascorbato peroxidase (APX), glutatona peroxidase (GPX) e glutatona redutase (GR) entre outros compostos detoxificantes que não são enzimáticos (BORELA et al., 2019).

No manejo químico, mesmo que a cultura seja tolerante ao herbicida aplicado, o processo de metabolização das moléculas de herbicidas requer gasto de energia para a planta. Além disso, sabe-se que sob determinado estresse, as plantas apresentam paralisação do crescimento, o que se traduz em menor quantidade de biomassa, que permitiria maior produção de carboidratos pela fixação de CO<sub>2</sub>, afetando por sua vez a produtividade das culturas (MORAIS, 2015).

O melhoramento de cultivares de soja tem como objetivo principal otimizar os processos relacionados a produção de grãos. Dessa forma as novas cultivares normalmente apresentam diminuição do número de ramificações, do número de folhas e da área e arquitetura foliar das plantas. Baseando-se nessa premissa, hipotetiza-se que essas modificações em características morfofisiológicas poderiam levar cultivares modernas à desvantagem no processo de competição com plantas daninhas, em comparação a cultivares antigas.

Além disso, as cultivares modernas têm maior investimento de fotoassimilados para a produção de caracteres produtivos, tendo que manter o gasto energético da planta com mecanismos para redução dos estresses, sejam eles causado por fatores bióticos ou abióticos (herbicidas por exemplo). Considerando-se a premissa de mudança na fisiologia e metabolismo relacionado à seletividade de herbicidas em cultivares modernas de soja, é importante investigar a hipótese de que elas apresentem reduzida capacidade de tolerar a ação de herbicidas com diferentes mecanismos de ação.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Importância da cultura de soja

A soja pertence ao reino Plantae, divisão Magnoliophyta, classe Magnoliopsida, ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboideae, gênero *Glycine* e espécie *Glycine max* (L.) Merrill. É uma espécie anual, herbácea, de hábito de crescimento ereto, raízes pivotantes, nas quais podem ser encontrados nódulos devido à interação simbiótica com bactérias fixadoras de nitrogênio (SEDIYAMA; TEIXEIRA; BARROS, 2009).

Apresenta crescimento morfológico diversificado, com número variado de ramificações e ciclo variando de 90 a 140 dias, dependendo da cultivar e das condições ambientais onde é cultivada. Apresenta três tipos de folhas, sendo elas cotiledonares (logo após a emergência), unifoliadas (desenvolvem-se no primeiro nó acima do nó cotiledonar) e as folhas trifoliadas, as quais se desenvolvem em todos os nós subsequentes ao nó unifoliar (MATSUO; FERREIRA; SEDIYAMA, 2015).

As lavouras de soja têm sido a protagonista no aumento da área e produção de grãos no país. Sua maior liquidez e a possibilidade de melhor rentabilidade em relação a outras culturas faz com que os produtores se sintam estimulados a continuar apostando na cultura.

A produção nacional de soja para a safra 20/21 foi de 135,4 milhões de toneladas em uma área plantada de 38,5 milhões de hectares. O estado do Mato Grosso é o maior produtor brasileiro de soja, com 35,9 milhões de toneladas em uma área plantada de 10,2 milhões de hectares. Em segundo lugar, está o estado do Paraná, com uma produção de 18,9 milhões de toneladas de soja em uma área plantada de 5,6 milhões de hectares. (CONAB, 2021).

O consumo interno de soja em grão até junho de 2020 foi de 46,8 milhões de toneladas. As exportações de soja em grãos atingiram 74,1 milhões de toneladas e um lucro de U\$ 28,5 bilhões. As exportações de farelo foram de 16,7 milhões de toneladas, cerca de U\$ 5,9 bilhões. Já as exportações de óleo geraram um ganho de U\$ 0,7 bilhão com a venda de 1,0 milhão de toneladas (CONAB, 2021).

A soja é usada na fabricação de diversos bens de consumo, utilizada em indústrias de diferentes setores, como cosméticos, farmacêutica, veterinária, adesivos, adubos, formulador de espumas, revestimento, tintas e plásticos. No entanto, esse

uso diferenciado representa apenas, 7% da destinação final da soja. Outros 49% vão para o processamento de óleo e farelo, usados, especialmente na alimentação humana e animal e na produção de biocombustíveis, como o biodiesel (APROSOJA-MT).

Na área da saúde a soja é usada para fabricação de produtos para pessoas intolerantes a lactose, e por ser rica em antioxidantes seus produtos retardam o envelhecimento celular e sua proteína auxilia no ganho de massa magra. Seu consumo está associado à diminuição de doenças cardiovasculares e a redução de incidência de derrames cerebrais e infartos. Para mulheres na menopausa a soja e seus produtos são alternativas naturais de reposição hormonal. Em países como os Estados Unidos é possível encontrar soja sendo utilizada em impressões de jornais, giz de cera, velas aromáticas, adesivos, cosméticos e lubrificantes (ZAKIR; FREITAS, 2015).

## 2.2 Impactos negativos das plantas daninhas na cultura da soja

Planta daninha pode ser definida como qualquer espécie vegetal que se desenvolve em local ou época indesejada competindo com a cultura agrícola por água, luz e nutrientes, além de poder exercer inibição química sobre o desenvolvimento das plantas (alelopatia) (LORENZI, 2014).

A presença das plantas daninhas e da cultura dividindo o mesmo espaço provoca a competição interespecífica, que é caracterizada pela disputa entre as espécies, conhecida também como matocompetição. Essa competição entre planta daninha e planta cultivada é variável conforme a diversidade de espécies presentes nas áreas de cultivo, suas densidades e as práticas agrícolas adotadas, sendo que as espécies mais agressivas e adaptadas ao ecossistema levam maior vantagem (BRIGHENTI; OLIVEIRA, 2011).

As plantas daninhas competem pelos fatores de crescimento com as plantas cultivadas ocasionando decréscimos de produção e/ou redução no crescimento da planta. A intensidade de interferência depende das características das plantas daninhas e da cultura, como velocidade de crescimento, porte, arquitetura da planta, do estágio de crescimento, da duração do período de convivência e do ambiente (FONTES, 2003). Além dos prejuízos diretos, as plantas daninhas reduzem a eficiência agrícola, aumentam os custos de produção e diminuem a qualidade do

produto, reduzindo o seu valor comercial e ainda dificultam ou até impedem a operação de colheita (VASCONCELOS; SILVA; LIMA, 2012).

Sabe-se que competição, alelopatia e parasitismo são tipos de interferência negativa entre plantas, mas há outro processo importante que também ocorre entre plantas daninhas e cultivadas, esse fenômeno é conhecido como inicialismo, denominação de uma forma de interação entre plantas, que ocorre pela detecção precoce de vizinhos devido à alteração na qualidade de luz, de forma que, uma espécie é prejudicada e outra sofre efeito neutro ou positivo (VIDAL et al., 2012).

Plantas cultivadas cujo desenvolvimento inicial ocorre sob competição com plantas daninhas priorizam o desenvolvimento de brotos sobre raízes para se tornar mais competitivo para a luz (GREENTRACEWICZ et al., 2012), com o controle de plantas daninhas com herbicidas pós-emergência a mudança da fotomorfogênese é um investimento sem sentido e a falta de um sistema radicular bem desenvolvido pode alterar a tolerância da cultura ao estresse hídrico com um impacto negativo no potencial de rendimento da cultura (VIDAL et al., 2008).

No Brasil, os principais trabalhos sobre matocompetição com a soja foram realizados entre as décadas de 60 e 80, em que observou-se que plantas de soja sob competição tendem a apresentar alterações morfofisiológicas, com reflexo na produtividade (VOLLMANN; WAGENTRISTIL; WILFRIED, 2010). De maneira geral, sob competição, as plantas de soja tendem a incrementar sua altura, como forma de maximizar a captação da radiação e sombrear as plantas daninhas, o acúmulo de massa seca é reduzido, bem como a área foliar e a relação folhas/ramos (SILVA et al., 2009).

### 2.3 Habilidade competitiva da soja

O conhecimento de características morfológicas das plantas cultivadas, as quais sejam vantajosas na competição com plantas infestantes, é de suma importância para que o produtor as utilize como uma ferramenta no manejo integrado de plantas daninhas. Desse modo, é possível explorar a habilidade competitiva da cultura e reduzir a dependência do controle químico (LAMEGO *et al*, 2013). Plantas cultivadas possuem menor capacidade de competição comparativamente as plantas daninhas, devido aos processos de melhoramento por qual passaram em decorrência de sua utilização pelo homem (FONTES et al., 2003).

Nos últimos anos, foram intensificadas as pesquisas direcionadas a definir características que confirmam maior habilidade competitiva (HC), principalmente nas culturas de arroz e trigo e, em menor proporção, em milho e soja. A HC se caracteriza pela dominância de um indivíduo sobre seus vizinhos, os quais utilizam, simultaneamente, um mesmo recurso com limitada disponibilidade. A HC pode ser analisada, quanto aos efeitos, sob dois aspectos: supressão do crescimento de vizinhos e tolerância à presença de vizinhos (GOLDBERG; LANDA, 1991).

As características morfofisiológicas que identificam culturas com elevado potencial competitivo com plantas daninhas são: matéria seca da parte aérea (OLESEN *et al.*, 2004), estatura elevada (MCDONALD, 2003), tamanho das folhas (LEMERLE *et al.*, 1996); índice de área foliar (HAEFELE *et al.*, 2004), cobertura do solo (BALBINOT JUNIOR *et al.*, 2003), número e o comprimento dos ramos, interceptação de luz pelo dossel, susceptibilidade a herbicidas (NEPOMUCENO *et al.*, 2007) e densidade foliar na parte superior da planta (CATON *et al.*, 2001).

Em soja, o vigor da cultivar e a estatura de planta na fase inicial de crescimento apresentam alta herdabilidade e correlação genética com a supressão de plantas daninhas, sendo um critério ideal para seleção de plantas mais competitivas (JANNINK; JORDAN; ORF, 2001). Através de uma análise conjunta de várias características morfofisiológicas, constatou-se que, entre as cultivares de soja de ciclo precoce, algumas mostraram ser mais competitivas com as plantas daninhas e são indicadas para áreas de maior infestação (PIRES *et al.*, 2005).

O porte de planta e o ciclo de desenvolvimento são características que têm sido associadas positivamente com a habilidade competitiva em soja, tais características morfofisiológicas influenciam as relações de competição entre cultura e plantas daninhas. Cultivares com maior duração de ciclo e estatura mais elevada limitam a produção e o tamanho das sementes de plantas daninhas, devido ao incremento na competitividade da cultura (BENNETT; SHAW, 2000).

Em relação aos parâmetros agrônômicos importantes na habilidade competitiva da soja, Jin *et al.* (2010) ao avaliar 45 genótipos de soja antigos e modernos, disponibilizados para cultivo entre os anos de 1950 e 2016 na China, relataram o decréscimo na estatura das plantas conforme o ano de lançamento (13,8%). Rowntree *et al.* (2014) observaram redução do período vegetativo em cultivares modernas comparativamente a cultivares antigas, essa correlação indica uma associação



negativa com o rendimento de grãos.

Em avaliações de 29 cultivares de soja lançadas entre os anos 1965 e 2011 se descreveu o aumento linear do rendimento biológico, índice de colheita, número de vagens por planta e no rendimento de grãos com o ano de lançamento. Entre as características associadas positivamente ao ano de lançamento foram citadas altura de inserção de primeira vagem, taxas fotossintéticas e de transpiração e índice de clorofila a e b (THODESCHINI et al., 2019).

As características associadas negativamente ao ano de lançamento foram o número de ramos por planta e altura de planta. O número de grãos por vagem, peso de mil grãos, peso da massa seca, eficiência do uso da água e condutância estomática não tiveram relação significativa ao ano de lançamento. Ainda o autor relatou a diminuição do período vegetativo das cultivares ao longo dos anos e a redução do ciclo total das cultivares avaliadas em 0,29 dias por ano de lançamento da cultivar (THODESCHINI et al., 2019).

Após avaliações de 58 acessos de germoplasma e 6 cultivares comerciais, foi observado que o período reprodutivo foi aumentado com o melhoramento, ao contrário do período vegetativo, que sofreu decréscimo (WANG et al., 2015). No entanto, vários estudos também têm demonstrado, que apesar do aumento no período reprodutivo, o ciclo total da cultura vem diminuindo ao longo dos anos (RAMTEKE et al., 2011; LIU et al., 2012; QIN et al., 2017).

Plantas de soja portadoras de estatura elevada e ciclo tardio possuem maior habilidade competitiva do que cultivares de ciclo precoce e detentoras de porte baixo (LAMEGO et al., 2004). Mesmo que possuam crescimento mais lento, cultivares tardias resistem melhor à competição nas fases iniciais de crescimento, demonstrando ser mais flexíveis quanto ao momento de controle, o qual pode ser realizado mais tardiamente sem resultar em prejuízo da produtividade (NORDBY et al., 2007).

#### 2.4 Características de *Bidens pilosa* L. e seu potencial competitivo com espécies cultivadas

O gênero *Bidens* apresenta diversas espécies, entre as quais *Bidens pilosa* L. que se destaca em todo o mundo, por ser uma planta daninha bastante agressiva e, ao mesmo tempo, espécie vegetal de elevado valor medicinal, em razão de suas propriedades farmacêuticas. No Brasil, *B. pilosa* é encontrada em praticamente todo

o território, porém concentra-se nas áreas agrícolas da região Centro-Sul, onde se constitui uma das mais importantes plantas daninhas em culturas anuais e perenes, sendo sua presença quase constante em todas as épocas do ano (SANTOS; CURY, 2011).

Com estatura entre 50 e 130 cm, *B. pilosa* é uma planta herbácea ereta, anual, com odor característico, ramificada desde a base. Seu florescimento inicial cerca de 60 dias após sua emergência. Seus talos são tetragonais, as folhas são compostas, pinadas geralmente com dois pares de folíolos e um folíolo terminal. Os frutos são aquênios alongados, de cor preta com ganchos aderentes numa das extremidades (BARTOLOME; VILLASEÑOR; YANG, 2013).

A planta é resistente a diferentes adversidades e cresce espontaneamente. A formação de sementes é intensa, uma planta simples pode chegar a produzir entre 3000 e 6000 sementes e, após a maturação, a maioria germina em 3 a 4 dias. A germinação dos aquênios ainda pode ocorrer mesmo que estes estejam enterrados por cinco anos profundamente no solo. Apresenta a produção de frutos polimórficos vindo a favorecer a adaptação a ambientes variados (BARTOLOME, VILLASEÑOR; YANG, 2013).

Esta planta daninha pode promover elevada extração de nutrientes do solo, quanto maior a extração, maior será o potencial competitivo com a cultura de interesse. A espécie é capaz de acumular teores e quantidades totais relativamente altos de nitrogênio, fósforo e micronutrientes. Em condições extremas de déficit hídrico, *B. pilosa* pode tolerar mais a competição, pois pode extrair água do solo mesmo em condições de baixo potencial hídrico (ASPIAZÚ *et al.*, 2010).

Ainda apresenta capacidade de regulação da atração e/ou repulsão de microrganismos, provavelmente atribuído à característica de exsudação de uma variedade de compostos pelas raízes, tornando a rizosfera um ambiente altamente regulado e adaptado às variações ambientais (SANTOS; CURY, 2011).

Apesar de sua preferência por sol pleno e solo levemente seco, *B. pilosa* pode crescer em terras áridas e em diferentes altitudes (YANG, 2014). As sementes são fotoblásticas indiferente e sua germinação desuniforme ocorre devido à dormência, que proporciona a sobrevivência e a viabilidade do banco de sementes em condições externas adversas (KLEIN; FELIPE, 1991).

*B. pilosa* é relatada como planta daninha de grande importância para diversas

culturas, inclusive para soja que mostra habilidade em competir com essa planta daninha durante a fase de crescimento vegetativo (PEREIRA et al., 2012; OLIVEIRA; NASCENTE; KLUTHCOUSKI, 2013). O atraso na emergência da soja em relação a *B. pilosa* aumentou os efeitos negativos dessa daninha sobre a cultura. Plantas de soja submetidas à competição com *B. pilosa* apresentaram decréscimo na taxa fotossintética com o incremento da densidade da planta daninha (FERREIRA et al., 2015).

Cultivares de soja como BMX Alvo RR e Fundacep 55RR tiveram seu desenvolvimento afetado negativamente com redução na área foliar e da massa seca da soja, independentemente da proporção das plantas de *B. pilosa* presentes ao longo do seu desenvolvimento (BASSO et al., 2016).

Em função da elevada agressividade que o picão-preto apresenta quando infesta a soja, práticas de manejo são necessárias combinando ações de controle como: solo permanentemente coberto, uso rotineiro da rotação de culturas e adoção de técnicas culturais apropriadas, além da identificação de cultivares que apresentem maior habilidade competitiva na presença de plantas daninhas (RIZZARDI; SILVA, 2014).

## 2.5 Características da *Euphorbia heterophylla* L. (EPHHL) e seu potencial competitivo com espécies cultivadas

O gênero *Euphorbia* é o maior da família Euphorbiaceae, com cerca de 2000 espécies que apresentam variação quanto ao porte (erva, arbusto e árvore). Entre as espécies desse gênero, a mais estudada devido aos danos causados em várias culturas é a *E. Heterophylla*, conhecido popularmente como leiteiro ou amendoim-bravo, sendo nativo do continente americano. É uma planta anual, herbácea, produtora de látex e reprodução exclusivamente por sementes, comumente encontrada em culturas anuais perenes. Podendo florescer cerca de 30 dias após sua emergência. (THAKUR; PALIT, 2011).

Caracteriza-se pela alta capacidade competitiva por recursos como água, luz e nutrientes, podendo ocasionar redução da qualidade e produtividade de grãos na cultura (CARVALHO et al., 2010). Altamente temida pelos sojicultores devido à dificuldade de controle e por gerar perdas de rendimento de até 80% (TANVEER et al., 2013). Essa planta daninha é um forte competidor por nutrientes com a soja,

sobretudo no estágio de florescimento, período em que a soja tem maior requerimento nutricional (BIANCO; PITELLI, CARVALHO, 2007).

Muitos são os estudos realizados quanto a interferência causada por esta planta daninha na cultura da soja. Estudos mostraram que 12 e 52 plantas m<sup>2</sup> de leiteiro, convivendo com a soja durante 45 dias, reduziram o rendimento em 6% e 16%, e as mesmas densidades, convivendo por 115 dias, reduziram a produtividade em 22% e 50%. A cada dez plantas de *E. heterophylla* m<sup>2</sup> reduz em 7% o rendimento de grãos quando o período de convivência com a cultura ocorre durante todo o ciclo (CHEMALE E FLECK, 1982).

A cultura de soja pode apresentar reduções de produtividade de 30 e 50%, respectivamente para densidades de infestação do leiteiro de 12 e 32 plantas m<sup>2</sup> (BRIDGES; BRECKER; BARBOUR, 1992). Assim como, uma infestação de 42,5 plantas m<sup>2</sup> de *E. heterophylla* reduziram em média 30% a produtividade da soja (KARAM et al., 1993). Em experimentos conduzidos no Paraná, observou-se que a convivência da soja com 40 plantas m<sup>2</sup> de leiteiro pode reduzir a produtividade da cultura logo a partir de 11 dias após a emergência (MESCHEDÉ *et al.*, 2002 e 2004).

O período de interferência de *E. heterophylla* na cultura da soja foi estudado por Meschede *et al.* (2002), onde o estande final era composto pela densidade de 12 plantas por metro linear. Constataram que o período total de prevenção à interferência (PTPI) foi de 44 dias e o período anterior a interferência foi de 17 dias, inferior a outros estudos.

A soja mantida com a presença de 1 planta *E. heterophylla* cresceu 12% a mais em altura, enquanto aquela mantida com 16 plantas de *E. heterophylla* cresceu 5% a menos em altura (CARVALHO, 2010). Também, os números de grãos por legume e de legumes por área foram reduzidos quando a soja sofreu competição de *E. heterophylla* (CHEMAELLE; FLECK, 1982).

A redução no número de trifólios da soja mantida livre da convivência com *E. heterophylla* em relação àquela mantida com 16 plantas daninhas foi de 74% (CARVALHO, 2010). Quando mantidas em convivência, *E. heterophylla* causou reduções no acúmulo de matéria seca das plantas de soja, esta situação foi verificada por Adelusi *et al.* (2006). Diversos trabalhos relatam o efeito negativo da competição de plantas daninhas sobre os componentes de produção da soja. Desta forma torna-se de suma importância a escolha de cultivares de soja com maior habilidade

competitiva.

## 2.6 Uso de herbicidas, fitotoxicidade e tolerância da soja

Os herbicidas são a principal e mais importante ferramenta usada no controle de plantas daninhas na cultura da soja. As principais vantagens do controle químico são: eficiência, evitar a competição desde a implantação da cultura, permitir o manejo das plantas daninhas em épocas chuvosas, não revolver o solo, permitir a aplicação em grandes áreas, em operação rápida (VARGAS; ROMAN, 2006).

O modelo de agricultura que atualmente há no Brasil foi consequência da chamada “Revolução Verde”, movimento global desencadeado entre as décadas de 60 e 70, a qual discutiu a forma mais eficiente de aumentar a produtividade de alimento através do desenvolvimento de cultivares melhoradas, fertilizantes e maquinários, e várias modernizações na agricultura (BEZERRA, 2018).

Os agrotóxicos fazem parte do conjunto de tecnologias associadas ao processo de modernização da agricultura. A partir dos anos 70, a utilização de agrotóxicos ocorreu em larga escala, principalmente no sul do país, aplicados nas monoculturas de soja, arroz e trigo (LUCCHESI, 2005).

Herbicidas são substâncias químicas sintéticas capazes de matar ou suprimir o crescimento de espécies específicas. Estes podem ser subdivididos pelo seu mecanismo de ação (inibidores de proteínas, enzimas ou qualquer fase bioquímica atingida pela utilização do herbicida), tipo de uso (dessecação, pré-emergentes e pós-emergentes), grupo químico, atividade (sistêmicos e de contato), tipos de plantas controladas e quanto à sua seletividade (seletivos ou não seletivos) (MARCHI; SANTOS MARCHI; GUIMARÃES, 2008).

Um dos inconvenientes da aplicação de herbicidas é a possibilidade de estes causarem fitotoxicidade à cultura (PETTER; ZUFFO; PACHECO, 2011). Herbicidas podem causar fitotoxicidade em plantas não tolerantes. A seletividade aos herbicidas é a base para o sucesso do controle químico das plantas daninhas na produção agrícola, sendo considerada uma medida da resposta diferencial de diversas espécies de plantas a um determinado herbicida (SOUZA *et al.*, 2009). Refere-se à capacidade do herbicida em eliminar as plantas daninhas sem afetar a produção e qualidade da cultura ou do produto final, sendo a incapacidade do herbicida matar determinada planta que por algum motivo, em muitos casos metabólico, é capaz de reduzir o

potencial tóxico ou mesmo inativar o produto (CARVALHO, 2013).

A seletividade não pode ser determinada apenas pela simples verificação de sintomas visuais de intoxicação, pois são conhecidos exemplos de herbicidas que podem reduzir a produtividade das culturas sem produzir-lhes efeitos visualmente detectáveis. Há também exemplos de herbicidas que provocam injúrias bastante acentuadas, mas que lhes permitem manifestar plenamente seus potenciais produtivos (NEGRISOLI *et al.*, 2004).

## 2.7 Herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase – ALS

A introdução no mercado dos herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS) ocorreu em 1982, com o lançamento da molécula chlorsulfuron para uso em cereais. O uso dos herbicidas inibidores da enzima ALS aumentou intensamente desde a sua introdução e, em 1994, já tinham sido liberados no mercado 30 produtos com essa característica, sendo conhecidas mais de 50 moléculas comerciais desses herbicidas (HEAP, 2011).

Os inibidores da enzima ALS caracterizam-se por estarem entre as classes de herbicidas mais usados no mundo. Eles afetam a síntese de aminoácidos alifáticos e, por consequência, a síntese de proteínas. São ácidos fracos hidrossolúveis e sistêmicos, em geral não são voláteis, são herbicidas seletivos que podem afetar tanto plantas daninhas dicotiledôneas como monocotiledôneas, são ativos no solo possuindo persistência variável, podendo limitar as opções para rotações de culturas. A morte das plantas tratadas com estes herbicidas é lenta e são pouco tóxicos para os mamíferos (ROMAN *et al.*, 2005).

Os herbicidas pertencentes a esse mecanismo agem inibindo a enzima ALS, enzima chave na rota de biossíntese dos aminoácidos valina, leucina e isoleucina. Após absorção, estes herbicidas são rapidamente translocados para áreas em crescimento ativo onde o crescimento é inibido. Com a inibição da enzima, há inibição da divisão celular, acúmulo de cetobutirato (tóxico em altas quantidades) e redução na translocação de fotoassimilados (OLIVEIRA JUNIOR, 2011).

Os sintomas da intoxicação por inibidores de ALS ou AHAS não demoram muito a aparecer devido a sua alta translocação, porém a morte da planta não é tão rápida devido ao sítio de ação estar localizado nos meristemas. Os sintomas de intoxicação são o aparecimento de bordas foliares que tornam-se amareladas, as nervuras,

avermelhadas ou arroxeadas e o limbo foliar apresenta manchas amareladas. As folhas tornam-se enrugadas e o crescimento da planta é paralisado (MARCHI; SANTOS MARCHI; GUIMARÃES, 2008).

Os sintomas mais severos incluem o aparecimento de coloração amarronzada e necrose do nó que liga o pecíolo foliar ao caule, com posterior desenvolvimento da cor marrom na medula; além da morte das gemas apicais, com brotações das gemas laterais e inibição do crescimento radicular da planta (MARCHI; SANTOS MARCHI; GUIMARÃES, 2008).

## 2.8 Herbicidas inibidores da enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX ou PPO)

Os primeiros herbicidas inibidores da enzima PROTOX foram desenvolvidos na década de 60 e são classificados como degradadores de membranas. Durante a atuação destes herbicidas, compostos altamente reativo são rapidamente formados e rompem a membrana, causando vazamento de fluidos celulares (STEPHERSON; BRECKE; NRUH, 2006). A PROTOX está presente no cloroplasto e catalisa a reação de conversão do protoporfirinogênio em protoporfirina IX, precursor de clorofilas e de grupos heme (MARKWELL; NAMUTH; HERNANDES-RIOS, 2006).

Após a aplicação do herbicida, o protoporfirinogênio acumulado no cloroplasto é transportado ao citoplasma, onde é convertido em protoporfirina IX através de oxidação pela PROTOX. A protoporfirina IX, sintetizada no citoplasma, reage com oxigênio ( $O_2$ ), em presença de luz, formando oxigênio singleto ( $^1O_2$ ). Esse composto, extremamente oxidante, inicia o processo de peroxidação de lipídeos da plasmalema, causando destruição da membrana e perda da sua função, levando a planta à morte (OLIVEIRA JUNIOR, 2011).

Herbicidas inibidores da PROTOX são ácidos fracos ou não-ionizáveis, sendo, a maioria, pouco solúvel em água, pós-emergente de contato, não transcolado e ativado pela luz. A adsorção é alta e a persistência no solo é variável entre herbicidas. Em geral, são herbicidas utilizados para controle de folhas largas e algumas gramíneas. Os sintomas da intoxicação por inibidores da PROTOX aparecem relativamente rápido e são caracterizados por aparecimento inicial de manchas escuras, com rápido branqueamento do limbo foliar, dessecação e necrose dos tecidos foliares (MARCHI; SANTOS MARCHI; GUIMARÃES, 2008).

## 2.9 Enzimas de detoxificação

Detoxificação consiste na degradação do herbicida a compostos menos tóxicos ou não tóxicos para as plantas, sendo a base para a tolerância de plantas daninhas e seletividade de culturas a herbicidas, além de, em alguns casos, explicar a resistência de algumas plantas daninhas a herbicidas (CARVALHO, 2013)

Várias reações estão envolvidas na detoxificação de herbicidas pelas plantas, sendo mediadas por algumas enzimas importantes. Basicamente, os herbicidas podem ser degradados através de oxirredução, hidrólise e conjugação. Posteriormente, os metabólitos conjugados produzidos podem ser compartimentalizados nos vacúolos e, então, degradados (POWLES; YU, 2010).

A detoxificação dos herbicidas nas plantas ocorre por meio de dois processos sequenciais: a modificação química do composto e a compartimentalização dos metabólitos produzidos, podendo ser dividida em quatro fases: Fase I – ocorre alteração direta na estrutura química do herbicida decorrente de reações de oxidação, redução ou hidrólise. Fase II – ocorre conjugação do metabólito alterado com metabólitos da planta, como glicose, glutatona ou aminoácidos, produzindo conjugado solúvel em água. Fase III – os metabólitos são exportados do citosol para o exterior celular ou para o vacúolo (compartimentalização). Fase IV – ocorre a degradação dos conjugados compartimentalizados no vacúolo (YUAN *et al.*, 2007).

O sistema antioxidante enzimático, envolve uma operação sequencial e ações simultâneas de diferentes enzimas, as enzimas superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (APX) e catalase (CAT) são as mais importantes no mecanismo de detoxificação. Elas podem ser induzidas, inibidas ou ativadas por efetores endógenos, sendo que o balanço entre as atividades destas enzimas é crucial para a determinação dos níveis basais de radicais  $O_2^{\cdot-}$  e  $H_2O_2$  (BORELLA *et al.*, 2019).

A enzima SOD está presentes em vários compartimentos celulares e catalisa a dismutação do superóxido ânion em peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) e oxigênio molecular ( $O_2^{\cdot-}$ ) (GILL; TUTEJA, 2010). O  $H_2O_2$ , por sua vez, é removido por várias outras enzimas antioxidantes, como CAT, APX e POX (FOYER; NOCTOR, 2005; DUBEY, 2011).

As catalases são um grupo de enzimas que promovem a degradação de duas moléculas de peróxido de hidrogênio (água oxigenada) em água e oxigênio (TABALDI



et al., 2007). A atividade da CAT é muito importante, porém ela é muito sensível as variações de luminosidade e as concentrações de radicais, podendo ter sua atividade inibida (BORELLA et al., 2019).

Na ausência ou baixa concentração de CAT são as peroxidases que ganham destaque. As POX são enzimas que catalisam a reação entre um agente redutor e  $H_2O_2$  para produzir um composto oxidado e água. Um grande grupo de enzimas POX é considerado parte dos mecanismos gerais de proteção nas plantas por remover radicais de  $H_2O_2$  mesmo em baixas concentrações (BOR et al., 2003; LOCATO et al., 2010).

A tolerância de plantas cultivadas muitas vezes está correlacionada ao metabolismo diferencial dos herbicidas. Para que a desintoxicação seja bem-sucedida, o produto fitotóxico (herbicida) deve ser rapidamente metabolizado para um produto menos ou não tóxico reduzindo os danos causados as plantas (NANDULA et al., 2019).

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. Geral:

Analisar cultivares de soja de distintos períodos de lançamento no Brasil, determinando a sua habilidade competitiva com plantas daninhas e a tolerância das mesmas a herbicidas com diferentes mecanismos de ação.

#### 3.2. Específicos

- a) Estabelecer se há correlação entre o ano de lançamento das cultivares de soja e suas habilidades competitivas com as plantas daninhas;
- b) Determinar a existência de características morfofisiológicas diferenciais entre cultivares de soja de diferentes décadas e estabelecer quais apresentam maior correlação com a sua habilidade competitiva;
- c) Analisar os impactos nos componentes do rendimento e calcular a perda percentual da produtividade das cultivares de distintos períodos de lançamento em consequência da interferência de *Bidens pilosa* e *Euphorbia heterophylla*;
- d) Determinar a fitotoxicidade causada por herbicidas de distintos mecanismos de ação sobre cultivares de soja lançadas em diferentes décadas;
- e) Correlacionar a fitotoxicidade causada pelos herbicidas com a atividade das enzimas de detoxificação e o ano de lançamento das cultivares de soja.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS:

### 4.1 Experimentos para determinar a habilidade competitiva de cultivares de sojas com plantas daninhas

#### 4.1.1 Descrição da área dos experimentos

Dois experimentos foram conduzidos a campo, nas safras 2018/19 e 2019/20, na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), *Campus* Pato Branco - PR (26°10'38"S 52°41'22"W), localizada na mesorregião geográfica Sudoeste Paranaense, cujo clima é classificado como clima subtropical úmido (Cfa), de acordo com Koppen-Geiger, com médias anuais de temperatura de 17°C, pluviosidade de 1947 mm e o solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (IAPAR).

#### 4.1.2 Preparo da área

Anteriormente à instalação dos experimentos, o solo das áreas foi coletado e analisado, de modo a caracterizar sua composição química. Nos dois experimentos foram empregados 200 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante formulado do tipo 08-28-16 (N-P-K) na preparação para a semeadura da soja.

Previamente à implantação, a área dos dois experimentos foi dessecada com glyphosate (980 g i.a. ha<sup>-1</sup>), visando o controle das plantas infestantes. Os experimentos foram irrigados cerca de duas horas duas vezes por semana.

#### 4.1.3 Dados climatológicos

Nas Figuras 1 e 2 são apresentados os registros mensais de precipitação, temperatura máxima, mínima e média coletados na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus Pato Branco no primeiro (*B. pilosa*) e segundo (*E. heterophylla*) experimentos.

Figura 01 - Precipitação pluviométrica e temperaturas mínima e máxima durante o período de condução do experimento com *B. pilosa*. Pato Branco – PR, 2018/2019.

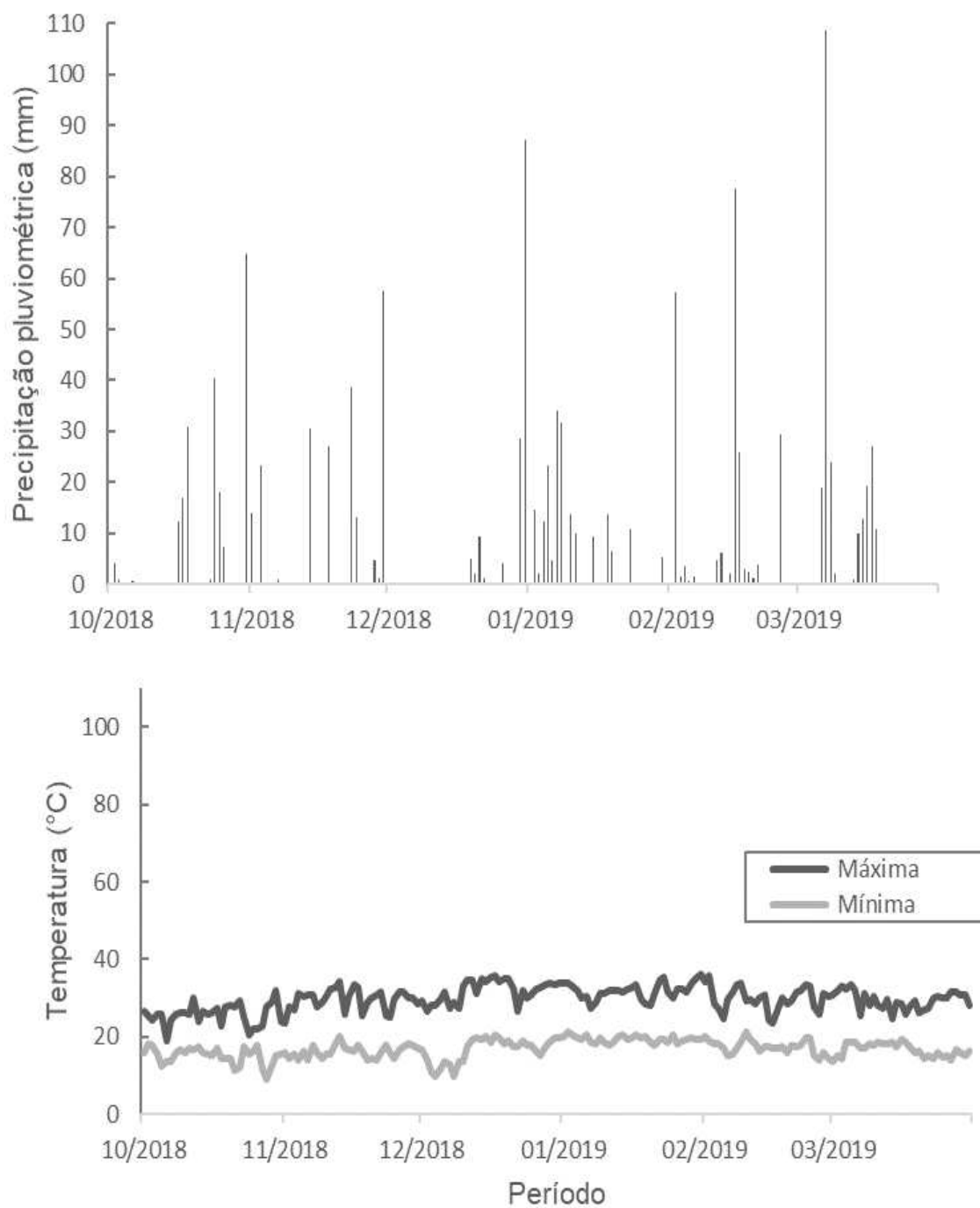
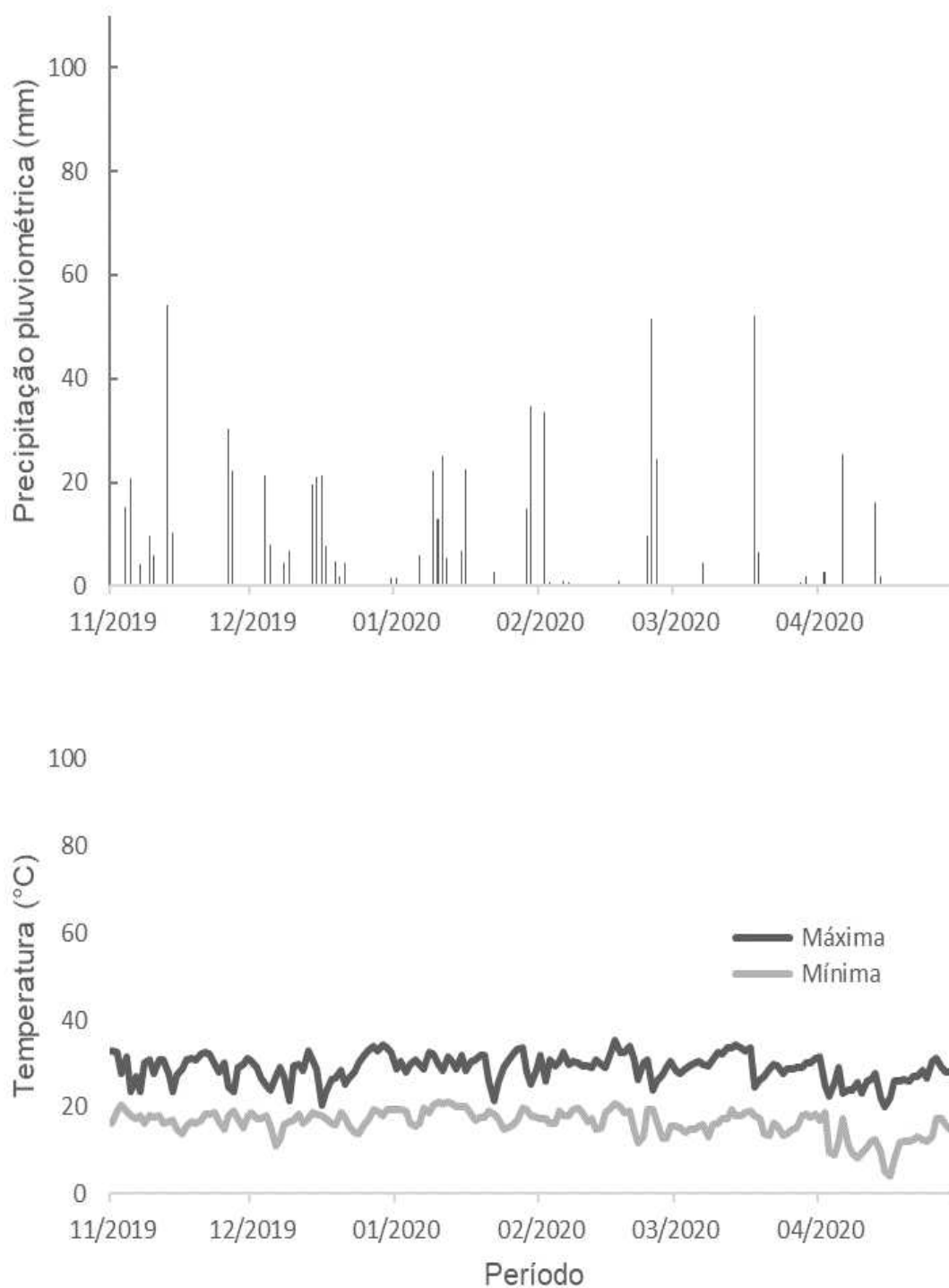


Figura 02 - Precipitação pluviométrica e temperaturas mínima e máxima durante o período de condução do experimento com *E. heterophylla*. Pato Branco -PR, 2019/2020.



#### 4.1.4 Tratamentos e delineamento experimental

Competição entre as cultivares e as plantas daninhas

O experimento com *B. pilosa* foi implantado na safra das “águas” (2018/2019) com semeadura no dia 29 de outubro de 2018. Foram semeadas manualmente 11 plantas de soja por metro linear e quatro dias antes, foram depositadas nas entrelinhas de uma das subparcelas de cada parcela principal as sementes de *B. pilosa*, sendo mantidas 18 plantas por metro linear (40 plantas por m<sup>2</sup>). As sementes da planta daninha foram adquiridas comercialmente da empresa Agrocósmos, Engenheiro Coelho, São Paulo.

As unidades experimentais (parcela principal) foram compostas por duas subparcelas com cinco linhas de seis metros de comprimento cada e espaçamento de 0,45 m entre linhas. Foi considerado como área útil, as três linhas centrais de cada subparcela, descartando 0,5 m de cada extremidade.

O experimento com *E. heterophylla* foi realizado na safra 2019/2020, sendo a semeadura da soja efetuada em meados do mês de novembro, devido à seca e a desuniformidade na germinação da cultura na primeira tentativa de plantio na última semana de outubro. A semeadura foi realizada de forma mecanizada com densidade de 10 plantas de soja por metro linear e entre as linhas das subparcelas foram depositadas 8 sementes de *E. heterophylla* por metro linear (18 plantas por m<sup>2</sup>). As sementes de *E. heterophylla* são de cultivo próprio do núcleo de investigação em ciências das plantas daninhas (NIPED- UTFPR/PR) com progenitores identificados.

As unidades experimentais (parcela principal) foram compostas por duas subparcelas com seis linhas de seis metros de comprimento cada e espaçamento de 0,45 m entre linhas. Foi considerado como área útil, as quatro linhas centrais de cada subparcela, descartando 0,5 m de cada extremidade.

Para ambos os experimentos o delineamento utilizado foi em blocos casualizados, com parcelas subdivididas e três repetições, em esquema fatorial 12 x 2, com fator A, na parcela principal, representado pelas cultivares de soja e o fator B, na subparcela, representado pela presença ou não da espécie daninha. Foram avaliadas 12 cultivares de soja, disponibilizadas para cultivo no Brasil entre os anos de 1965 e 2017 (Tabela 1) em sistema de plantio direto, sendo analisando o seu desenvolvimento sob interferência ou não das plantas daninhas *B. pilosa* e *E. heterophylla*. As sementes de soja foram doadas do banco de sementes da Embrapa soja (2018).

Tabela 1 - Cultivares avaliadas e seus respectivos anos de lançamento, instituição detentora e hábito de crescimento. UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2019.

Cultivar	Ano de lançamento		Hábito de crescimento
Davis	1965	Embrapa	Determinado
Bragg	1966	Embrapa	Determinado
IAS 5	1973	Embrapa	Determinado
Paraná	1974	Embrapa	Determinado
BR-16	1987	Embrapa	Determinado
FT-Abyara	1988	FT Sementes	Determinado
Embrapa 48	1995	Embrapa	Determinado
BRS 133	1997	Embrapa	Determinado
BRS 232	2003	Embrapa	Determinado
BMX Potência RR	2007	BRASMAX	Indeterminado
Monsoy 5838 IPRO	2017	Monsoy	Indeterminado
Zeus 55157 RSF IPRO	2017	BRASMAX	Indeterminado

As sementes de soja foram tratadas com o produto comercial Standak Top (fipronil 250 g L<sup>-1</sup>, piraclostrobina 25 g L<sup>-1</sup>, tiofanato-metílico 225 g L<sup>-1</sup>) e inoculadas com GRAP NOD+ (dose 120 g para 100 kg de semente), inoculante turfoso contendo *Bradyrhizobium japonicum*, SEMIA 5079 e 5080, concentração 7.10<sup>9</sup>.

O controle de plantas indesejáveis após a implantação do experimento ocorreu por arranquio e o controle de doenças e pragas foi efetuado com a utilização de produtos químicos específicos para a cultura da soja, de acordo com as recomendações técnicas e agronômicas da Embrapa Soja, rotacionando os produtos utilizados em cada aplicação (EMBRAPA, 2005).

De forma preventiva nos dois anos agrícolas foram utilizados os produtos comerciais FOX (trifloxistrobina – 150 g L<sup>-1</sup>, protioconazol – 175 g L<sup>-1</sup>), Unizeb Gold (mancozebe – 750 g kg<sup>-1</sup>), Ativum (epoxiconazol – 50 g L<sup>-1</sup>, fluxapiraxade – 50 g L<sup>-1</sup>, piraclostrobina – 81 g L<sup>-1</sup>), Bravonil (clorotalonil – 500 g L<sup>-1</sup>), Vessarya (picoxistrobina – 100 g L<sup>-1</sup>, benzovindiflupir – 50 g L<sup>-1</sup>) e Arouch Prima (picoxistrobina – 200 g L<sup>-1</sup>, ciproconazol – 80 g L<sup>-1</sup>), a fim de evitar a ferrugem-asiática ou ferrugem-da-soja (*Phakopsora pachirhizi*).

Para o controle de insetos foram utilizados os produtos comerciais Connect (imidacloprido – 100g L<sup>-1</sup>, beta-ciflutrina – 12,5 g L<sup>-1</sup>), Certero (triflumurom – 480 g L<sup>-1</sup>).

<sup>1)</sup>, Platinum Neo (tiametoxam – 141 g L<sup>-1</sup>, (lambda-cialotrina – 106 g L<sup>-1</sup>, nafta de petróleo 72,76 g L<sup>-1</sup>) , Oberon (espiromesifeno – 240 g L<sup>-1</sup>) e Ampligo (lambda-cialotrina – 50 g L<sup>-1</sup>, clorantraniliprole) – 100 g L<sup>-1</sup>, nafta de petróleo – 40,9 g L<sup>-1</sup>) e os adjuvantes Nimbus (óleo mineral – 428 g L<sup>-1</sup>) e Aureo (éster metílico de óleo de soja – 720 g L<sup>-1</sup>). Sempre utilizando a dose comercial recomendada para a cultura da soja.

#### 4.1.5 Determinações efetuadas

Durante o desenvolvimento da cultura os dados fenológicos de emergência (VE), início do florescimento (R1), e maturação completa (R8), foram avaliados de acordo com o descrito por Fehr e Caviness (1977).

Foram coletadas aleatoriamente 10 plantas de cada subparcela e analisados os seguintes parâmetros: (1, 2 e 3 em V7 e R8 para *B. pilosa* e V5 e R8 para *E. heterophylla*)

- 1) Altura média de planta: usando fita métrica, foi mensurado da base do solo até o meristema apical;
- 2) Massa seca de ramos e folhas: das plantas coletadas foram separados seus caules e ramos com folhas e posteriormente levadas a estufa de circulação de ar a 60 °C até que sua massa permanecesse constante para pesagem;
- 3) Largura do dossel: mensurado por meio de uma fita métrica, a distância entre as pontas distais das folhas mais externas na parte mais larga das plantas;
- 4) Área foliar: Foi mensurado a área foliar, através do equipamento integrador de área foliar em 2019 e pelo programa ImageJ, versão 1.51k para Java (RASBAND, 2017), em 2020, no estádio R5;
- 5) Número de ramos e trifólios: Foram contados os ramos e trifólios de cada planta coletada no estádio R8;
- 6) Diâmetro do caule: com auxílio de um paquímetro foi aferido a circunferência do caule logo acima do nível do solo no estádio R8.
- 7) Altura de inserção da primeira vagem: com auxílio de uma trena foi mensurado a altura da primeira vagem, do nível do solo até sua inserção no estádio R8;
- 8) Número de vagens por planta: foi contado o número de vagens por planta no estádio R8;
- 9) Número de grãos por vagem: foi calculada a média de grãos por planta após trilha das vagens no estádio R8;



10) Produtividade relativa e total (rendimento de grãos): A produtividade foi obtida pela colheita manual das plantas em toda área útil no estádio R8, com posterior trilha e correção da umidade dos grãos para 13% como segue:

$$PGC = ((100-UGA)*\text{peso da massa de grãos})/(100-UGR))$$

PGC = peso de grãos corrigido

UGA = umidade dos grãos atual (%)

UGR = umidade dos grãos requerida (%).

Os resultados de produtividade serão apresentados em  $\text{kg/ha}^{-1}$ .

11) Massa de mil grãos: Foram escolhidos aleatoriamente mil grãos, secos a umidade de 13% e posteriormente pesados em balança analítica.

12) Contagem do número de plantas na área útil.

13) Índice de acamamento analisado seguindo a escala adaptada de Bernard; Chamberlain e Lawrence (1965), onde a nota 1 indica que todas as plantas da parcela encontravam-se eretas, nota 2 indica que algumas plantas da parcela estão inclinadas ou ligeiramente acamadas, nota 3 indica que todas as plantas da parcela estão moderadamente inclinadas ou 25 a 50% estão acamadas nota 4 indica que toda as plantas da parcela estão severamente inclinadas ou 50 a 80% estão acamadas e nota 4 indica que todas as plantas da parcela estão acamadas.

#### 4.1.6 Análises estatísticas

Os dados foram testados quanto à normalidade e homogeneidade (Liliefors e Bartlett), e submetidos à análise de variância (ANOVA), as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância, através do programa estatístico GENES (CRUZ, 2016). Foram realizadas análises de regressão pelo programa SigmaPlot 12.5 (SYSTAT SOFTWARE Inc. 2013) e para as variáveis não paramétricas foi realizado o teste de Friedman no programa estatística Action Stat (ESTATCAMP, 2014).

Realizou-se também análise de correlação simples de Pearson (5%), utilizando o programa estatístico GENES (CRUZ, 2016). O coeficiente de correlação de Pearson é utilizado para expressar o grau de associação entre duas variáveis numéricas.

O coeficiente de correlação de Pearson (r) varia entre -1 e +1 e valores próximos de 0 indicam ausência de correlação linear. A determinação dos valores das correlações existentes entre os parâmetros avaliados segue os índices adaptado de

Dancey e Reidy (2005), onde coeficientes cujo valores estão entre 0,10 e 0,39 indicam correlações fracas, valores entre 0,40 e 0,69 indicam correlações moderadas, valores entre 0,70 e 0,99 indicam correlações fortes e correlações de valor 1,0 são ditas como perfeitas sejam estes valores positivos ou negativos.

## 4.2 Tolerância a herbicidas

Inicialmente dois experimentos foram realizados em casa de vegetação situada nas dependências da Área Experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Pato Branco, nos anos de 2019 e 2020. O primeiro e segundo experimentos analisaram a resposta de cultivares de soja aos herbicidas chlorimuron-ethyl e lactofen, respectivamente.

### 4.2.1 Delineamento experimental

O delineamento utilizado na casa de vegetação foi inteiramente casualizado, em arranjo fatorial, com três repetições. Sendo um bifatorial (qualitativo/quantitativo) onde o fator A corresponde a seis cultivares de soja de diferentes épocas de lançamento (Tabela 2) enquanto o fator B corresponde a diferentes doses do herbicida.

Foram aplicados 5 tratamentos, a testemunha corresponde a dose 0x (parcelas sem aplicação), 1x a dose comercial de chlorimuron-ethyl (80 g) convertida para uma calda de 20 L (5,3 g), o tratamento 2x chlorimuron-ethyl, o qual foi composto por 10,6 g do produto. Para o tratamento 1x lactofen utilizou-se a dose comercial recomendada (0,75 L) convertida para uma calda de 20 L (0,75 mL) e o último tratamento 2x lactofen foi utilizado 150 mL do ingrediente ativo.

Para a realização destes experimentos foram utilizados herbicidas de diferente mecanismo de ação: lactofen (marca comercial Cobra – inibidor da PROTOX) e Chlorimuron – ethyl (marca comercial Classic – inibidor da ALS).

Tabela 2 - Cultivares avaliadas e seus respectivos anos de lançamento, instituição detentora e hábito de crescimento. UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2019. UTFPR, Campus Pato Branco - PR, 2018/2019.

Cultivar	Ano de lançamento		Hábito de crescimento
Bragg	1966	Embrapa	Determinado
Paraná	1974	Embrapa	Determinado
FT Abyara	1988	FT Sementes	Determinado
BRS 133	1997	Embrapa	Determinado
BMX Potência rr	2007	BRASMAX	Indeterminado
Monsoy 5838	2017	Monsoy	Indeterminado

Vasos com capacidade de cinco litros foram preenchidos com latossolo vermelho distrófico, sendo este solo, analisado, corrigido, peneirado e adubado. Posteriormente foram semeadas cinco sementes de soja por vaso sendo feito desbaste com tesoura para um estande de três plantas, no estágio VC (cotilédones completamente abertos). A irrigação ocorreu pelos aspersores da casa de vegetação diariamente, mantendo condições adequadas para a cultura da soja.

A aplicação dos herbicidas foi realizada quando a soja se encontrava no estágio V3. Os vasos de cada tratamento foram retirados da casa de vegetação para a aplicação dos tratamentos, com as condições ambientais e no horário indicado na bula de cada produto. Os herbicidas foram aplicados utilizando pulverizador a pressão constante de CO<sub>2</sub>, com bicos leque 110.02 tipo XR e volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>.

#### 4.2.2 Parâmetros avaliados

As variáveis analisadas para as cultivares submetidas aos diferentes tratamentos foram:

- 1) Tolerância relativa: avaliada aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) usando a escala de Frans *et al.* (1986) com modificações, onde 100 corresponde ausência de sintomas (tolerância completa) e 0 corresponde à morte da planta (completa sensibilidade).
- 2) Estatura média da planta: usando régua e/ou fita métrica, foi mensurado da base do solo até o meristema apical, sendo realizado um dia antes da aplicação dos tratamentos e aos 7, 14, 21 e 28 DAA.
- 3) Área foliar: analisado pelo integrador de massa foliar aos 28 DAA no ano de 2019 e pelo programa ImageJ no ano de 2020.
- 4) Massa seca total: o caule e a parte aérea das plantas foram colocados em sacos de papel Kraft aos 28 DAA e posteriormente acondicionados em estufa de circulação de ar para secagem e pesagem.
- 5) Atividade enzimática: A coleta do material para a análise da atividade enzimática foi realizada 48 horas após a aplicação dos herbicidas (WANG; ZHOU; RENA, 2009; FERREIRA *et al.*, 2010).

#### 4.2.3 Análise enzimática

Após aplicação dos tratamentos, foi coletado material vegetal para quantificação da atividade de enzimas de estresse oxidativo catalase (CAT), peroxidase (POX) e superóxido dismutase (SOD) 48 horas após a aplicação dos herbicidas. Foi coletado aproximadamente 1g de material vegetal (folhas) sendo acondicionado em envelopes de papel alumínio e rapidamente congelado com nitrogênio líquido.

As amostras foram armazenadas em freezer a  $-20^{\circ}\text{C}$  até o momento da realização das determinações enzimáticas que ocorreram no laboratório de Bioquímica e Fisiologia Vegetal da UTFPR- PB. Para a determinação enzimática foram seguidos os seguintes protocolos:

O tampão de extração utilizado foi constituído por tampão fosfato de potássio (TKP) 100mM pH 7,5, acrescido de 1mM de EDTA, 5 mM de DTT (ditiotreitól) e 1% (m/v) de PVP (polivinilpirolidona). Foram empregados 8 mL de tampão de extração para cada 1g de material vegetal. A maceração foi realizada utilizando nitrogênio líquido e o material foi centrifugado por 10 min em centrífuga refrigerada a  $4^{\circ}\text{C}$  a 12.000x g. O precipitado foi descartado e o sobrenadante armazenado. Posteriormente a amostra armazenada foi utilizada como extrato enzimático. O teor de proteínas foi determinado pela metodologia proposta por Bradford (1976).

A atividade de SOD (EC: 1.15.1.1) foi realizada com base na metodologia proposta por Giannopolitis e Ries (1977). O meio de reação foi composto por TKP 55,5 mM, pH 7,8, EDTA 0,1 mM, NBT 0,075 mM, metionina 13 mM e riboflavina  $2\ \mu\text{M}$ . Para a reação, foram adicionados 25  $\mu\text{L}$  do extrato enzimático a 3000  $\mu\text{L}$  de meio de reação, mantidos incubados sob lâmpada fluorescente de 15 Watts por 10 minutos, já para o controle foi realizado o mesmo procedimento de reação, porém as amostras permaneceram por 10 minutos no escuro. Para o branco foi realizada a reação substituindo o extrato enzimático pelo tampão de extração. As leituras foram realizadas em cubetas de polipropileno em espectrofotômetro a 560 nm mantendo o ambiente escuro, tanto nas leituras quanto no preparo dos reagentes. Foi considerada uma unidade de SOD a quantidade de enzima capaz de inibir 50% da fotorredução do NBT nas condições do presente estudo. A atividade da enzima foi expressa em unidades por miligrama de proteína ( $\mu\text{m mg proteína}^{-1}$ ).

A quantificação da atividade da CAT (EC: 1.11.1.6) foi realizada baseada na metodologia proposta por Shabala e Cuin (2012). Utilizou-se TKP 50 mM pH 7,0, acrescido de 16 mM de peróxido de hidrogênio. O consumo de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> foi monitorado a 25°C por 60 s no comprimento de onda de 240 nm, em cubeta de quartzo, contendo 25 µL do extrato enzimático e um volume final de 3025 µL. Para cálculo da atividade enzimática foi utilizado o coeficiente de extinção molar do peróxido de hidrogênio como 39,4 mM<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>, e esta foi expressa em µM min<sup>-1</sup> mg<sup>-1</sup> de proteína.

A enzima POX (EC: 1.11.1.7) teve sua atividade determinada conforme metodologia proposta por Flurkey e Jen (1978) com as concentrações de substrato seguindo sugestões de Cakmak e Horst (1991) e Srivastava e Dwivedi (2000). A reação foi composta por TKP 50 mM pH 6,0, guaiacol 7,5 mM e 15 mM de peróxido de hidrogênio. A formação de tetraguaiacol foi monitorada em espectrofotômetro a 470 nm por 60s, em cubeta de polipropileno contendo 5 µL do extrato enzimático e um volume final de 3005 µL. Para o cálculo da atividade enzimática foi utilizado o coeficiente de extinção molar de 26,6 mM<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup> e a atividade expressa em µM min<sup>-1</sup> mg<sup>-1</sup> de proteína.

#### 4.2.4 análises estatísticas

Os parâmetros de tolerância e morfológicos foram testados quanto a normalidade e homogeneidade por meio dos testes de Liliefors e Bartlett e os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA).

Quando identificadas diferenças significativas entre os dados, as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott ( $p > 0,05$ ) utilizando o programa Genes (CRUZ, 2016) e os gráficos foram construídos com o auxílio do software SigmaPlot 12.5 (SYSTAT SOFTWARE Inc. 2013).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Experimento com *Bidens pilosa*

#### 5.1.1. Duração dos estádios fenológicos da soja

As cultivares utilizadas neste experimento apresentaram distintas durações dos estádios fenológicos e do ciclo total de desenvolvimento (período emergência – maturação fisiológica) seja sob interferência das plantas daninhas ou não (Tabela 3). A cultivar Zeus apresentou o ciclo total mais curto (128 dias), com uma diferença de 25 dias em comparação a de ciclo mais longo, cultivar BRS 133 com 153 dias de ciclo total.

Tabela 3 - Dados fenológicos em dias para emergência após semeadura e dias para os estágios fenológicos R1, R3, R5 e R8 após semeadura, de doze cultivares de soja sob interferência ou não da planta daninha *Bidens pilosa*. Pato Branco – PR, 2018/2019.

Cultivares	Emergência DAS	R1 DAE	R3 DAE	R5 DAE	R8 DAE
Davis	5	69	85	101	144
Bragg	5	69	85	96	148
IAS 5	5	59	80	96	143
Paraná	5	64	82	99	144
BR 16	5	64	78	96	143
FT Abyara	5	67	90	103	148
Embrapa 48	5	64	87	103	148
BRS 133	5	69	92	103	153
BRS 232	5	63	82	99	149
BMX Potência RR	5	63	88	96	143
Monsoy 5838 IPRO	5	57	82	92	136
Zeus 55157 RSF IPRO	5	39	69	78	128

Cultivares como Davis, Bragg, IAS 5, Paraná, BR-16, FT Abyara, Embrapa 48, BRS 133 e BRS 232 apresentam hábito de crescimento determinado. Nestas cultivares, a planta não emite novos nós no caule após o florescimento (estádio R1), as primeiras flores surgem no terço médio superior e as últimas no terço inferior do caule, as plantas apresentam legumes axilares e no nó terminal e normalmente as folhas do ápice são semelhantes em tamanho às demais (THOMAS, 2018).

As cultivares BMX Potência, Monsoy 5838 e Zeus apresentam hábito de crescimento indeterminado, pois continuam a emitir novos nós no caule após o florescimento. Apresentam legumes axilares e ausência ou poucos legumes no nó terminal, o florescimento inicia no terço inferior do caule e as folhas do ápice do caule

apresentam tamanho menor do que as do terço médio e inferior. Por apresentarem folhas menores no topo da planta as cultivares de ciclo indeterminado podem abrir brechas solares que acabam beneficiando as plantas daninhas abaixo do dossel (THOMAS, 2018).

Neste sentido, espera-se que as cultivares de ciclo determinado apresentem um dossel mais bem estruturado com folhas maiores, auxiliando o sombreamento e a supressão das plantas daninhas. Como elas cessam seu crescimento na fase reprodutiva, em meio à interferência e competição com plantas daninhas, podem direcionar todos os fotoassimilados produzidos para a produção de vagens e enchimento de grãos.

No estágio R5 a planta necessita de energia para manter as vagens, para suprir a demanda de novas estruturas reprodutivas que vão surgindo e ainda encher os grãos. A interferência de plantas daninhas pode levar a perda do potencial produtivo originando grãos de menor peso e tamanho e vagens com menos grãos (NAVARRO JUNIOR; COSTA 2002). A análise do comportamento de cultivares sob interferência de plantas daninhas torna-se importante para determinarmos sua habilidade competitiva.

#### 5.1.2. Interferência de *B. pilosa* sobre caracteres vegetativos e reprodutivos da soja

Todos os caracteres analisados apresentaram interação significativa entre os fatores cultivar e presença de *B. pilosa*, ou seja, as cultivares foram influenciadas de forma distinta pela presença ou não da espécie daninha, assim como a resposta competitiva de *B. pilosa* foi influenciada pelas cultivares de soja (Tabela 4). Devido às características genéticas peculiares e a influência do ambiente, as cultivares se desenvolveram de forma distinta entre si e entre as situações de interferência ou não com *B. pilosa*.

Tabela 4 - Análise de variância de um experimento bifatorial (sem ou com *Bidens pilosa* x cultivares de soja) em parcelas subdivididas no DBA, para as variáveis altura de planta (AP em V7 e R8), largura do dossel (LD em V7 e R5), área foliar (AF em R5), massa seca de parte aérea (MSPA em V7 e R5) número de ramos por planta (NR em R8), diâmetro do caule (DC em R8), altura de inserção da primeira vagem (AIPV em R8), número de vagens por planta (NV em R8), número de grãos por vagem (GV em R8), massa de mil grãos (MMG em R8) e rendimento de grãos (RG). Pato Branco - PR, 2018/2019.

Causas de variação	GL	QUADRADOS MÉDIOS													
		AP V7	AP R8	LD V7	LD R5	AF R5	MSPA V7	MSPA R5	NR	DC	AIPV	NV	GV	MMG	RG
Bloco	2	2,7	15,6	1,3	0,2	15143159,09	2,3	1883,1	4,6	0,003	0,1	2604,3	0,06	25,4	30768,1
Cultivar	11	74,7*	1104*	39,6*	229,3*	101282052,6*	34,9*	14633,1*	9,2*	0,1*	126,4*	82509,7*	0,5*	3468,03*	2220348,2*
Erro A	22	0,4	23,0	3,0	5,2	9490617,3	3,2	411,3	1,5	0,006	10,8	2235,0	0,05	71,3	33567,5
<i>B. pilosa</i>	1	119*	2049*	2156*	1992,5*	5158028296,3*	2704,9*	561762,9*	247*	0,7*	1061*	2508,8*	0,5*	4139,4*	68654844,0*
Interação	11	8,01*	212*	20,4*	34,7*	54644440,6*	12,5*	4966,4*	5,5*	0,06*	95,1*	30425,8*	0,4*	546*	1702367,1*
Erro B	24	0,51	31,6	4,0	3,4	54644440,6	2,5	634,28	2,1	0,003	5,1	3906,3	0,03	66,4	47658,8
Média Geral		24,4	116	33,7	33,6	22386,4	27,8	188,55	12	0,8	19,8	563	1,6	168,1	1919,9
CV (%) Parcela		2,8	4,1	5,1	6,8	13,7	6,4	10,75	10,2	9,0	16,6	8,3	14,6	5,0	9,5
CV (%) Sub-parcela		2,9	4,9	5,9	5,5	14,0	5,7	13,55	12,2	6,8	11,4	11,1	11,5	4,8	11,3

\*Significativo em nível de 5% de probabilidade de erro. <sup>ns</sup> não significativo.



A altura de planta (Tabela 5) foi influenciada pela presença de *B. pilosa* na maioria das cultivares e diferiu também, entre as cultivares utilizadas. No estádio V7 na ausência de plantas de picão preto, a cultivar Bragg apresentou maior altura de planta, superando em 33,4% a altura da cultivar Monsoy 5838 e ambas diferiram das demais cultivares. Sob interferência da planta daninha BRS 232 que não diferiu de Bragg apresentou maior altura de planta, 32,7% a mais do que Monsoy 5838 que não diferiu de BRS 133 e Zeus.

Quando comparado a altura de planta entre as condições de plantio no estádio V7 as cultivares BRS 133 e Zeus não apresentam diferença significativa de altura. A cultivar Embrapa 48 foi a única a não estiolar sob interferência apresentando altura 10% maior na condição sem planta daninha em comparação a sua altura na condição de interferência, IAS 5 apresentou maior diferença entre as condições de cultivo, sua altura sob interferência foi 24% maior do que na ausência de planta daninha e Zeus teve a menor diferença, de 5% entre as condições.

No estádio R8, sem interferência de planta daninha a cultivar IAS 5 e FT Abyara, que não diferiram de Davis, BR 16, BRS 232 e Zeus, apresentaram a menor altura de planta entre as cultivares, 33,2% menos do que a cultivar BMX Potência. Na presença de *B. pilosa* a cultivar Zeus apresentou menor estatura de planta, 36,2% mais baixa do que BMX Potência que permaneceu com a maior altura de planta entre as doze cultivares.

Entre as condições avaliadas as cultivares Bragg, BMX Potência e Zeus tiveram redução na altura de planta quando estas encontravam-se sob interferência, Zeus Reduziu sua altura média em 8,9% devido a presença de *B. Pilosa*, indicando o baixo potencial competitivo destas cultivares frente a competição por água e nutrientes. As demais cultivares incrementaram sua altura sob interferência e o maior estiolamento foi observado para a cultivar Davis (24,6%).

Tabela 5 - Altura de planta de doze cultivares de soja nos estádios V7 e R8 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de *Bidens pilosa*. Pato Branco – PR, 2018/2019.

Altura de planta V7 (cm)				
Cultivar	Ano	Sem <i>B. pilosa</i>	Com <i>B. pilosa</i>	Diferença (%)
Davis	1965	20,7 Be	22,6 Ae	8,8
Bragg	1966	28,7 Ba	31,8 Aa	10,6
IAS 5	1973	20,5 Be	25,4 Ac	24,0
Paraná	1974	25,3 Bd	29,6 Ab	17,0
BR 16	1987	24,7 Bd	29,4 Ab	18,7
FT Abyara	1988	20,7 Be	22,6 Ae	9,1
Embrapa 48	1995	28,0 Ab	25,0 Bc	-10,7
BRS 133	1997	21,3 Ae	21,9 Af	2,8
BRS 232	2003	27,2 Bc	32,1 Aa	18,0
BMX Potência RR	2007	20,0 Bf	24,1 Ad	20,0
Monsoy 5838 IPRO	2017	19,1 Bg	21,6 Af	12,7
Zeus 55157 RSF IPRO	2017	21,1 Ae	22,17 Af	5,0

Altura de planta R8 (cm)				
Cultivar	Ano	Sem <i>B. pilosa</i>	Com <i>B. pilosa</i>	Diferença (%)
Davis	1965	104,7 Bc	130,5 Ac	24,6
Bragg	1966	112,1 Ab	107,9 Af	-3,7
IAS 5	1973	98,8 Ac	104,8 Af	6,0
Paraná	1974	115,7 Bb	134,4 Ab	16,2
BR 16	1987	101,1 Bc	123,9 Ad	22,4
FT Abyara	1988	98,8 Bc	112,8 Ae	14,2
Embrapa 48	1995	114,1 Bb	137,7 Ab	20,6
BRS 133	1997	119,4 Bb	135,9 Ab	13,7
BRS 232	2003	101,2 Bc	115,9 Ae	14,5
BMX Potência RR	2007	148,1 Aa	144,6 Aa	-2,3
Monsoy 5838 IPRO	2017	113,1 Ab	115,8 Ae	2,3
Zeus 55157 RSF IPRO	2017	101,2 Ac	92,2 Ag	-8,9

\*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas comparando sem e com competição dentro de cada cultivar e letras minúsculas comparando as cultivares dentro de cada condição de cultivo não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

A diferença percentual de altura entre plantas de soja sem e com competição da soja em ambos os estádios avaliados (Figuras 3A e 3B) não foi significativa.

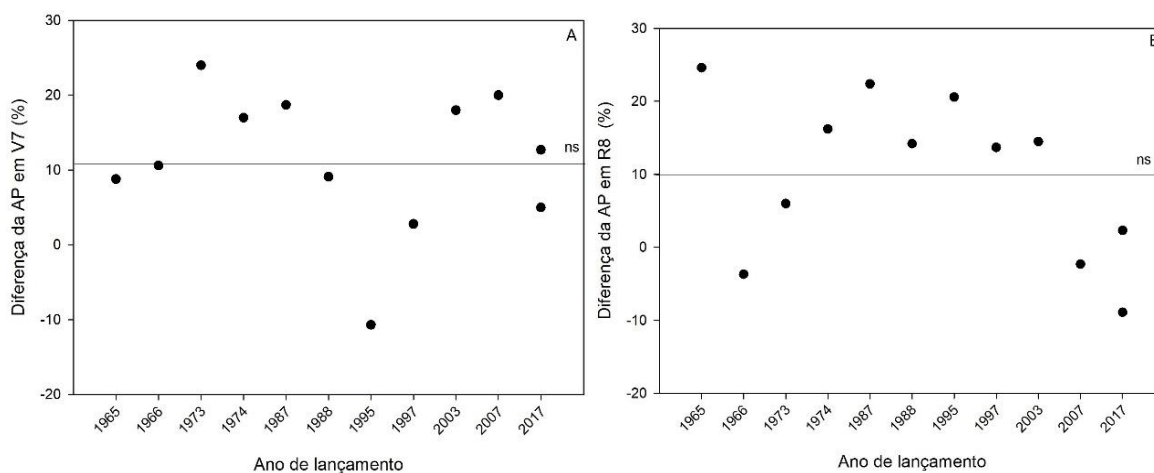


Figura 03 - Relação entre a diferença percentual da altura de plantas de soja (sem e com interferência) e ano de lançamento das cultivares nos estádios V7 (A) e R8 (B). Pato Branco – PR, 2018/2019.

A expressão da altura de planta, depende principalmente do ambiente e cultivar utilizada (genótipo). O incremento na altura de planta, que ocorreu para a maioria das cultivares, pode ser explicado por que as plantas conseguem detectar a presença de outras plantas nas proximidades pela redução da razão vermelho:vermelho extremo (V:Ve). Como resposta, por meio da fotomorfogênese, ocorre o estiolamento do caule e a redução da emissão de ramificações e isso explica o incremento do crescimento sob interferência com plantas daninhas (VIDAL; MEROTTO, 2008).

A planta sob interferência pode, na maioria das vezes, destinar a maior parte dos fotoassimilados para a sua parte aérea para incrementar o dossel, fenômeno que é conhecido como inicialismo. Ao contrário, a redução da altura em algumas cultivares pode ser explicada, pois, para estas, o processo competitivo foi mais importante que o inicialismo (VIDAL; MEROTTO, 2008).

A altura da planta é uma característica importante e pode influenciar a interferência interespecífica, dependendo da cultura, do modo de crescimento da planta daninha e do período de competição. A altura da planta cultivada, juntamente com a área foliar, pode influenciar a habilidade de interferência das plantas daninhas, reduzindo a penetração da luz e refletindo em menores perdas na produção (DUARTE; SILVA; SOUZA, 2002). Além da altura e da rápida expansão da área foliar, o aumento da capacidade competitiva de plantas cultivadas é atribuído à emergência precoce, elevado vigor de plântulas, formação de dossel denso, ciclo de desenvolvimento longo e rápido crescimento do sistema radicular (HAUGLAND; TAWFUQ, 2001).

Segundo Lemaire (2001) a espécie com maior habilidade competitiva deve desenvolver mais rapidamente uma arquitetura para interceptar luz, o que resulta em rápida expansão de área foliar e rápida ocupação da camada superior do dossel por meio do alongamento da bainha, pecíolo e entrenós do colmo.

A largura do dossel (LD) é um fator importante para o fechamento rápido dos espaços e sombreamento das plantas daninhas. No estágio V7 e sem a presença de plantas daninhas a maior LD foi observada nas cultivares Davis e Paraná, que não diferiram de FT Abyara, Embrapa 48, BRS 133, BRS 232 e BMX Potência, sendo este 11,9% mais largo do que a LD da cultivar Monsoy 5838 que não diferiu de Zeus. Para a condição de interferência, Davis novamente apresentou o dossel mais largo, 40% maior do que a LD de Monsoy 5838, que não diferiu de Bragg, IAS 5, Paraná, BR 16 e BRS 232 (Tabela 6).

A população de *B. pilosa* reduziu em mais de 20% a LD de todas cultivares de soja, com exceção da cultivar Davis que apresentou redução de apenas 0,6%.

Tabela 6 - Largura do dossel de doze cultivares de soja nos estádios V7 e R5 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de *Bidens pilosa*. Pato Branco – PR, 2018/2019.

Largura do dossel V7 (cm)				
Cultivar	Ano	Sem <i>B. pilosa</i>	Com <i>B. pilosa</i>	Diferença (%)
Davis	1965	41,1 Aa	40,8 Aa	- 0,6
Bragg	1966	38,6 Ab	26,2 Bc	- 32,1
IAS 5	1973	38,4 Ab	26,8 Bc	- 30,3
Paraná	1974	41,1 Aa	26,5 Bc	- 35,6
BR 16	1987	38,4 Ab	25,7 Bc	- 33,1
FT Abyara	1988	39,1 Aa	27,9 Bb	- 28,4
Embrapa 48	1995	39,4 Aa	29,0 Bb	-26,3
BRS 133	1997	40,1 Aa	28,2 Bb	- 29,6
BRS 232	2003	40,1 Aa	25,9 Bc	- 35,3
BMX Potência RR	2007	40,2 Aa	28,9 Bb	- 27,9
Monsoy 5838 IPRO	2017	36,2 Ac	24,4 Bc	- 32,4
Zeus 55157 RSF IPRO	2017	37,3 Ac	28,3 Bb	- 24,1
Largura do dossel R5 (cm)				
Cultivar	Ano	Sem <i>B. pilosa</i>	Com <i>B. pilosa</i>	Diferença (%)
Davis	1965	33,5 Af	28,3 Bd	- 15,6
Bragg	1966	44,3 Ac	36,5 Ba	- 17,7
IAS 5	1973	38,0 Ad	31,8 Bc	- 16,3
Paraná	1974	31,7 Af	25,5 Be	- 19,3
BR 16	1987	39,6 Ad	24,5 Be	- 38,1
FT Abyara	1988	25,0 Ag	19,6 Bf	- 21,6
Embrapa 48	1995	35,7 Ae	24,0 Be	- 32,7
BRS 133	1997	33,1 Af	25,0 Be	- 24,5
BRS 232	2003	49,5 Ab	32,9 Bc	- 33,5
BMX Potência RR	2007	37,8 Ad	27,9 Bd	- 26,1
Monsoy 5838 IPRO	2017	52,9 Aa	34,0 Bb	- 35,7
Zeus 55157 RSF IPRO	2017	45,5 Ac	30,4 Bc	- 33,0

\*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas comparando sem e com competição dentro de cada cultivar e letras minúsculas comparando as cultivares dentro de cada condição de cultivo não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Em R5, na ausência de planta daninha, a cultivar Monsoy 5838 apresentou a maior LD, 52,7% maior do que a cultivar FT Abyara. Sob interferência o dossel mais largo foi observado em Bragg, 46,3% maior do que a LD de FT Abyara. Entre as condições de cultivo todas as cultivares reduziram a LD na presença de *B. pilosa*.

No estádio V7, não houve ajuste da regressão linear entre diferença percentual de LD das plantas e ano de lançamento da cultivar (Figura 04 A). No estádio R5 a regressão da diferença percentual da largura do dossel da soja sem e com competição foi significativa e obedeceu a um modelo linear (Figura 04 B), indicando redução do LD com o aumento do ano de lançamento das cultivares.

O coeficiente angular (B) da equação linear no estádio R5 indica que a cada ano de lançamento o percentual de decréscimo da LD é de 0,34%, ou seja, de 3,4%

a cada 10 anos, o que daria um valor total de 17% no período total de 50 anos. Esse comportamento é contrário ao que ocorreu com a variável altura de planta, pois as plantas de cultivares mais modernas perdem menos altura quando sob interferência, em comparação às cultivares mais antigas.

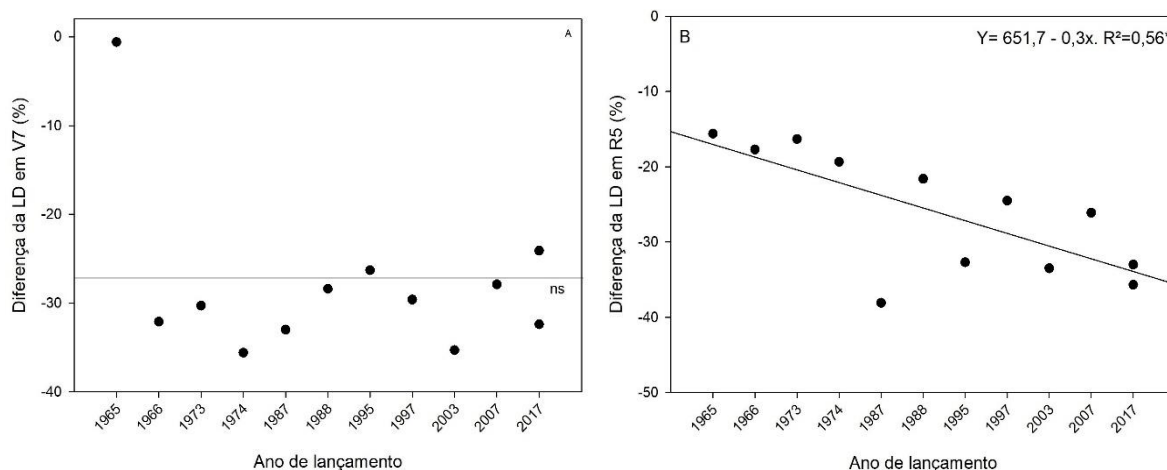


Figura 04 - Relação entre a diferença percentual da largura do dossel de plantas de soja (sem e com interferência) e os anos de lançamento das cultivares nos estádios V7 (A) e R5 (B). Pato Branco – PR, 2018/2019.

É possível inferir, portanto, que o efeito do inicialismo privilegiou a dominância e o crescimento apical das plantas de soja, em detrimento do desenvolvimento de gemas e do seu crescimento lateral. Esse efeito de estiolamento das plantas é conhecido como “Shade avoidance syndrome” (síndrome do escape do sombreamento), como relataram Vidal e Merotto Jr. (2010). O aumento da razão entre massa da parte aérea / massa de raízes em plantas em convivência com espécies daninhas gramíneas foi constatado por Vidal et al. (2008).

Devido a competição ocasionada pela convivência com *B. pilosa*, todas as cultivares reduziram mais do que 20% a sua fitomassa acumulada na comparação entre condições de cultivo (Tabela 7). No estágio V7 sem a presença da planta daninha a cultivar Embrapa 48 foi capaz de armazenar mais fotoassimilados, 24,3% a mais do que IAS 5 que não diferiu de Davis. Sob interferência, BR-16 manteve sua capacidade de armazenamento de fitomassa, acumulando 29,7% a mais do que Zeus que não diferiu de Davis, BMX Potência e Monsoy 5838.

Tabela 7 - Massa seca da parte aérea de doze cultivares de soja nos estádios V7 e R5 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de *Bidens pilosa*. Pato Branco – PR, 2018/2019.

Massa seca V7 (g)				
Cultivar	Ano	Sem <i>B. pilosa</i>	Com <i>B. pilosa</i>	Diferença (%)
Davis	1965	30,3 Ad	19,8 Bd	- 34,7
Bragg	1966	33,5 Ac	24,0 Bb	- 28,3
IAS 5	1973	29,2 Ad	23,2 Bb	- 20,4
Paraná	1974	34,4 Ac	23,0 Bb	- 33,2
BR 16	1987	38,6 Aa	25,9 Ba	- 32,7
FT Abyara	1988	36,4 Ab	20,5 Bc	- 43,5
Embrapa 48	1995	38,8 Aa	23,0 Bb	- 40,7
BRS 133	1997	32,5 Ac	21,5 Bc	- 33,8
BRS 232	2003	37,2 Ab	21,7 Bc	- 41,8
BMX Potência RR	2007	32,9 Ac	19,0 Bd	- 42,2
Monsoy 5838 IPRO	2017	32,5 Ac	19,6 Bd	- 45,4
Zeus 55157 RSF IPRO	2017	30,3 Ad	18,2 Bd	- 40,0
Massa seca R5 (g)				
Cultivar	Ano	Sem <i>B. pilosa</i>	Com <i>B. pilosa</i>	Diferença (%)
Davis	1965	312,9 Ac	95,3 Bc	- 69,5
Bragg	1966	336,2 Ac	140,9 Ba	- 58,0
IAS 5	1973	227,2 Ae	75,3 Bc	- 66,8
Paraná	1974	217,6 Ae	117,2 Bb	- 46,1
BR 16	1987	347,8 Ab	108,2 Bb	- 68,8
FT Abyara	1988	316,8 Ac	80,4 Bc	- 74,6
Embrapa 48	1995	230,7 Ae	140,7 Ba	- 39,0
BRS 133	1997	378,2 Aa	134,7 Ba	- 64,3
BRS 232	2003	354,3 Ab	143,5 Ba	- 59,4
BMX Potência RR	2007	184,3 Af	70,7 Bc	- 61,6
Monsoy 5838 IPRO	2017	251,7 Ad	53,2 Bd	- 78,8
Zeus 55157 RSF IPRO	2017	164,5 Af	41,7 Bd	- 74,6

\*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas comparando sem e com competição dentro de cada cultivar e letras minúsculas comparando as cultivares dentro de cada condição de cultivo não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Em R5 quando comparado os valores da massa seca acumulada pelas cultivares sem ou com a interferência de *B. pilosa* observa-se ainda mais os prejuízos ocasionados pela competição. Com exceção de Embrapa 48 que reduziu o acúmulo de fitomassa em 39% todas as demais cultivares reduziram mais de 50% sua massa seca devido a presença de planta daninha.

Sem a presença de planta daninha BRS 133 acumulou 95,6% mais fitomassa do que a cultivar Zeus, que não diferiu de BMX Potência. Sob interferência BRS 232, que não diferiu de BRS 133, Embrapa 48 e Bragg acumulou 70,9% mais fitomassa do que a cultivar Zeus, que não diferiu de Monsoy 5838

No estágio vegetativo observa-se regressão linear significativa para a MSPA (Figura 05 A). Sob interferência de *B. pilosa* as cultivares antigas não diminuem sua capacidade de alocar fotoassimilados, enquanto as cultivares modernas apresentam um decréscimo na quantidade de biomassa armazenada. A cada ano de lançamento

houve um decréscimo de 0,28% na capacidade de alocar e realizar a partição dos fotoassimilados pelas cultivares avaliadas.

Aparentemente as cultivares mais modernas perderam mais biomassa nos estádios iniciais, no tratamento com competição de picão preto. Porém, esse efeito não foi confirmado no estádio R5 (Figura 05 B), uma vez que a regressão não foi significativa, não sendo possível estabelecer uma relação entre o ano de lançamento da cultivar e a perda de biomassa no convívio com plantas daninhas.

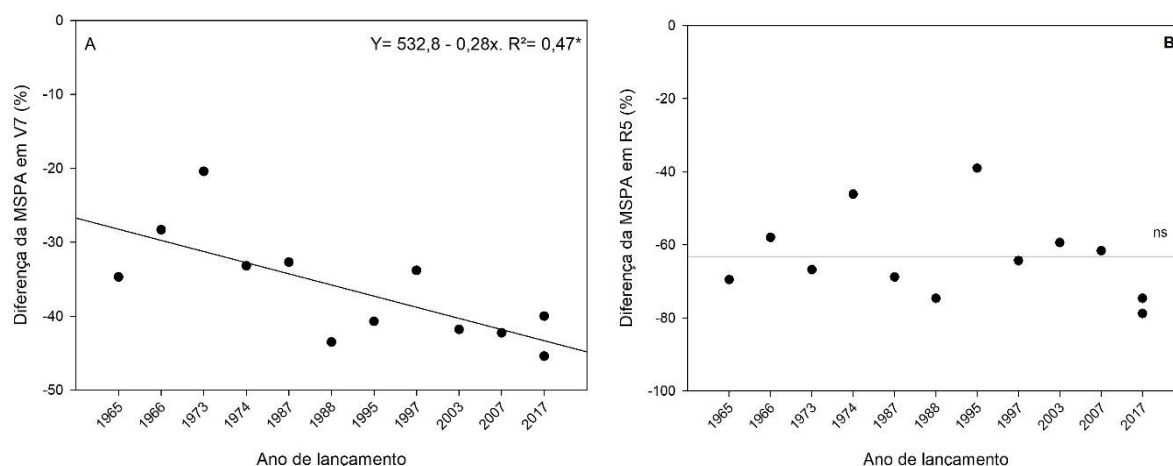


Figura 05 – Relação entre a diferença percentual da massa seca da parte aérea de plantas de soja (sem e com interferência) e os anos de lançamento das cultivares nos estádios V7 (A) e R5 (B). Pato Branco – PR, 2018/2019.

A produção de fitomassa é uma resposta à eficiência da atividade fotossintética da planta, segundo Hunt (1990), essa característica varia em decorrência de alterações nos níveis de luz, temperatura, umidade e disponibilidade de nutrientes. Estas condições são influenciadas pela presença de plantas daninhas principalmente quanto ao seu tamanho e densidade, que aumentam a competição aérea e abaixo do solo pelos recursos fundamentais para a fotossíntese.

A disponibilidade de radiação solar é um dos fatores que mais limitam o crescimento e desenvolvimento das plantas. Para a cultura da soja, a radiação solar está relacionada com a fotossíntese, alongação de haste principal e ramificações, expansão foliar, pegamento de vagens e grãos e, fixação biológica (CÂMARA, 2000).

Todas as cultivares reduziram mais do que 29% sua área foliar (AF) na presença de *B. pilosa* e elas mostraram comportamento distinto nas situações de interferência ou não (Tabela 8). Na ausência da planta daninha IAS 5, que não diferiu de BRS 133, teve a maior área foliar, 45,6% mais do que Zeus que não diferiu de Paraná,

Embrapa 48 e BMX Potência. Sob interferência Bragg, que não diferiu de BRS 232, teve uma AF 58,6% maior do que Zeus que não diferiu de BMX Potência e Monsoy 5838.

Tabela 8 - Área foliar de doze cultivares de soja no estádio R5 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de *Bidens pilosa*. Pato Branco – PR, 2018/2019.

Cultivar	Ano	Área foliar (cm <sup>2</sup> )		Diferença (%)
		Sem <i>B. pilosa</i>	Com <i>B. pilosa</i>	
Davis	1965	36495,8 Ab	13161,6 Bc	-63,9
Bragg	1966	27777,6 Ae	19521,6 Ba	- 29,7
IAS 5	1973	41123,5 Aa	13357,4 Bc	- 43,6
Paraná	1974	23699,4 Af	13885,2 Bc	- 41,4
BR 16	1987	33237,3 Ac	15359,7 Bb	- 53,7
FT Abyara	1988	27279,0 Ae	12670,5 Bc	- 53,5
Embrapa 48	1995	25202,5 Af	15251,9 Bb	- 39,4
BRS 133	1997	38890,3 Aa	16358,0 Bb	- 57,9
BRS 232	2003	37249,9 Ab	18277,2 Ba	- 50,9
BMX Potência RR	2007	25708,0 Af	10765,7 Bd	- 58,1
Monsoy 5838 IPRO	2017	31177,9 Ad	10384,4 Bd	- 66,6
Zeus 55157 RSF IPRO	2017	22363,5 Af	8075,3 Bd	- 63,8

\*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas comparando sem e com competição dentro de cada cultivar e letras minúsculas comparando as cultivares dentro de cada condição de cultivo não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Durante o seu crescimento as plantas emitem o maior número de ramos e folhas possível, a fim de capturar a luz solar, principalmente em situação de competição. Esse conjunto de folhas e ramos forma o dossel, e o seu desenvolvimento adequado permite as plantas equilibrarem o crescimento vegetativo e reprodutivo resultando em um índice de colheita ideal (relação entre peso de grão e peso da massa seca total). A formação de folhas define a habilidade do dossel em interceptar a radiação fotosinteticamente ativa, sendo considerado fator determinante no acúmulo de massa seca pelas plantas (SILVA; JAKELAITIS; FERREIRA, 2004).

A perda da área foliar sob interferência ajustou a uma regressão linear decrescente (Figura 06), indicando que cultivares mais modernas perdem maior área foliar sob competição com *B. pilosa* do que cultivares mais antigas. Em plantas sob competição foi perdido 0,35% da área foliar a cada ano de lançamento da cultivar. Isso significa que em 50 anos, a cultivar mais moderna em competição perderia 15,5% a mais da área foliar, em comparação a mais antiga.



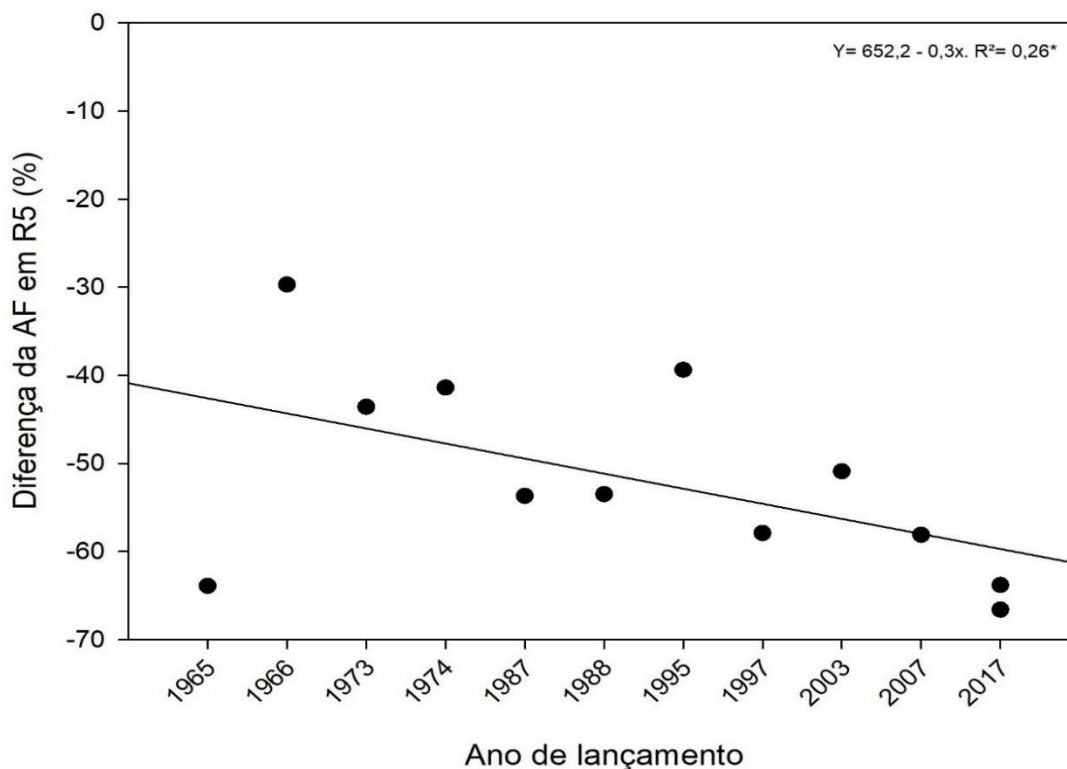


Figura 06 - Relação entre a diferença percentual da área foliar de plantas de soja (sem e com interferência) e ano de lançamento das cultivares no estádio R5. Pato Branco – PR, 2018/2019.

A característica número de ramos laterais (NR) é dependente da cultivar, espaçamento entre plantas, nutrição, disponibilidade de água, temperatura e radiação. Cada ramo tem estrutura similar ao do caule principal e pode gerar novas folhas, flores, vagens e grãos, característica importante na formação do dossel e na produtividade final (MUNDSTOCK; THOMAS, 2005).

Sob interferência de *B. pilosa*, todas as cultivares reduziram o seu NR em comparação à ausência de plantas daninhas (Tabela 9) e as cultivares modernas apresentaram maior diminuição entre as condições de cultivo. Embrapa 48 reduziu 6,7% o NR quando em interferência, enquanto Monsoy 5838 se destacou negativamente, com reduções de 45% na emissão de ramos sob interferência de picão-preto.

Na ausência de interferência, as cultivares BRS 133, BMX Potência e Monsoy 5838 produziram NR superior, em contraste com as cultivares IAS 5, Paraná e FT-Abyara, que tiveram o menor NR. Na condição de interferência, as cultivares Embrapa 48, BRS 133 e BRS 232 se destacaram pelo NR superior, enquanto IAS 5, Paraná, Monsoy 5838 e Zeus produziram o menor NR.

Tabela 9 - Número de ramos de doze cultivares de soja no estádio R8 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de *Bidens pilosa*. Pato Branco – PR, 2018/2019.

Cultivar	Ano	Número de ramos		Diferença (%)
		Sem <i>B. pilosa</i>	Com <i>B. pilosa</i>	
Davis	1965	14,3 Ab	9,8 Bb	- 31,2
Bragg	1966	13,7 Ab	10,6 Bb	- 22,7
IAS 5	1973	12,2 Ac	8,1 Bc	- 33,6
Paraná	1974	11,5 Ac	8,9 Bc	- 22,6
BR 16	1987	14,0 Ab	10,6 Bb	- 24,4
FT Abyara	1988	11,5 Ac	9,6 Ab	- 16,2
Embrapa 48	1995	13,6 Ab	12,7 Aa	- 6,7
BRS 133	1997	15,8 Aa	11,7 Ba	- 25,5
BRS 232	2003	14,2 Ab	12,9 Aa	- 8,9
BMX Potência RR	2007	15,3 Aa	10,0 Bb	- 34,7
Monsoy 5838 IPRO	2017	15,7 Aa	8,6 Bc	- 45,4
Zeus 55157 RSF IPRO	2017	14,4 Ab	8,2 Bc	- 42,8

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas comparando sem e com competição dentro de cada cultivar e letras minúsculas comparando as cultivares dentro de cada condição de cultivo não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Sem competição, BRS 133, produziu 27% mais NR do que as cultivares Paraná e FT Abyara. Em competição com *B. pilosa*, a cultivar Embrapa 48, produziu 37% mais NR do que IAS 5. As maiores perdas de NR sob competição ocorreram nas cultivares MonSoy 5838 e Zeus e as menores perdas ocorreram nas cultivares Embrapa 48 e BRS 232.

A competição pelos recursos vitais como água, luz e nutrientes pode reduzir sua disponibilidade às plantas de soja, acarretando diminuição na taxa de crescimento da cultura, com menor acúmulo de fitomassa e, conseqüentemente, menor ocupação dos espaços, fechamento do dossel com ramos e folhas, sendo que a soja é uma planta que suporta determinado nível de redução de área foliar sem que haja decréscimo significativo do rendimento de grãos (PARCIANELO, 2004).

A modificação da arquitetura do dossel, redução da área foliar efetiva, diminuição da interceptação da luz, a diminuição do acúmulo de massa seca (MS) leva, conseqüentemente, ao decréscimo do rendimento de grãos (HAILE; HIGLEY; SPECHT, 1998; GAZZONI; MOSCARDI, 1998). Algumas espécies daninhas possuem maior capacidade de extração de nutrientes do solo como *Bidens pilosa* e *Euphorbia heterophylla*, que apresentam maior eficiência na utilização do nitrogênio absorvido no solo quando comparadas com a soja e o feijão (PROCÓPIO *et al.*, 2004).

Sob interferência de *B. pilosa* as cultivares reduziram ao passar dos anos o NR emitidos. A regressão quadrática significativa (Figura 07) demonstra que cultivares antigas são mais engalhadoras do que as mais modernas, sendo esta uma

característica importante na habilidade competitiva das cultivares de soja. Ao passar do tempo as cultivares tiveram uma leve diminuição em emitir galhos de 0,03%.

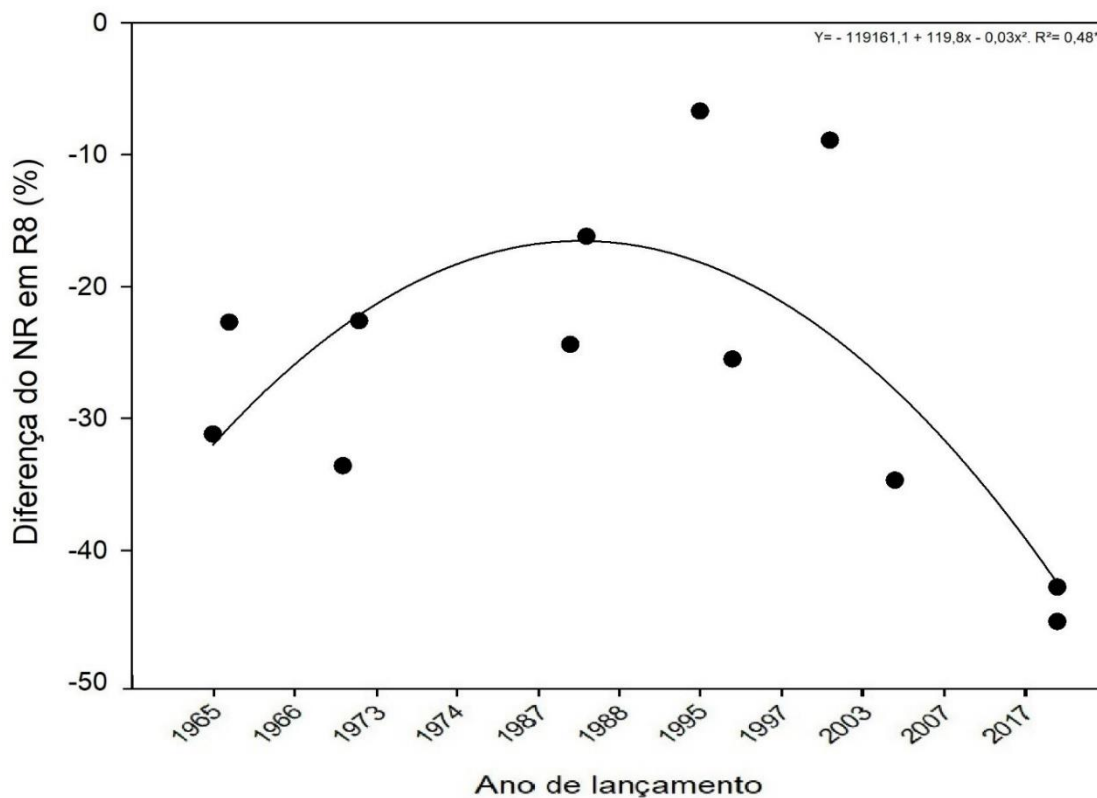


Figura 07 - Relação entre a diferença percentual do número de ramos em plantas de soja (sem e com interferência) e ano de lançamento das cultivares no estágio R8. Pato Branco – PR, 2018/2019.

O diâmetro de caule também é uma característica importante para a cultura, pois seu bom desenvolvimento permite que ocorra menos acamamento, facilitando seu manejo, tratos e colheita (ALVES *et al.*, 2010). Caules grossos propiciam plantas fortes e resistentes, capazes de sustentar um dossel amplo, reduzindo os riscos de quebra ou acamamento (CASTRO; FARIAS 2005). Cultivares que apresentam plantas altas, pequeno diâmetro da haste, baixo teor de lignina no caule e raízes superficiais são as que apresentam maiores problemas de acamamento (MOTTA *et al.*, 2002).

Todas as cultivares apresentaram redução no DC na condição de interferência com *B. pilosa*, com exceção da cultivar Zeus, que foi a única que apresentou um aumento no diâmetro do seu caule (DC) de 27%, sob interferência da planta daninha (Tabela 10) em relação à média do DC sem interferência.

Tabela 10 - Diâmetro do caule de doze cultivares de soja no estágio R8 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de *Bidens pilosa*. Pato Branco – PR, 2018/2019.

Cultivar	Ano	Diâmetro do caule (cm)		Diferença (%)
		Sem <i>B. pilosa</i>	com <i>B. pilosa</i>	
Davis	1965	1,0 Ab	0,6 Be	-40,0
Bragg	1966	0,9 Ac	0,7 Bc	-22,3
IAS 5	1973	0,9 Ac	0,7 Bc	-22,3
Paraná	1974	1,0 Ab	0,5 Be	-50,0
BR 16	1987	0,9 Ac	0,6 Be	-40,0
FT Abyara	1988	0,8 Ad	0,6 Bd	-25,0
Embrapa 48	1995	0,8 Ad	0,7 Bc	-16,8
BRS 133	1997	0,8 Ad	0,7 Bc	-12,5
BRS 232	2003	0,8 Ad	0,6 Bd	-25,0
BMX Potência RR	2007	0,9 Ac	0,7 Bc	-22,3
Monsoy 5838 IPRO	2017	1,3 Aa	1,1 Bb	-15,3
Zeus 55157 RSF IPRO	2017	1,1 Bb	1,4 Aa	27,2

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas comparando sem e com competição dentro de cada cultivar e letras minúsculas comparando as cultivares dentro de cada condição de cultivo não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Na ausência de *B. pilosa*, as cultivares Monsoy 5838, Zeus, Davis e Paraná se destacaram pelos maiores DC. Monsoy 5838 apresentou um acréscimo no DC de 38,4% em relação às cultivares FT Abyara, Embrapa 48, BRS 133 e BRS 232. Sob interferência a cultivar Zeus foi a única a apresentar um aumento no DC cuja diferença foi de 64,2% em relação a Paraná, cultivar com menor DC, que não diferiu de Davis e BR 16.

Ao longo dos anos as cultivares foram melhoradas para serem resistentes ao acamamento, dentre outras características. A regressão linear significativa corrobora com este dado (Figura 08), pois indica que as cultivares modernas mantêm uma haste mais grossa quando sob intensa competição do que cultivares mais antigas e, portanto, ficam mais resistentes ao acamamento, o que pode contribuir positivamente para o rendimento de grãos. A cada ano de lançamento ocorreu um aumento de 0,66% no diâmetro do caule de plantas sob interferência.

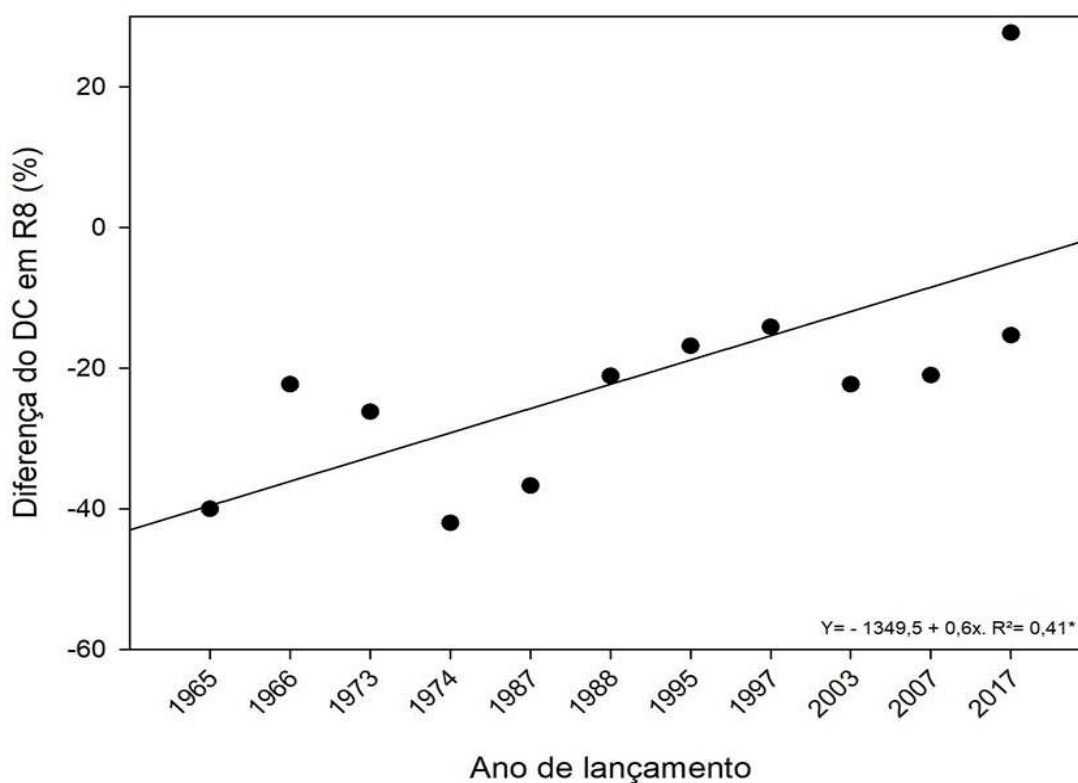


Figura 08 - Relação entre a diferença percentual do diâmetro do caule em plantas de soja (sem e com interferência) e ano de lançamento das cultivares no estágio R8. Pato Branco – PR, 2018/2019.

Além da resistência ao acamamento outro fator que contribui com a colheita mecanizada é a altura de inserção da primeira vagem (Tabela 11), que foi incrementada na condição com competição de *B. pilosa*, exceto para as cultivares Monsoy 5838 IPRO e BMX Potência RR. Na primeira, não foi detectada diferença significativa e na segunda cultivar mencionada, houve decréscimo da AIPV sob interferência. As cultivares Davis e Paraná incrementaram expressivamente (214 e 111%) sua AIPV sob interferência em comparação a sua AIPV livre de planta daninha.

A cultivar Monsoy 5838, livre de interferência, apresentou altura da primeira vagem 70% superior a IAS 5, não diferiu de Davis, BR 16 e Embrapa 48. Na presença de picão-preto, Davis não diferiu de Monsoy 5838 e apresentou altura de inserção de primeira vagem, 52,3% maior do que BMX Potência que não diferiu de Embrapa 48, BR 16 e IAS 5.

O incremento da altura da inserção da primeira vagem é caracterizado como uma resposta morfológica das plantas ao estiolamento causado pela presença das plantas daninhas (AGUILA; AGUILA; THEISEN, 2011).

Tabela 11 - Altura de inserção da primeira vagem de doze cultivares de soja no estádio R8 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de *Bidens pilosa*. Pato Branco – PR, 2018/2019.

Cultivar	Ano	Altura de inserção da 1ª vagem (cm)		Diferença (%)
		Sem <i>B. pilosa</i>	Com <i>B. pilosa</i>	
Davis	1965	10,7 Bc	33,6 Aa	214,0
Bragg	1966	16,5 Bb	21,4 Ac	29,6
IAS 5	1973	8,3 Bc	19,5 Ad	135,0
Paraná	1974	15,7 Bb	33,2 Aa	111,4
BR 16	1987	12,1 Bc	17,4 Ad	17,5
FT Abyara	1988	17,0 Bb	24,9 Ab	45,9
Embrapa 48	1995	10,9 Bc	16,4 Ad	50,4
BRS 133	1997	16,6 Bb	21,5 Ac	29,5
BRS 232	2003	15,9 Bb	26,1 Ab	64,1
BMX Potência RR	2007	25,9 Aa	16,0 Bd	-38,2
Monsoy 5838 IPRO	2017	28,0 Aa	31,5 Aa	12,5
Zeus 55157 RSF IPRO	2017	13,9 Bb	22,8 Ac	64,0

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas comparando sem e com competição dentro de cada cultivar e letras minúsculas comparando as cultivares dentro de cada condição de cultivo não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Assim como as cultivares diminuíram sua altura através do melhoramento genético a altura de inserção da primeira vagem também foi reduzida. A regressão linear significativa para AIPV (Figura 09) mostra que a cada ano de lançamento a diferença no AIPV entre plantas sem e com interferência teve redução de 2,1%, ou seja, as cultivares modernas reduziram menos a AIPV sob competição. Cultivares antigas e mais altas apresentam conseqüentemente maior incremento de AIPV na condição de interferência.

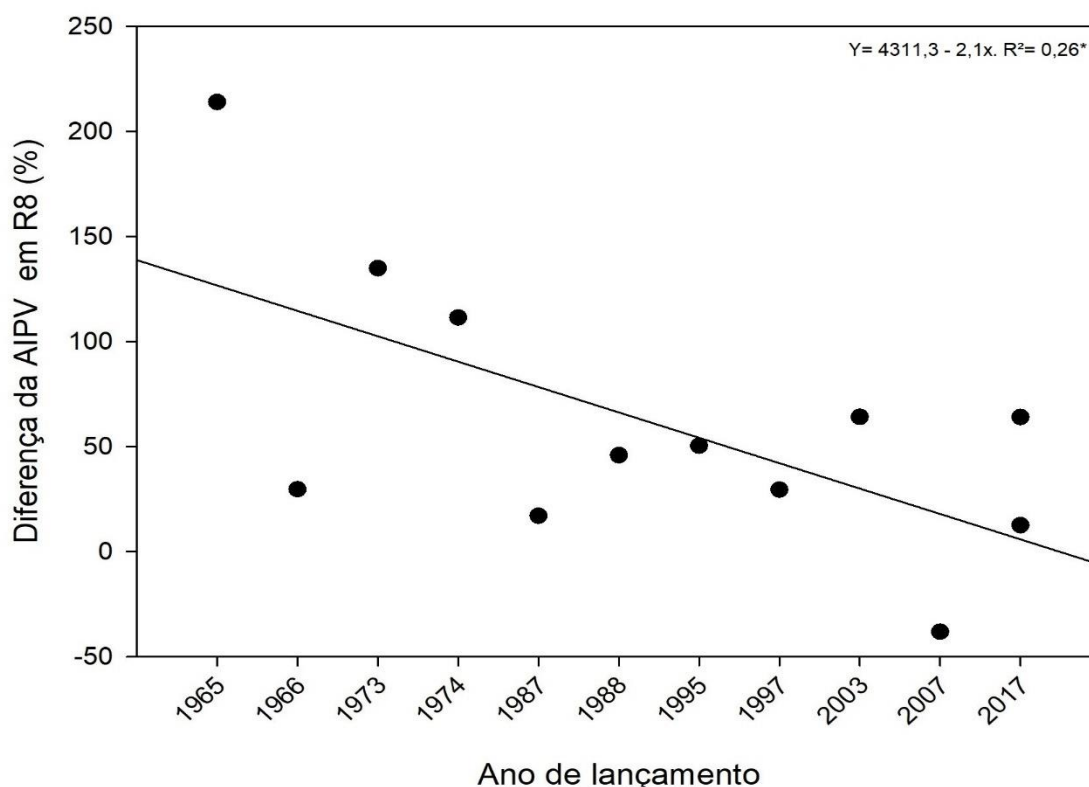


Figura 09 - Relação entre a diferença percentual da altura de inserção da primeira vagem em plantas de soja (sem e com interferência) e ano de lançamento das cultivares no estágio R8. Pato Branco – PR, 2018/2019.

Os efeitos decorrentes da competição de plantas daninhas sobre características de plantas cultivadas podem comprometer o desenvolvimento de estruturas reprodutivas e, conseqüentemente, afetar os componentes da produtividade de grãos. Dentre estes, em soja, o número de vagens é o mais responsivo a alterações causadas pelo estresse da competição de espécies concorrentes, enquanto o número de grãos por vagem e o peso do grão possuem maior controle genético individual, mostrando pequena amplitude de variação por causa de ambiente (BOARD; TON, 1995).

O número de vagens por planta foi o componente do rendimento mais afetado pelo processo de interferência (Tabela 12). Somente a cultivar BRS 133 não diferiu sua produção de vagens pela competição com *B. pilosa*, em relação à ausência de interferência. Zeus reduziu 71% do número de vagens sob interferência, enquanto Embrapa 48 reduziu apenas 19% o seu número de vagens.

Sob interferência, a cultivar Embrapa 48 produziu 78% mais vagens do que a cultivar Zeus e na condição livre de planta daninha a cultivar Paraná, que não diferiu de BR 16, produziu 44 % mais vagens do que a cultivar Zeus.

Tabela 12 - Número de vagens por planta de doze cultivares de soja no estágio R8 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de *Bidens pilosa*. Pato Branco – PR, 2018/2019.

Cultivar	Ano	Nº vagens		Diferença (%)
		Sem <i>B. pilosa</i>	Com <i>B. pilosa</i>	
Davis	1965	83,4 Ab	31,9 Bd	- 61,7
Bragg	1966	68,9 Ac	38,5 Bd	- 44,0
IAS 5	1973	63,4 Ac	38,7 Bd	- 39,0
Paraná	1974	97,0 Aa	32,0 Bd	- 66,9
BR 16	1987	96,2 Aa	41,4 Bd	- 56,9
FT Abyara	1988	74,7 Ac	48,2 Bc	- 35,5
Embrapa 48	1995	88,0 Ab	70,8 Ba	- 19,5
BRS 133	1997	73,0 Ac	58,3 Ab	- 20,2
BRS 232	2003	64,8 Ac	30,5 Bd	- 55,1
BMX Potência RR	2007	68,1 Ac	35,9 Bd	- 47,2
Monsoy 5838 IPRO	2017	88,7 Ab	34,9 Bd	- 60,6
Zeus 55157 RSF IPRO	2017	54,1 Ad	15,2 Be	- 71,7

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas comparando sem e com competição dentro de cada cultivar e letras minúsculas comparando as cultivares dentro de cada condição de cultivo não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

O número de vagens por planta é o caráter que mais contribui para o rendimento de grão em leguminosas, uma vez que apresenta as maiores correlações com a produção de grãos, e vagens com 1, 2 e 3 grãos podem influenciar no tamanho das sementes que serão produzidas e, conseqüentemente, na produtividade (NOGUEIRA et al., 2012). Possivelmente isso ocorre pela compensação que a soja frequentemente promove, aumentando ou reduzindo o tamanho da semente em função do número de vagens (CARVALHO et al., 2002).

A regressão referente ao número de vagens por planta não foi significativa (Figura 10). O número de vagens por plantas é determinado geneticamente sem que as condições ambientais possam influenciar fortemente sobre ela, exceto em casos de extrema seca e baixa fertilidade do solo (BERDEN, 2009).



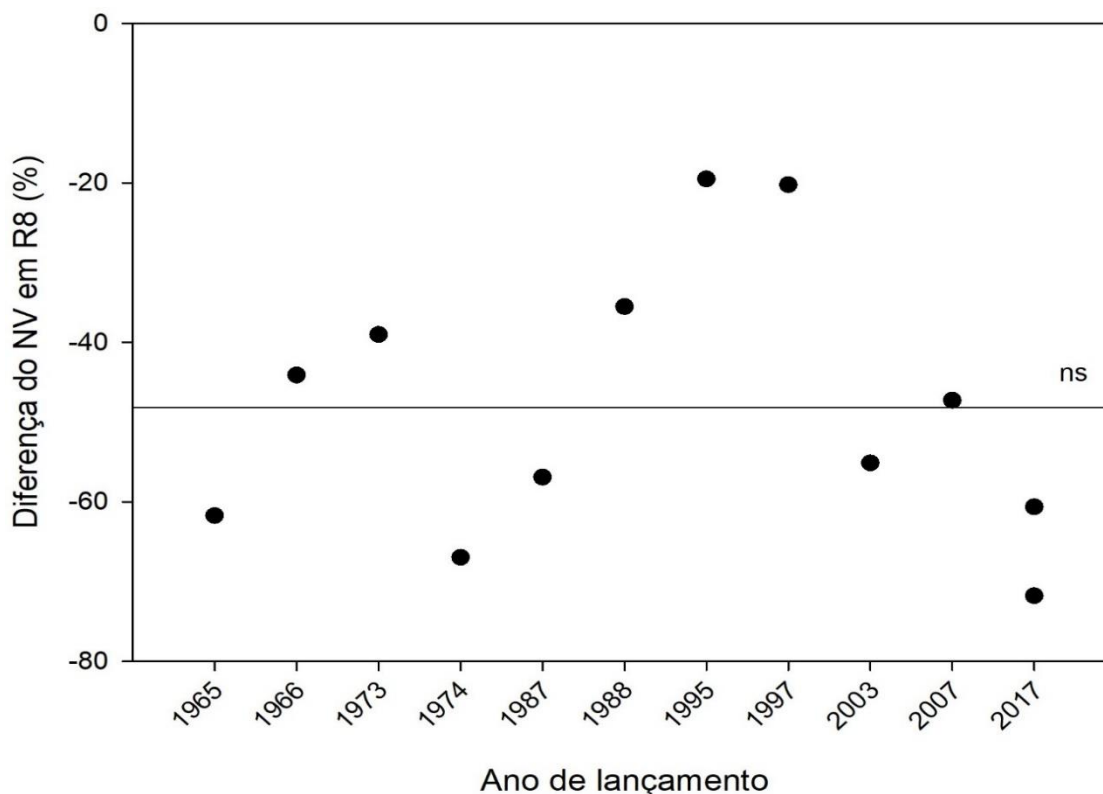


Figura 10 - Relação entre a diferença percentual do número de vagens em plantas de soja (sem e com interferência) e ano de lançamento das cultivares no estádio R8. Pato Branco – PR, 2018/2019.

O número de vagens por planta é um componente de produção intimamente ligado ao número de nós reprodutivos por planta, desta forma plantas com maior número de nós reprodutivos, provavelmente, terão mais vagens, sendo que, o número de vagens por planta controla o número de grãos por planta e conseqüentemente, a produtividade (OLIVEIRA, et al., 2017).

A resposta do componente número de grãos por vagem entre as condições com e sem interferência variou entre a neutralidade, a redução e o incremento, dependendo da cultivar avaliada. As cultivares, IAS 5, BR-16, BRS 232 e Monsoy 5838, apresentaram comportamento neutro, com o mesmo número de grãos por vagem tanto na presença de *B. pilosa* quanto na sua ausência (Tabela 13).

As cultivares FT Abyara, Embrapa 48 e BRS 133 diminuíram o número de grãos por vagem quando sob interferência, comparado ao número de grãos produzidos na ausência da planta daninha. Ainda, as cultivares Davis, Bragg, Paraná, BMX Potência e Zeus apresentaram maior o número de grãos por vagem sob competição com *B. pilosa*, em relação à condição sem competição.

Aumento do número de grãos por vagem foi observado nas cultivares Davis, Bragg, Paraná, BMX Potência e Zeus. Para estas cultivares, com o aborto de parte das vagens, os fotoassimilados podem ser direcionados para a manutenção de maior número de grãos e do seu enchimento.

Tabela 13 - Número de grãos por vagem de doze cultivares de soja no estádio R8 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de *Bidens pilosa*. Pato Branco – PR, 2018/2019.

Cultivar	Ano	Nº grãos por vagem		Diferença (%)
		Sem <i>B. pilosa</i>	Com <i>B. pilosa</i>	
Davis	1965	1,1 Bde	1,7 Acd	54,5
Bragg	1966	1,7 Bab	2,6 Aa	58,8
IAS 5	1973	1,3 Acde	1,3 Aef	0,0
Paraná	1974	1,03 Be	1,5 Ade	45,6
BR 16	1987	1,4 Abcd	1,4 Adef	0,0
FT Abyara	1988	1,8 Aa	1,4 Bdef	-22,2
Embrapa 48	1995	1,5 Aabc	1,1 Bf	-26,6
BRS 133	1997	1,8 Aa	1,1 Bf	-38,8
BRS 232	2003	1,5 Aabc	1,5 Adef	0,0
BMX Potência RR	2007	1,2 Bcde	2,1 Ab	75,0
Monsoy 5838 IPRO	2017	1,7 Aab	1,9 Abc	11,7
Zeus 55157 RSF IPRO	2017	1,7 Bab	2,2 Ab	29,4

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas comparando sem e com competição dentro de cada cultivar e letras minúsculas comparando as cultivares dentro de cada condição de cultivo não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Ao compararmos o número de grãos por vagem nas situações de interferência ou na ausência da interferência da planta daninha, destaca-se a cultivar BMX Potência que apresentou um aumento de 75% de grãos quando sob interferência. Enquanto BRS 133 teve uma diminuição de 38% no seu número de grãos produzidos sob interferência.

Durante a convivência com *B. pilosa*, Bragg produziu o maior número de grãos por vagem, duas vezes mais que Embrapa 48 e BRS 133, ambas com a menor produção de grãos. Enquanto na ausência de interferência as cultivares FT Abyara e BRS 133 tiveram a maior produção de grãos por vagem, a mais que Paraná, a cultivar com a menor produtividade de grãos.

O número de GV não apresentou regressão significativa entre as cultivares e seus anos de lançamentos (Figura 11).

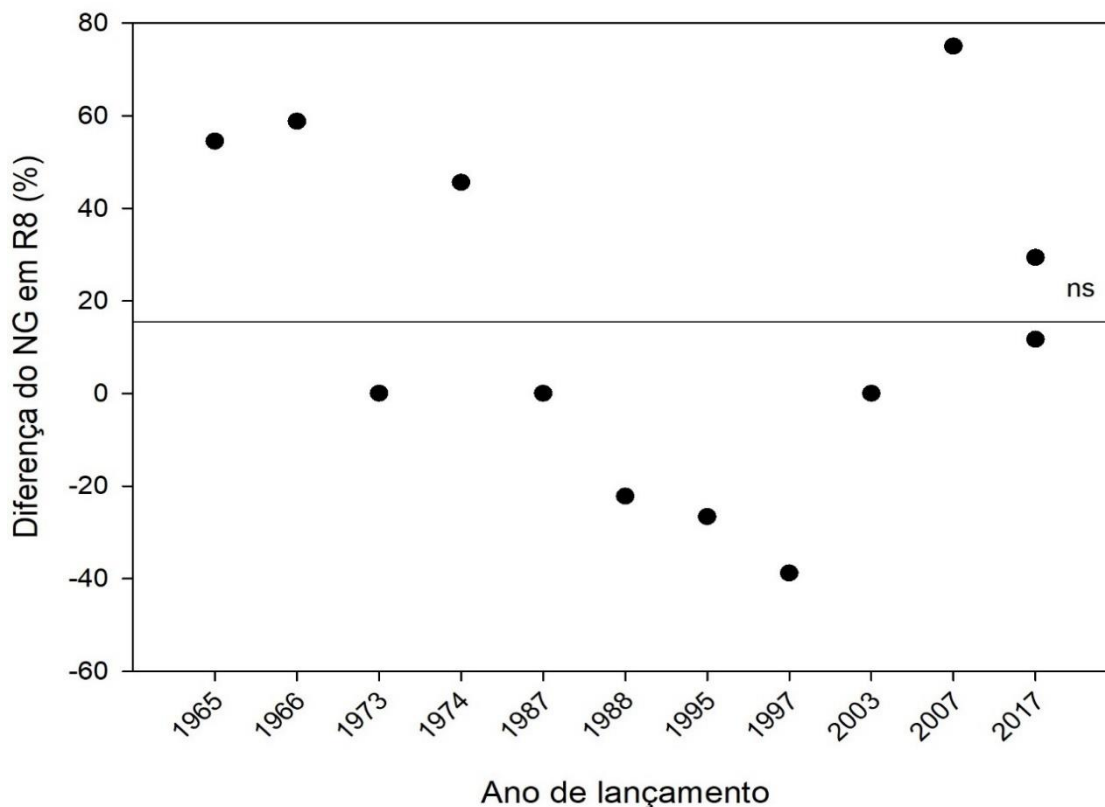


Figura 11 - Relação entre a diferença percentual do número de grãos em plantas de soja (sem e com interferência) e ano de lançamento das cultivares no estágio R8. Pato Branco – PR, 2018/2019.

As cultivares Bragg, BRS 232 e Zeus diferiram sua massa de mil grãos nas situações com e sem interferência de *B. pilosa* (Tabela 14). Somente as cultivares Davis, Embrapa 48 e Zeus aumentaram sua massa de mil grãos sob interferência em comparação a sua massa produzida sem interferência de *B. pilosa*, em que Zeus produziu 40% mais massa e BRS 232 reduziu em 22 % sua massa de mil grãos.

Sob interferência a cultivar Bragg apresentou uma massa de grãos 30% maior do que a cultivar BRS 133. A cultivar BRS 232, livre de interferência, teve uma massa de grãos 39% a mais do que BRS 133. As diferenças entre cultivares na comparação com e sem interferência podem ser explicadas porque os componentes do rendimento podem sofrer compensações dentro das plantas, de forma que uma cultivar que produz muitas vagens sem competição pode reduzir o componente número de grãos por vagem nessa condição. Da mesma forma, cultivares que aumentam o número de grãos por vagem podem ter o peso de mil grãos reduzido.

Tabela 14 - Massa de mil grãos de doze cultivares de soja no estágio R8 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de *Bidens pilosa*. Pato Branco – PR, 2018/2019.

Cultivar	Ano	Massa de mil grãos (g)		Diferença (%)
		Sem <i>B. pilosa</i>	Com <i>B. pilosa</i>	
Davis	1965	171,4 Ac	173,0 Aa	0,92
Bragg	1966	220,2 Aa	188,6 Ba	-14,3
IAS 5	1973	197,7 Ab	176,0 Aa	- 10,9
Paraná	1974	158,4 Ac	151,7 Ab	- 4,1
BR 16	1987	169,4 Ac	154,8 Ab	- 2,2
FT Abyara	1988	152,7 Ad	143,3 Ac	- 6,1
Embrapa 48	1995	146,7 Ad	161,2 Ab	9,9
BRS 133	1997	140,0 Ad	130,1 Ac	- 7,0
BRS 232	2003	233,3 Aa	181,6 Ba	- 22,1
BMX Potência RR	2007	142,9 Ad	142,8 Ac	- 0,08
Monsoy 5838 IPRO	2017	162,9 Ac	155,7 Ab	- 4,4
Zeus 55157 RSF IPRO	2017	121,9 Ab	171,0 Ba	40,2

\*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas comparando sem e com competição dentro de cada cultivar e letras minúsculas comparando as cultivares dentro de cada condição de cultivo não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

A MMG é influenciada pelo tamanho do mesmo, e pode variar de acordo com o manejo adotado e o ambiente em que as cultivares se desenvolvem (CABONELL et al., 2010). A regressão para a MMG não foi significativa (Figura 12), fisiologicamente cultivares com maior capacidade competitiva conseguem acumular mais fotoassimilados por unidade de massa, que reflete em vagens com maior número de grãos (PERINI et al. 2012).

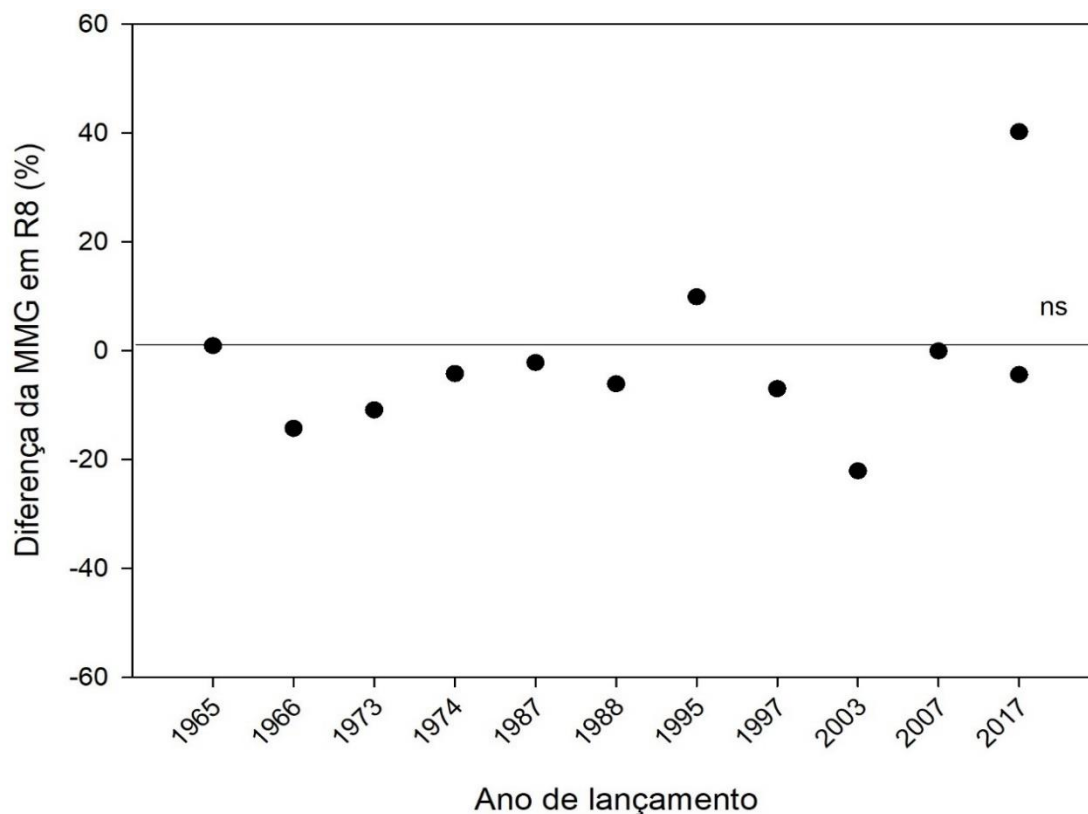


Figura 12 - Relação entre a diferença percentual da massa de mil grãos em plantas de soja (sem e com interferência) e ano de lançamento das cultivares no estágio R8. Pato Branco – PR, 2018/2019.

As variáveis número de plantas no estande final e acamamento não apresentam normalidade, pois são dados que comparam populações em uma escala ordinal curta e, portanto, foram analisados de forma não paramétrica.

Para o número de plantas no estande final em cada subparcela observa-se que não ocorreu diferença estatística significativa em ambas as situações avaliadas. Já para a variável acamamento observa-se diferença ao nível de 5% de significância (Tabela 15).

Tabela 15 - Valores de p do teste de Friedman ( $\alpha = 0,05$ ) para as variáveis número de plantas da área útil e índice de acamamento de doze cultivares de soja sem ou sob interferência de *Bidens pilosa*. Pato Branco – PR, 2018/2019.

Variável	Qui-quadrado	GL	p-valor
Número de plantas	61,95	23	1,98 <sup>ns</sup>
Acamamento	48,91	23	0,0012*

P-valor  $\leq \alpha$ : as diferenças entre algumas das medianas são estatisticamente significativas.

O acamamento constitui a queda ou arqueamento das plantas em virtude da flexão do caule e/ou má ancoragem propiciada pelas raízes. O acamamento leva a

diminuição da produtividade pela redução da fotossíntese líquida, apodrecimento dos grãos e por proporcionar o aparecimento de doenças (PES; ARENHARDT, 2015).

As cultivares com menor índice de acamamento tanto na condição com ou sem interferência com *B. pilosa* foram Monsoy 5838 e Zeus, as com lançamento mais recente entre as avaliadas e que, apresentam estatura média a baixa. A cultivar mais antiga, Davis, apresentou o índice de acamamento mais elevado, também em ambas as condições (Tabela 16).

Tabela 16 - Índice de acamamento das plantas de doze cultivares de soja no estágio R8 sem ou com a interferência de *Bidens pilosa*. Pato Branco – PR, 2018/2019.

	Índice de acamamento das cultivares		
	Ano	Sem <i>B. pilosa</i>	Com <i>B. pilosa</i>
Davis	1965	5 ab	5 a
Bragg	1966	3 bcde	4 ab
IAS 5	1973	2 cdef	3 abcde
Paraná	1974	2 cdef	4 ab
BR 16	1987	1 f	3 bcde
FT Abyara	1988	3 bcde	4 abcd
Embrapa 48	1995	3 bcde	4 abcde
BRS 133	1997	2 def	2 def
BRS 232	2003	3 bcde	4 abc
BMX Potência RR	2007	2ef	2 def
Monsoy 5838 IPRO	2017	1 f	1 f
Zeus 55157 RSF IPRO	2017	1 f	1 f

\*Médias não seguidas por mesma letra, na vertical diferem entre si, de acordo com o teste de comparações múltiplas de Friedman ( $\alpha= 0,05$ ).

O acamamento, independentemente do motivo, dificulta a colheita, reduz a qualidade dos grãos e, dependendo da intensidade e da época, também causa perda de produtividade em decorrência do abortamento de flores e vagens e redução do enchimento dos grãos. Além da sensibilidade genotípica ao acamamento, fatores determinados pelo ambiente e manejo, tais como densidade de semeadura, adubação, disponibilidade de nutrientes no solo, regime hídrico, incidência de ventos fortes, entre outros, influenciam os níveis de acamamento (LAMEGO *et al.*, 2015). No presente experimento todas as cultivares estavam submetidas a condições similares de ambiente, provavelmente a sensibilidade genotípica foi determinante para as diferenças.

O desempenho agrônômico da cultura da soja, bem como a produtividade e a qualidade de grãos podem ser comprometidos por diversos fatores, entre os quais, como já mencionado, destaca-se a competição com as plantas daninhas. Os resultados da produtividade das cultivares encontram-se na Tabela 17, na condição sem competição com plantas daninhas, a cultivar BRS 232 se destacou pela maior produtividade,

de 4437,80 kg ha<sup>-1</sup>, superando em 64% a cultivar Davis, a menos produtiva, com 1556,05 kg ha<sup>-1</sup>.

Na ausência de competição, a cultivar Davis não diferiu da produtividade das cultivares IAS 5, Paraná e BMX Potência. Além da cultivar BRS 232, destacaram-se também pelo elevado patamar de produtividade sem interferência de plantas daninhas as cultivares de soja Monsoy 5838 e Zeus.

Tabela 17 - Produtividade de grãos (rendimento de grãos) de doze cultivares de soja no estágio R8 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de *Bidens pilosa*. Pato Branco – PR, 2018/2019.

Cultivar	Ano	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )		
		Sem <i>B. pilosa</i>	Com <i>B. pilosa</i>	Diferença (%)
Davis	1965	1556,0 Ae	383,9 Bc	-75,3
Bragg	1966	3480,1 Ac	599,7 Bc	-82,7
IAS 5	1973	1713,3 Ae	508,2 Bc	-70,3
Paraná	1974	1803,7 Ae	997,0 Bb	-44,7
BR 16	1987	2701,1 Ad	1121,4 Bb	-58,4
FT Abyara	1988	2739,3 Ad	537,5 Bc	-80,3
Embrapa 48	1995	2805,0 Ad	2430,8 Aa	-13,3
BRS 133	1997	3613,5 Ac	1082,1 Bb	-70,0
BRS 232	2003	4437,8 Aa	1276,6 Bb	-71,2
BMX Potência RR	2007	1960,2 Ae	982,9 Bb	-49,8
Monsoy 5838 IPRO	2017	4162,2 Ab	677,4 Bc	-83,7
Zeus 55157 RSF IPRO	2017	3817,9 Ac	690,0 Bc	-81,9

\*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na horizontal e letras minúsculas na vertical não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Sob interferência com *B. pilosa*, a cultivar Embrapa 48 apresentou a maior produtividade (2430,83 kg/ha<sup>-1</sup>) 84% maior do que a cultivar Davis, que apresentou a menor produtividade (383,97 kg ha<sup>-1</sup>). Porém, a produtividade de Davis não diferiu das obtidas pelas cultivares Bragg, IAS 5, FT Abyara, Monsoy 5838 e Zeus.

Embrapa 48 divide os dois grupos de cultivares avaliadas (antigas e modernas). O rendimento de grãos das cultivares modernas sob interferência de *B. pilosa* se correlaciona positivamente com um acúmulo elevado de biomassa nos estádios V7 e R5, maior número de ramos emitidos e grande produção de vagens. E negativamente com o aumento da largura do dossel e diâmetro do caule. Todos estes atributos são observados nas análises realizadas para a cultivar Embrapa 48, quando sob interferência de *B. pilosa*.

Observa-se que a cultivar Embrapa 48, que teve a menor perda de rendimento (13,3%) foi lançada em 1995, enquanto nas demais cultivares as perdas de rendimento variaram entre 44,7% (cultivar Paraná, lançamento em 1975) e 83,7% (cultivar Monsoy 5838, lançada em 2017), ou seja, as perdas de rendimento ocorreram tanto em cultivares antigas quanto nas modernas sob interferência.

É importante destacar, porém, que a cultivar Embrapa 48, embora tenha apresentado os menores percentuais de perdas de rendimento na condição com competição de *B. pilosa*, apresentou potencial intermediário de produtividade na ausência de plantas daninhas. Isso pode indicar que essa cultivar não apresenta potencial para melhorar o rendimento de grãos em situação de ambiente favorável, como aqueles proporcionados em condições de melhorias de manejo (fertilidade, controle fitossanitário eficiente etc.), porém apresenta maior resiliência às condições de manejo deficientes.

Ao contrário, o elevado potencial de rendimento das cultivares BRS 232, Zeus e MonSoy 5838 sob condição sem interferência, aliado ao elevado percentual de perdas dessas cultivares sob interferência podem indicar que as mesmas se destacam em ambientes específicos, que apresentem melhorias de manejo.

Independentemente de seu ano de lançamento cada cultivar respondeu de uma maneira as interferências causadas pela competição das plantas daninhas, e portanto a regressão da perda de rendimento não mostrou-se significativa (Figura 13), não corroborando com a nossa hipótese de que cultivares modernas sofreriam mais impactos negativos frente a competição com *B. pilosa*.



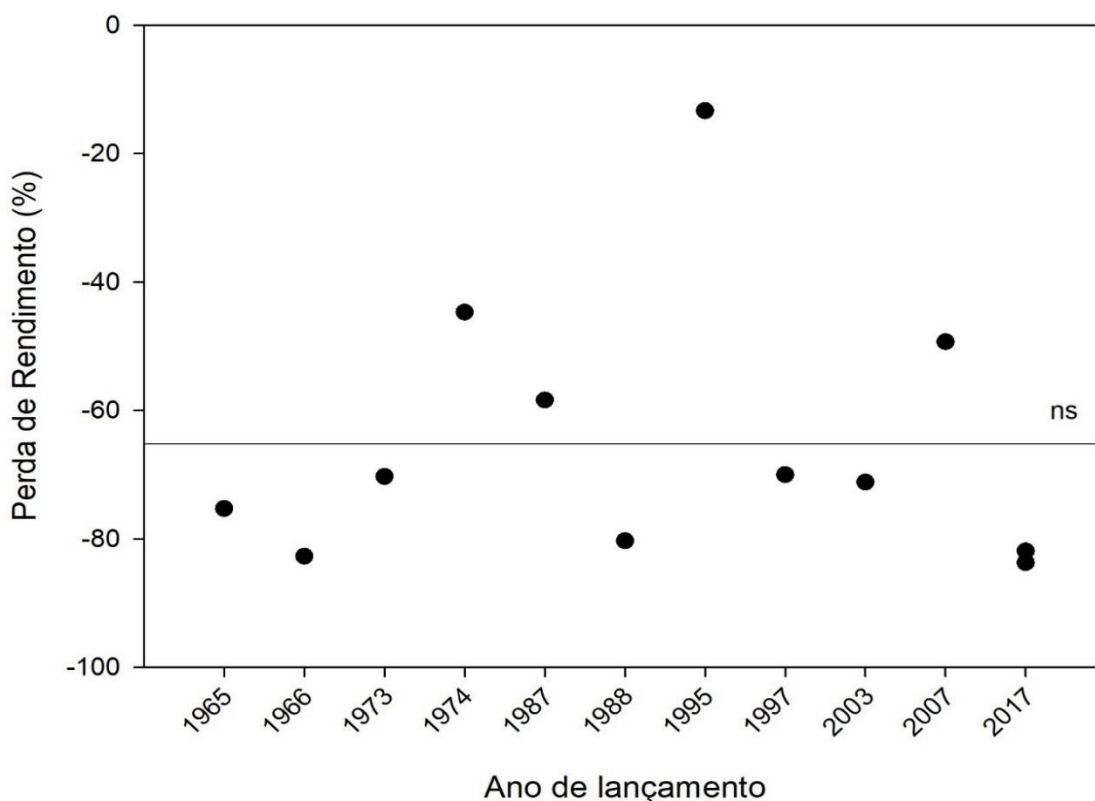


Figura 13 - Relação entre a diferença percentual da perda de rendimento de grão em plantas de soja (sem e com interferência) e ano de lançamento das cultivares no estádio R8. Pato Branco – PR, 2018/2019.

Cultivares antigas como Davis e Bragg, lançadas em 1965 e 1966, respectivamente, apresentaram perdas de rendimento muito elevada sob interferência de *B. pilosa*, equivalentes a cultivares lançadas recentemente, como Monsoy 5838 e Zeus (ambas em 2017).

### 5.1.3. Correlação entre caracteres da soja

Para maximizar o entendimento sobre os resultados obtidos foi realizada a análise de correlação entre as características avaliadas e o rendimento de grãos. O coeficiente de correlação é uma medida que reflete o grau de associação entre as características avaliadas em cada cultivar e seus efeitos sobre o rendimento de grãos. Seu conhecimento é de extrema importância porque indica como a seleção de um caráter vai influenciar a expressão dos demais (ALMEIDA LOPES et al., 2002).

Para esta análise as doze cultivares de soja foram divididas em dois grupos, para comparar a habilidade competitiva destas ao longo do tempo. O grupo de cultivares antigas (lançadas entre as décadas de 60 e 80) foi composto por Davis, Bragg, IAS 5, Paraná, BR 16 e FT Abyara. E o grupo das cultivares modernas (lançadas entre os

anos 90 e 2017) foi composto por Embrapa 48, BRS 133, BRS 232, BMX potência, Monsoy 5838 e Zeus.

#### 5.1.3.1. Cultivares antigas sem interferência

A primeira análise corresponde as cultivares antigas cujo crescimento e desenvolvimento ocorreram sem interferência da planta daninha *B. pilosa*, sendo fixada a variável rendimento de grãos (RG) como dependente e os caracteres altura de planta (AP) nos estádio V7 e R8, largura do dossel (LD) nos estádios V7 e R1, massa seca de parte aérea (MSPA) nos estádios V7 e R5, índice de área foliar (AF) no estádio R5, diâmetro de caule (DC) no estádio R8, número de ramos por planta (NR) no estádio R8, altura de inserção da primeira vagem (AIPV) no estádio R8, número de vagens por planta (NV) no estádio R8, número de grãos por vagem (GV) no estádio R8 e massa de mil grãos (MMG) no estádio R8 como independentes.

Muitos fatores influenciaram a dinâmica dos resultados, como por exemplo o acamamento das cultivares, o excesso de chuvas, ventos fortes e a densidade escolhida para a população de *B. pilosa* que mostrou elevada capacidade de interferência nas densidades avaliadas. Com o acamamento e a interferência de plantas daninhas ocorreu, em algumas parcelas, o apodrecimento de plantas de soja e a redução do estande final, assim como a diminuição do rendimento de grãos.

Cultivares antigas sem interferência de *B. pilosa* apresentaram 17% (16 de 91) das correlações entre as variáveis analisadas significativas em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste T (Figura 14).

Nos estádios vegetativos correlações com significância agrônômica e magnitude positiva ocorreram entre altura de planta, largura do dossel em R5 e rendimento de grãos e entre massa seca da parte aérea em V7 e rendimento de grãos, ambas se correlacionaram negativamente com AF. Cultivares antigas com um rápido crescimento inicial e um amplo dossel tornam-se mais eficientes, ao convertem energia luminosa em fitomassa, conseqüentemente apresentam maior capacidade de produção e enchimento de grãos gerando um bom rendimento de grãos.

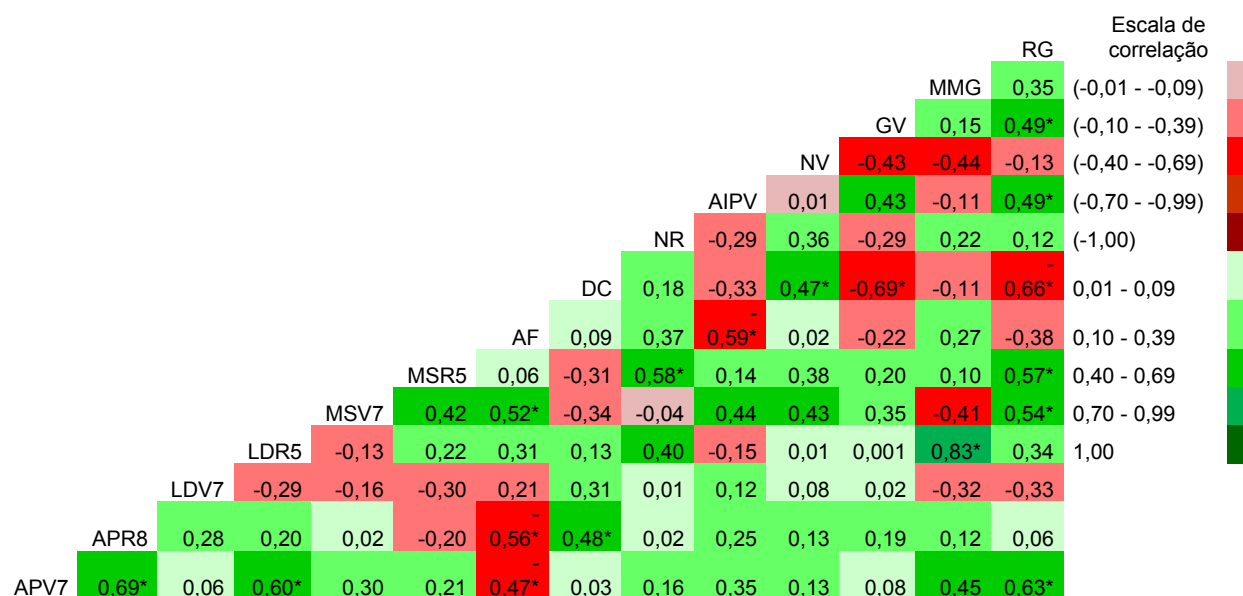


Figura 14 - Correlação de Pearson entre os caracteres agrônômicos altura de planta (AP) nos estádio V7 e R8, largura do dossel (LD) nos estádios V7 e R5, massa seca de parte aérea (MSPA) nos estádios V7 e R5, área foliar (AF) no estádio R5, diâmetro de caule (DC) no estádio R8, número de ramos por planta (NR) no estádio R8, altura de inserção da primeira vagem (AIPV) no estádio R8, número de vagens por planta (NV) no estádio R8, número de grãos por vagem (GV) no estádio R8, massa de mil grãos (MMG) e rendimento de grãos (RG) de seis cultivares antigas de soja sem interferência de *Bidens pilosa*. Pato Branco - PR, 2018/2019.

Com a formação do dossel nos estádios iniciais da cultura da soja, possibilita-se às plantas o desenvolvimento precoce do seu aparato fotossintético. Com a expansão foliar e o aumento da taxa fotossintética de modo gradativo durante o estádio vegetativo para o reprodutivo, a taxa fotossintética atinge valores máximos no período de enchimento de grãos, colaborando para o aumento do RG (CASAROLI et al., 2007). Essas características de crescimento inicial rápido e acúmulo de massa seca na parte aérea, ainda no período vegetativo, com reflexo positivo no rendimento final de grão podem ser observadas na cultivar BR 16.

Nos estádios reprodutivos AP se correlacionou positivamente com DC e negativamente com AF, plantas mais altas precisam de um caule que lhes forneça suporte adequado para que não haja acamamento (SOUZA et al. 2013) e ao conviver com plantas daninhas a soja tem o número de trifólios reduzidos pelas consequências da competição dos recursos abióticos (ADELUSI et al., 2006), além do fato de estar investindo em incremento de altura para se sobressair a competição.

Outras correlações positivas são observadas entre massa seca de parte aérea em R5, NR e RG e entre LD com MMG. Cultivares com grande acúmulo de

fitomassa em sua parte aérea (dossel) apresentam maior número de ramos o que contribui com o aumento da produtividade, como na cultivar Bragg.

As plantas de soja apresentaram um ótimo aparato fotossintético crescendo em altura também no estágio reprodutivo. Quando acumulam fitomassa em ambos os estádios conseqüentemente ocorre um aumento no número de sementes viáveis produzidas (KATOLIC, 2013).

Correlações negativas podem ser observadas, nos estádios reprodutivos, entre o DC com GV e RG. Plantas que direcionam fotoassimilados, para engrossar sua haste por exemplo, diminuem a manutenção dos grãos em formação e o rendimento acaba sendo reduzido (MAUAD et al., 2010), como observado na cultivar Davis.

Entre os componentes do rendimento, correlações positivas ocorreram entre as variáveis AIPV e RG. Cultivares devem apresentar AIPV mínima entre 10 e 15 cm para que o rendimento de grãos não seja comprometido (ALMEIDA et al., 2011).

### 5.1.3.2. Cultivares modernas sem interferência

Cultivares modernas sem interferência de *B. pilosa* apresentaram 19% (18 de 91) das correlações entre as variáveis significativas em nível de 5% (Figura 15).

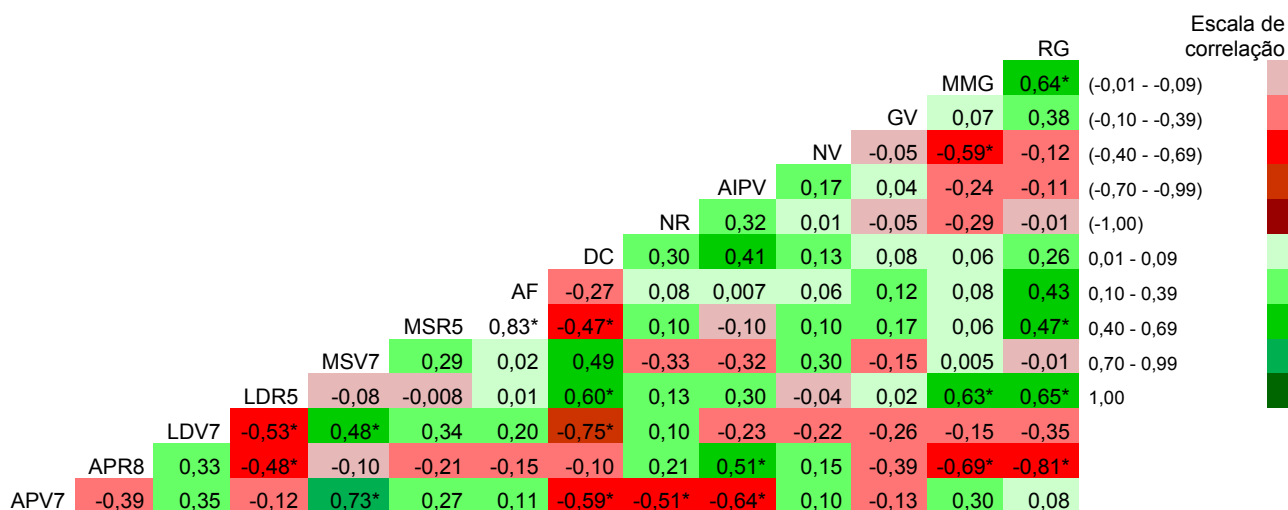


Figura 15 - Correlação de Pearson entre os caracteres agrônômicos altura de planta (AP) nos estádios V7 e R8, largura do dossel (LD) nos estádios V7 e R5, massa seca de parte aérea (MSPA) nos estádios V7 e R5, área foliar (AF) no estágio R5, diâmetro de caule (DC) no estágio R8, número de ramos por planta (NR) no estágio R8, altura de inserção da primeira vagem (AIPV) no estágio R8, número de vagens por planta (NV) no estágio R8, número de grãos por vagem (GV) no estágio R8, massa de mil grãos (MMG) e rendimento de grãos (RG) de seis cultivares modernas de soja sem interferência de *Bidens pilosa*. Pato Branco - PR, 2018/2019.

Nos estádios vegetativos cultivares modernas mais altas tendem a ter redução no seu número de ramos, na AIPV e no seu DC, características que se correlacionam negativamente. Nos estádios reprodutivos correlações positivas ocorreram entre largura do dossel, DC, MMG e RG e entre massa seca de parte aérea, AF e RG. Mostrando que cultivares modernas com maior conversão de fitomassa tendem a serem mais produtivas, como a cultivar BRS 232. A relação entre matéria seca acumulada e rendimento de grãos é função do genótipo da planta e da sua interação com o ambiente. Por isso, cultivares mais eficientes na conversão dos fotoassimilados para a produção de grãos, ao invés do crescimento vegetativo, serão mais produtivas (SEDIYAMA et al., 1999).

Altura de planta em R8 apresentou correlação negativa com o rendimento de grão. Quanto mais altas as cultivares modernas menor será sua produtividade, assim como a Embrapa 48. O rendimento está relacionado à capacidade da cultura de capturar radiação imediatamente após a floração (LEE et al., 2008), assim o crescimento em altura no período reprodutivo leva a diminuição do número de vagens e sementes por m<sup>2</sup> (EGLI, 1998).

Os componentes do rendimento praticamente não apresentaram correlações significativas com o RG, somente o NV se correlacionou negativamente com a MMG. Plantas mais engalhadas, podem direcionar fotoassimilados a produção de fitomassa reduzindo sua produtividade, como a cultivar BMX Potência. A massa de mil grãos é um componente que está diretamente relacionado com o rendimento de grãos, entretanto, este componente apresenta variação em função dos tratamentos e das safras agrícolas, podendo favorecer ou desfavorecer a produtividade final da cultura (TOGNI et al., 2007).

#### 5.1.3.3. Cultivares antigas sob interferência

Cultivares antigas sob interferência de *B. pilosa* apresentaram 25% (23 de 19) das correlações entre as variáveis analisadas significativas (Figura 16).

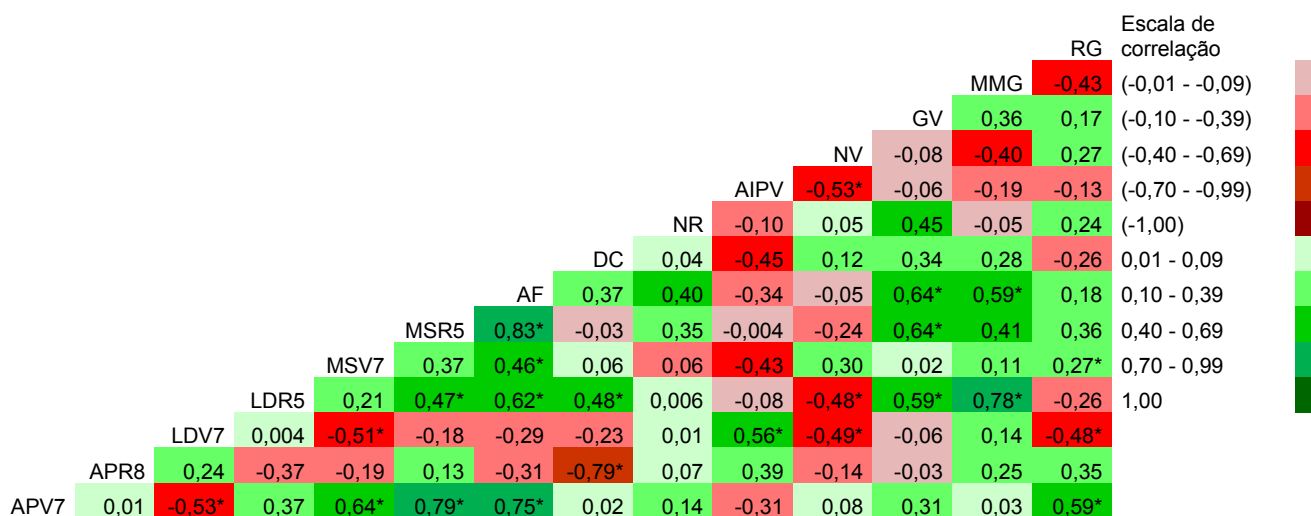


Figura 16 - Correlação de Pearson entre os caracteres agrônômicos altura de planta (AP) nos estádio V7 e R8, largura do dossel (LD) nos estádios V7 e R5, massa seca de parte aérea (MSPA) nos estádios V7 e R5, (AF) no estádio R5, diâmetro de caule (DC) no estádio R8, número de ramos por planta (NR) no estádio R8, altura de inserção da primeira vagem (AIPV) no estádio R8, número de vagens por planta (NV) no estádio R8, número de grãos por vagem (GV) no estádio R8, massa de mil grãos (MMG) e rendimento de grãos (RG) de seis cultivares antigas de soja sob a interferência de *Bidens pilosa*. Pato Branco - PR, 2018/2019.

Nos estádios vegetativos correlações positivas ocorreram entre altura de planta massa seca da parte aérea em ambos os estádios, AF e RG como a cultivar Paraná. A qualidade e intensidade da luz incidente sobre as plantas de soja irão afetar o seu desenvolvimento, as plantas de soja são estimuladas a crescerem em altura, numa tentativa de evitar a superioridade das daninhas na competição, captando o máximo da radiação disponível e sombreando as plantas daninhas (SILVA et al., 2009). As cultivares capazes de extrair mais água e nutrientes sob interferência conseguem estruturar suas plantas com um aparelho fotossintético e fitomassa acumulada o que irá refletir positivamente na produtividade.

A largura do dossel apresentou correlação positiva com AIPV e negativa com MSV7, NV e RG. Plantas altas que convertem boa quantidade de fitomassa são mais produtivas, enquanto plantas com um amplo dossel, assim como Davis, tendem a reduzir o número de vagem e o seu rendimento de grãos, como mostra a correlação negativa entre estes. Demonstrando que a soja diferente das daninhas direciona seus fotoassimilados para parte aérea no intuito de promover fechamento do dossel e logo causar sombreamento nas daninhas (SILVA et al., 2009).

Nos estádios reprodutivos correlações positivas ocorreram entre LD, MSR5, AF, DC, GV e MMG e negativamente com NV. A MSR5 se correlacionou significativamente com AF e GV. A AF se correlaciona positivamente com GV e MMG e a AIPV

negativamente com NV. Cultivares antigas que crescem com plantas daninhas precisam apresentar um crescimento rápido e ter uma boa capacidade de conversão de fitomassa para aumentar seu rendimento. A formação de folhas define a habilidade do dossel em interceptar a radiação fotossinteticamente ativa, sendo considerado fator determinante no acúmulo de massa seca pelas plantas (SILVA et al., 2004).

Porém, se estas cultivares continuarem crescendo e direcionando energia para ampliar seu dossel elas acabam diminuindo a produção de vagens e o seu rendimento, como observado nas correlações negativas. Um dossel amplo pode reduzir o número de vagens e grãos pelo sombreamento no estágio reprodutivo (KANTOLIC et al., 2013). AIPV elevada acarreta redução do número de vagens, como observada na cultivar Davis.

#### 5.1.3.4. Cultivares modernas sob interferência

Cultivares modernas sob interferência de *B. pilosa* apresentaram 47% (43 de 91) das suas correlações significativas (Figura 17).

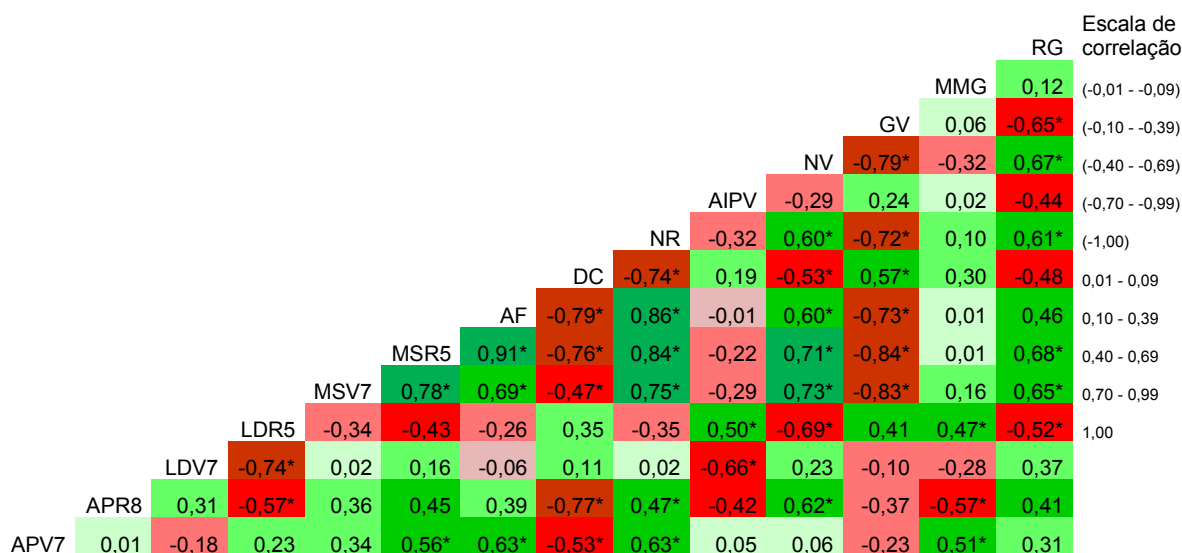


Figura 17 - Correlação de Pearson entre os caracteres agrônômicos altura de planta (AP) nos estádios V7 e R8, largura do dossel (LD) nos estádios V7 e R5, massa seca de parte aérea (MSPA) nos estádios V7 e R5, área foliar (AF) no estádio R5, diâmetro de caule (DC) no estádio R8, número de ramos por planta (NR) no estádio R8, altura de inserção da primeira vagem (AIPV) no estádio R8, número de vagens por planta (NV) no estádio R8, número de grãos por vagem (GV) no estádio R8, massa de mil grãos (MMG) e rendimento de grãos (RG) de seis cultivares modernas de soja sob a interferência de *Bidens pilosa*. Pato Branco - PR, 2018/2019.

Nos estádios vegetativos correlações positivas foram observadas entre AP, MSR5, AF, NR e MMG e entre MSV7, AF, NR, NV e RG. O rápido crescimento inicial das cultivares modernas sob competição refletem na sua capacidade de manter a sua produtividade, como na cultivar BRS 232. Cultivares modernas que sob interferência convertem muita fitomassa nos estádios vegetativos podem acabar reduzindo seu número de grãos por vagem. No período vegetativo correlações negativas ocorreram entre AP, DC, LD e AIPV e entre MSV7, DC e GV.

Para se sobressaírem a competição cultivares precisam ser mais eficientes no uso dos fatores ambientais nas fases iniciais do seu desenvolvimento, isso acontece quando a planta aumenta sua altura e/ou incrementa o seu número e comprimento de ramos. Esse crescimento pode colaborar com os componentes do rendimento ou pode representar demanda adicional que desvia os fotoassimilados que seriam aproveitados na fixação e na produção de estruturas reprodutivas (Navarro Júnior; Costa, 2002).

Nos estádios reprodutivos várias correlações foram observadas, onde o mesmo parâmetro pode interferir de forma positiva ou negativa o RG por vias diretas ou indiretas. A altura de planta em R8 se correlaciona de forma positiva com o NR e NV, porém plantas que crescem em excesso não produzem grãos com muita massa. A LD contribui para a conversão de fotoassimilados em grãos, mas plantas que investem sua energia em ampliar seu dossel acabam reduzindo o NV e o seu RG.

A MSR5 se correlacionou positivamente com o NR e NV contribuindo para o RG e a AF contribui para a produção de vagens, mas a conversão em excesso dos fotoassimilados em folhas acaba diminuindo os GV produzidos e diminui o DC. De forma contrária o DC se correlaciona positivamente com o número de GV produzidos ao mesmo passo em que hastes muito grossas acabam diminuindo o NR, NV e o RG das cultivares, como no caso de Zeus.

A competição entre plantas pelos fatores do ambiente, especialmente luz, determina a maior ou menor número de ramificações, pois ocorre menor disponibilidade de fotoassimilados para o crescimento vegetativo das plantas na forma de ramificações (MARTINS et al., 1999). Se a fotossíntese diminuir ou o número de sementes aumentar, o fluxo de assimilados por semente pode diminuir abaixo de um limiar que desencadeia o aborto de grãos (EGLI, 1998).



Das características referentes a produtividade o NR se correlaciona positivamente com NV e RG e negativamente com GV, o NV contribuiu com o RG e diminui os GV. Segundo Cox e Cherney (2011), o número de ramos por planta fornece capacidade compensatória para produção de grãos quando há grande variações no estande, sendo um importante mecanismo de plasticidade da cultura. Porém, como demonstrado por Navarro Junior e Costa, 2002 e Mauad (2010) o número excessivo de ramos pode servir de dreno, desviando os fotoassimilados da produção de estruturas reprodutivas para estruturas vegetativas e reduzindo a produtividade.

Desta forma, as variáveis que mais influenciam diretamente o aumento da produtividade em cultivares de soja antiga tanto na ausência de *B. pilosa* quanto sob sua interferência são aquelas relacionadas a um crescimento inicial rápido e uma boa conversão de fotoassimilados (AP e MSPA).

Para as cultivares modernas a variável que influencia diretamente o aumento da produtividade das cultivares sem ou sob interferência é a conversão de fotoassimilados principalmente na fase reprodutiva.

## 5.2 Experimento com *Euphorbia heterophylla*

### 5.2.1 Duração dos estádios fenológicos

A cultivar Zeus apresentou novamente, o ciclo mais curto (102 dias), com uma diferença de 51 dias entre a cultivar de ciclo mais longo, BRS 133 (153 dias). As cultivares de soja podem apresentar três tipos de crescimento: determinado (Davis, Bragg, IAS 5, Paraná, BR 16, FT Abyara, Embrapa 48, BRS 133 e BRS 232), indeterminado (BMX Potência RR, Monsoy 5838 IPRO, Zeus 55157 RSF IPRO) e semideterminado.

A relação entre a duração do ciclo de crescimento em cultivares de soja e sua habilidade (HC) competitiva é controversa. Em alguns ambientes, as cultivares tardias mostram-se mais competitivas (MONKS; OLIVER, 1988; SHILLING et al., 1995; NORDBY et al., 2007); em outros estudos, as precoces apresentaram-se mais competitivas (BENNETT; SHAW, 2000; JANNINK et al., 2000); e ainda foi observado não existir relação entre ciclo e HC (JAMES et al., 1988).

As cultivares brasileiras mais antigas (anteriores aos anos 2000) apresentavam tipo de crescimento determinado, que é caracterizado por atributos como a planta crescer pouco e não ramifica mais após o início do florescimento, que ocorre

praticamente ao mesmo tempo em toda a extensão da planta, o desenvolvimento concomitante de vagens e grãos no topo e na base da planta, as folhas do topo da planta são praticamente iguais às demais em tamanho e apresenta um racemo longo e com muitas vagens no nó terminal (AMARAL et al., 2018).

As cultivares brasileiras com tipo de crescimento indeterminado predominaram nas últimas duas décadas e, são caracterizadas pelas plantas crescem e se ramificam mesmo durante o florescimento, até o início do florescimento, apenas cerca de metade da estatura final é atingida, após esse estágio, a planta ainda apresenta grande crescimento, podendo dobrar sua estatura até a maturação (PARVEJ et al., 2013). O florescimento ocorre de forma escalonada de baixo para cima na planta, as folhas do topo são menores que as folhas das demais partes da planta e o nó terminal apresenta poucas vagens (AMARAL et al, 2018).

As cultivares de ciclo indeterminado continuam crescendo, enquanto as determinadas deixar de alongar-se após 10 dias, diminuindo a competição entre crescimento vegetativo e reprodutivo (ZANON et al., 2015). Desta forma, cultivares com hábito de crescimento indeterminado continuam direcionando energia para o crescimento vegetativo enquanto deveriam somente concentrar-se na formação dos componentes do rendimento. Se neste estágio estiverem sob interferência de plantas daninhas, esta situação de estresse pode reduzir ainda mais a produtividade final da planta.

Plantas de ciclo determinado constituem um dossel mais elaborado devido suas folhas serem do mesmo tamanho. Isso pode ser uma característica fundamental uma vez que, de maneira geral, sob competição, as plantas da cultura tendem a incrementar sua altura e a largura do dossel, como forma de maximizar a captação da radiação e sombrear as plantas daninhas suprimindo-as (LAMEGO, 2005).

#### 5.2.2. Interferência de *E. heterophylla* sobre caracteres vegetativos e reprodutivos da soja

Para corroborar ou não com estas informações, os resultados da análise de variância encontram-se na Tabela 18. Com exceção da largura do dossel no estágio V5 e do diâmetro do caule no estágio R8, os demais caracteres analisados apresentaram interação significativa entre os fatores cultivar e presença de *E. heterophylla*, indicando que as cultivares foram influenciadas de forma distinta pela presença ou

não da espécie daninha, assim como a resposta competitiva de *E. heterophylla* foi influenciada pelas cultivares de soja.

Tabela 18 - Análise de variância de um experimento bifatorial (sem ou com *Euphorbia heterophylla* x cultivares de soja) em parcelas subdivididas no DBA, para as variáveis altura de planta (AP em V5 e R8), largura do dossel (LD em V5 e R5), área foliar (AF em R5), massa seca de parte aérea (MSPA em V5 e R5) número de ramos por planta (NR em R8), diâmetro do caule (DC em R8), altura de inserção da primeira vagem (AIPV em R8), número de vagens por planta (NV em R8), número de grãos por vagem (GV em R8), massa de mil grãos (MMG em R8) e rendimento de grãos (RG). Pato Branco - PR, 2019/2020.

Causas de variação	GL	QUADRADOS MÉDIOS													
		AP V5	AP R8	LD V5	LD R5	AF R5	MSPA V5	MSPA R5	NR	DC	AIPV	NV	GV	MMG	RG
Bloco	2	2,7	3,1	14,5	1,5	169149,1	0,01	1,8	0,002	0,07	1,5	0,77	0,005	207,8	21085,04
Cultivar	11	74,7	1419,4*	31,3*	46,7*	3303327,7*	0,4*	247,6*	2,10*	13,3*	158,4*	1828,1*	0,27*	3053,1*	2213359,7*
Erro A	22	0,4	14,3	4,8	14,7	54732,9	0,03	6,44	0,05	0,4	1,4	18,8	0,005	423,6	249770,2
<i>E. hete- rophylla</i>	1	119	0,03 <sup>ns</sup>	1,4 <sup>ns</sup>	5,5 <sup>ns</sup>	15213045*	0,5*	1735,5*	0,03*	13,3 <sup>ns</sup>	21,1*	5794,2*	0,2*	48,3 <sup>ns</sup>	37262905,6*
Interação	11	8,01*	58,8*	4,4 <sup>ns</sup>	14,7*	2303740,1*	0,2*	99,4*	0,07*	1,4 <sup>ns</sup>	25,1*	265,8*	0,03*	861,1*	1114686,3*
Erro B	24	0,51	16,8	5,8	4,9	107092,5	0,04	5,7	0,07	0,3	1,4	20,7	0,007	369,2	130250,7
Média Geral		24,4	104,9	27,2	38,6	4081,2	2,7	3241	0,097	6,9	14,9	84,9	2,2	171,8	3464,2
CV (%) Parcela		2,8	3,9	8,0	9,9	5,7	7,1	7,8	5,14	10	8,0	5,1	3,1	11,9	14,4
CV (%) Subpar- cela		2,9	3,6	8,9	5,7	8,0	8,0	7,4	5,54	8,6	8,1	5,3	3,6	11,1	10,4

\*Significativo em nível de 5% de probabilidade de erro. <sup>ns</sup> não significativo.

A altura de planta (AP) foi influenciada pela presença da planta daninha nas cultivares FT Abyara, Embrapa 48 e BRS 232, que no estádio V7 apresentaram diferenças significativas entre as condições sem e com competição. O mesmo ocorreu para as cultivares Paraná, BRS 232 e BMX Potência no estádio R8 (Tabela 19).

No estádio V5 as cultivares Bragg, Paraná, BRS 133, BMX Potência, Monsoy 5838 e Zeus apresentaram altura de planta maior na ausência de interferência de *E. heterophylla* em comparação a sua altura sob interferência da planta daninha.

As demais cultivares incrementaram sua altura sob interferência, sendo que a cultivar FT Abyara apresentou o maior crescimento inicial, com uma diferença de 15,9% entre as condições avaliadas.

Na ausência da planta daninha no estádio V5 a cultivar Davis, que não diferiu de Paraná, apresentou maior altura de planta. Sendo esta 40% mais alta que a cultivar BRS 133, cultivar com menor altura juntamente com Monsoy 5838.

Na condição de interferência, Bragg também apresentou maior altura de planta diferindo das demais enquanto o grupo com menor altura de planta foi composto pelas cultivares BRS 133, BMX Potência, Monsoy 5838 e Zeus.

Sem interferência da planta daninha e no estádio R8, BMX Potência teve um crescimento em altura 45% maior do que Zeus. Da mesma forma na presença de *E. heterophylla* a cultivar BMX Potência apresentou maior altura de planta enquanto as cultivares Monsoy 5838 e Zeus apresentaram a menor altura de planta, uma diferença de 35%.

As cultivares Paraná, BRS 232 e BMX Potência foram as únicas que não incrementaram a altura de planta na condição de interferência. A cultivar Zeus foi a que mais cresceu em altura, sendo 9% mais alta sob interferência do que sua altura média atingida na ausência de *E. heterophylla*.

Tabela 19 - Altura de planta de doze cultivares de soja nos estádios V5 e R8 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de *Euphorbia heterophylla*. Pato Branco – PR, 2019/2020.

Cultivar	Ano	Altura de planta V5 (cm)		Diferença (%)
		Sem <i>E. heterophylla</i>	Com <i>E. heterophylla</i>	
Davis	1965	19,4 Ac	17,8 Ae	-8,2
Bragg	1966	25,4 Aa	26,8 Aa	5,5
IAS 5	1973	19,6 Ac	20,3 Ad	3,5
Paraná	1974	24,9 Aa	23,5 Ac	-5,5
BR-16	1987	21,4 Ab	22,4 Ac	4,9
FT-Abyara	1988	16,7 Bd	19,4 Ad	15,9
Embrapa 48	1995	21,0 Bb	23,5 Ac	11,9
BRS 133	1997	15,6 Ae	15,5 Af	-0,4
BRS 232	2003	22,0 Bb	25,1 Ab	14,2
BMX Potência RR	2007	17,4 Ad	15,9 Af	-8,7
Monsoy 5838 IPRO	2017	15,9 Ae	15,4 Af	-2,9
Zeus 55157 RSF IPRO	2017	17,5 Ad	15,6 Af	-11,1

Cultivar	Ano	Altura de planta R8 (cm)		Diferença (%)
		Sem <i>E. heterophylla</i>	Com <i>E. heterophylla</i>	
Davis	1965	96,4 Af	98,8 Ae	2,4
Bragg	1966	109,6 Ad	114,1 Ac	4,1
IAS 5	1973	98,3 Af	99,4 Ae	1,1
Paraná	1974	118,4 Ab	106,6 Bd	-9,9
BR 16	1987	108,4 Ad	110,6 Ac	1,9
FT Abyara	1988	102,5 Ae	105,4 Ad	2,8
Embrapa 48	1995	114,2 Ac	117,9 Ab	3,2
BRS 133	1997	109,6 Ad	111,5 Ac	1,7
BRS 232	2003	120,8 Ab	113,4 Bc	-6,0
BMX Potência RR	2007	132,7 Aa	122,1 Ba	-8,0
Monsoy 5838 IPRO	2017	75,8 Ag	80,4 Af	5,9
Zeus 55157 RSF IPRO	2017	72,2 Ag	79,1 Af	9,5

\*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas comparando sem e com planta daninha dentro de cada cultivar e letras minúsculas comparando as cultivares dentro de cada condição de cultivo não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

A altura de plantas é uma característica importante para o crescimento e desenvolvimento das espécies no ambiente, pois está diretamente relacionada com a eficiência na captação de luz (FLECK et al., 2008). Culturas sob interferência tendem a incrementar sua altura como forma de maximizar a captação da radiação e sombrear as plantas daninhas, ocorrendo, em contrapartida, redução no acúmulo de biomassa, na emissão de ramos e de área foliar (SILVA et al., 2009).

A regressão da diferença percentual de altura entre plantas de soja sem e com competição de *E. heterophylla* não foi significativa em ambos os estádios avaliados (Figura 18 A e B). O comportamento das cultivares não segue um padrão de aumento ou diminuição da altura conforme o ano de lançamento, em R5 (Figura 18 B) observamos uma leve tendência de aumento de altura quando sob interferência, exceto por 3 cultivares.

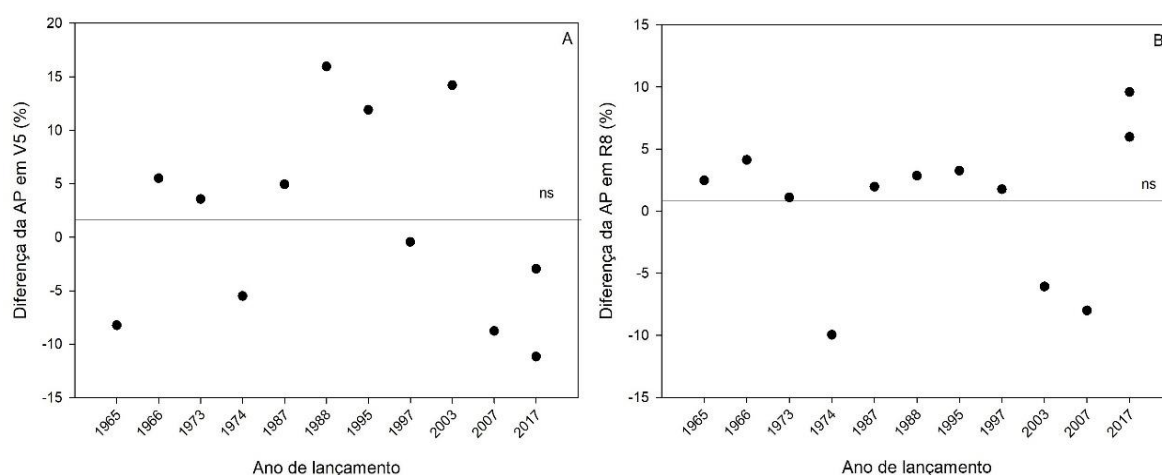


Figura 18 - Relação entre a diferença percentual da altura de plantas de soja (sem e com interferência) e ano de lançamento das cultivares nos estádios V5 (A) e R8 (B). Pato Branco – PR, 2019/2020.

A altura das plantas para a cultura da soja é uma característica genética importante a ser observada já que plantas altas podem acamar em lugares de ventos muito fortes e plantas baixas restringem as máquinas na colheita (TAVARES; BENEZ; SILVA, 2012). Ao detectarem a presença de plantas daninhas a maioria das cultivares tendem a estiolar, se em excesso pode ocorrer o problema do acamamento, se não incrementam sua altura podem sentir ainda mais os danos da competição com reflexo na produtividade.

Quanto à largura de dossel, no estágio vegetativo (V5) não houve interação significativa entre as condições sem e com interferência de *E. heterophylla*. As

cultivares dividiram-se em dois grupos, as que apresentaram LD mais amplo, como as cultivares Bragg, IAS 5, BR 16, Embrapa 48 e BRS 232 e o grupo de cultivares com menor LD como Paraná, Davis e BMX Potência (Tabela 20).

Tabela 20 - Largura do dossel de doze cultivares de soja no estádio V5. Pato Branco – PR, 2019/2020.

Cultivares	ANO	Largura do dossel V5
Davis	1965	24,0 b
Bragg	1966	29,1 a
IAS 5	1973	27,7 a
Paraná	1974	21,6 b
BR 16	1987	28,3 a
FT Abyara	1988	26,1 b
Embrapa 48	1995	27,6 a
BRS 133	1997	26,4 b
BRS 232	2003	29,8 a
BMX Potência RR	2007	24,0 b
Monsoy 5838 IPRO	2017	26,2 b
Zeus 55157 RSF IPRO	2017	25,5 b

Médias NÃO seguidas por mesma letra na vertical diferem pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade de erro.

No estádio reprodutivo as cultivares Davis, Paraná e BR 16 apresentaram um dossel mais largo sob interferência de *E. heterophylla* do que quando comparado a largura do seu dossel sem a presença da planta daninha (Tabela 21). Ocorrendo diferença ente sem e com interferência para as cultivares Davis, Bragg, FT Abyara e Embrapa 48 no estádio R5.

Na ausência da planta daninha as cultivares diferiram em dois grupos, onde o dossel mais largo foi observado novamente em Davis enquanto o dossel mais estreito foi o da cultivar BRS 232 (14% menor).

A maior interferência de crescimento e expansão do dossel foi observada na cultivar Bragg (-13%) enquanto Monsoy 5838 teve a menor redução na LD (0,7%). Sob a condição de interferência de *E. heterophylla* a cultivar Davis, que não diferiu da Zeus apresentou o dossel mais largo, 29,6% maior do que Bragg, cujo dossel é o mais estreito.



Tabela 21 - Largura do dossel de doze cultivares de soja no estágio R5 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de *Euphorbia heterophylla*. Pato Branco – PR, 2019/2020.

Cultivar	Ano	Largura do dossel R5 (cm)		Diferença (%)
		Sem <i>E. heterophylla</i>	Com <i>E. heterophylla</i>	
Davis	1965	41,1 Ba	45,6 Aa	10,8
Bragg	1966	37,3 Ab	32,1 Bc	-13,8
IAS 5	1973	37,1 Ab	35,2 Ac	-5,1
Paraná	1974	39,1 Aa	40,6 Ab	3,7
BR 16	1987	37,7 Ab	40,2 Ab	6,7
FT Abyara	1988	40,5 Aa	36,4 Bc	-10,0
Embrapa 48	1995	39,8 Aa	35,3 Bc	-11,2
BRS 133	1997	40,3 Aa	40,8 Ab	1,1
BRS 232	2003	35,3 Ab	33,8 Ac	-4,1
BMX Potência RR	2007	40,7 Aa	39,1 Ab	-3,9
Monsoy 5838 IPRO	2017	36,8 Ab	36,6 Ac	-0,7
Zeus 55157 RSF IPRO	2017	40,7 Aa	44,0 Aa	-1,6

\*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas comparando sem e com planta daninha dentro de cada cultivar e letras minúsculas comparando as cultivares dentro de cada condição de cultivo não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

A regressão para a diferença da LD entre as cultivares sob interferência ou não de *E. heterophylla* no estágio R5 não foi significativa (Figura 19). Ao analisar cultivares de soja lançados entre os anos 1928 e 2013 nos Estados Unidos, Hammer e colaboradores (2017) observaram que o volume da parte aérea da soja no estágio R5 diminuiu aproximadamente 1 cm<sup>3</sup> por ano de lançamento.

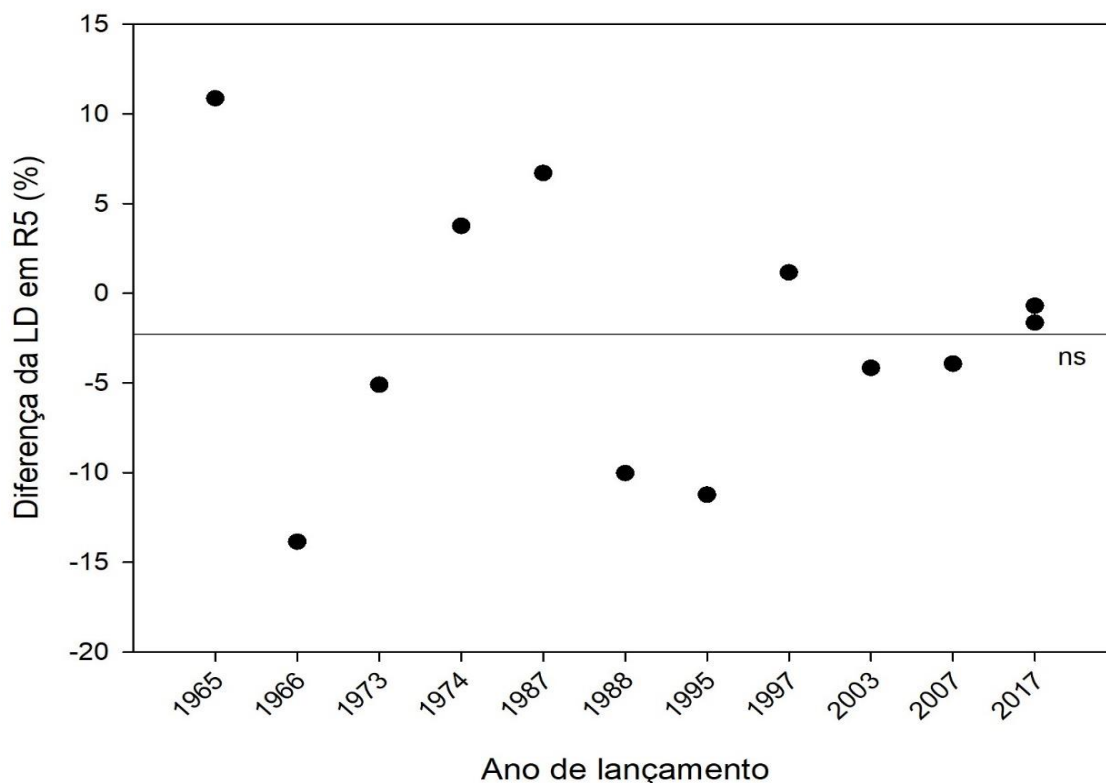


Figura 19 - Relação entre a diferença percentual da largura do dossel de plantas de soja (sem e com interferência) e os anos de lançamento das cultivares no estágio R5. Pato Branco – PR, 2019/2020.

A altura de planta superior juntamente com uma adequada área foliar pode influenciar a habilidade competitiva da planta cultivada em relação à convivência com plantas daninhas, reduzindo a penetração da luz no dossel e refletindo em menores perdas na produtividade de grãos (LAMEGO et al., 2013).

Cultivares de soja lançadas nos anos dois mil, em comparação com cultivares mais antigas, apresentam uma redução de sua área foliar (JIN, 2010). Também foi constatado que a eficiência do uso da água diminuiu com o ano de lançamento, sendo estas as características que afetam a conversão de fotoassimilados pelas plantas (LIU, 2012).

Em ambas as avaliações de massa seca da parte aérea na maioria das cultivares diminuiu seu acúmulo de fitomassa (Tabela 22). No estágio V5 Bragg, Embrapa 48 e BMX Potência tiveram um acúmulo maior de massa na parte aérea sob interferência e Monsoy 5838 apresentou a mesma proporção de massa seca para ambas as situações. No estágio R5 somente Davis apresentou um pequeno aumento em sua massa seca sob interferência.

Ocorreu diferença significativa entre sem e com interferência para as cultivares IAS 5, BR 16, Embrapa 48, BRS 133, BRS 232 e BMX Potência no estágio V5 e para as cultivares Bragg, BR 16, FT-Abyara, Embrapa 48, BRS 133, BMX Potência, Monsoy 5838 e Zeus em R5.

Tabela 22 - Massa seca da parte aérea de doze cultivares de soja nos estádios V5 e R5 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de *Euphorbia heterophylla*. Pato Branco – PR, 2019/2020.

Cultivar	Ano	Massa seca R5 (g)		
		Sem <i>E. heterophylla</i>	Com <i>E. heterophylla</i>	Diferença (%)
Davis	1965	31,6 Ae	31,6 Ab	0,0
Bragg	1966	46,4 Ab	30,8 Bb	-33,6
IAS 5	1973	31,2 Ae	29,1 Ab	-6,7
Paraná	1974	32,8 Ae	29,2 Ab	-10,9
BR 16	1987	36,6 Ad	21,7 Bc	-40,6
FT Abyara	1988	27,5 Af	22,2 Bc	-19,1
Embrapa 48	1995	40,1 Ac	31,6 Bb	-21,2
BRS 133	1997	31,5 Ae	23,3 Bc	-26,1
BRS 232	2003	48,5 Ab	45,2 Aa	-6,7
BMX Potência RR	2007	34,6 Ad	20,4 Bd	-41,1
Monsoy 5838 IPRO	2017	51,8 Aa	22,6 Bc	-56,3
Zeus 55157 RSF IPRO	2017	31,3 Ae	18,9 Bd	-40,7

\*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas comparando sem e com planta daninha dentro de cada cultivar e letras minúsculas comparando as cultivares dentro de cada condição de cultivo não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Na ausência da planta daninha, no estágio V5, Davis apresentou o maior acúmulo de massa seca da parte aérea, 24,7% mais que as cultivares BRS 133 e BMX Potência, ambas com o menor acúmulo de massa seca. No estágio R5 Monsoy 5838 acumulou 46,8% mais massa seca do que a cultivar FT Abyara.

Sob a condição de interferência no estágio V5 sob interferência de *E. heterophylla* a cultivar Embrapa 48 obteve o maior acúmulo de massa seca de parte aérea, 33% a mais que BRS 133 com o menor acúmulo de massa seca de parte aérea. Já no estágio R5 BRS 232 foi a cultivar com maior conversão de fitomassa, enquanto

Zeus foi a cultivar com menor peso de parte aérea, uma diferença de 58% entre suas massas.

No estágio V5, não houve ajuste da regressão linear entre diferença percentual da MSPA das plantas e ano de lançamento da cultivar (Figura 20 A). No início do ciclo de desenvolvimento da soja, o acúmulo de fitomassa é lento, acelerando após o estágio V5, até atingir o máximo, no estágio R6, quando todas as partes das plantas estão plenamente desenvolvidas (folhas, caule, vagens e grãos) (TSUMANUMA et al., 2010). No estágio R5 (Figura 20 B) a regressão linear mostrou a diminuição progressiva do acúmulo de fitomassa pelas cultivares, com diminuição de 0,59% a cada ano.

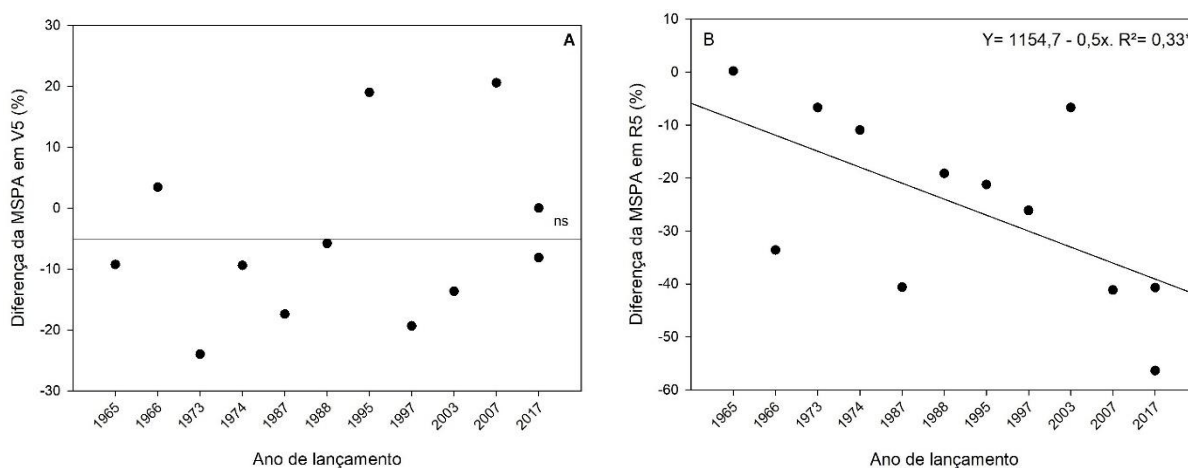


Figura 20 - Relação entre a diferença percentual da massa seca da parte aérea de plantas de soja (sem e com interferência) e os anos de lançamento das cultivares nos estádios V5 (A) e R5 (B). Pato Branco – PR, 2019/2020.

A atividade fotossintética pode sofrer alterações indiretas pela competição com plantas daninhas, como por exemplo, a competição por água que leva a uma deficiência hídrica, em que a cultura reduz as perdas de água pelo fechamento dos estômatos, reduzindo o influxo de CO<sub>2</sub> e a fotossíntese pela deficiência desse substrato (FLOSS, 2008). Em outros casos, a luz é limitante direto da fotossíntese pela menor luminosidade ocasionada pelo sombreamento, ou indireto, pela alteração no balanço da faixa do vermelho e vermelho distante (MESSINGER et al., 2006).

Somente duas cultivares apresentaram área foliar maior quando sob interferência de *E. heterophylla* (Tabela 23), Paraná apresentou uma área foliar 33% maior do que o seu AF sem interferência e o menor AF sob interferência foi observado para Embrapa 48, 1,4% maior do que na ausência da planta daninha. As demais cultivares reduziram seu AF quando sob interferência de *E. heterophylla*, Monsoy 5838

apresentou maior redução (50%) do seu AF e as demais cultivares apresentaram reduções superiores a 15%.

Tabela 23 - Área foliar de doze cultivares de soja no estágio R5 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de *Euphorbia heterophylla*. Pato Branco – PR, 2019/2020.

Cultivar	Ano	Área foliar (cm <sup>2</sup> )		Diferença (%)
		Sem <i>E. heterophylla</i>	Com <i>E. heterophylla</i>	
Davis	1965	4417,4 Ad	4393,1 Ac	-0,5
Bragg	1966	4927,3 Ac	3665,0 Bd	-25,6
IAS 5	1973	4108,4 Ae	3453,2 Be	-15,9
Paraná	1974	3786,1 Bf	5064,8 Ab	33,7
BR 16	1987	4615,1 Ad	2399,3 Bg	-48,0
FT Abyara	1988	4712,2 Ac	3302,7 Be	-29,9
Embrapa 48	1995	3753,9 Af	3807,9 Ad	1,4
BRS 133	1997	4030,7 Ae	3206,8 Be	-20,4
BRS 232	2003	5657,8 Ab	5555,3 Aa	-1,8
BMX Potência RR	2007	3825,0 Af	2830,6 Bf	-25,9
Monsoy 5838 IPRO	2017	6971,0 Aa	3326,7 Be	-52,2
Zeus 55157 RSF IPRO	2017	3686,0 Af	2453,4 Bg	-33,4

\*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas comparando sem e com planta daninha dentro de cada cultivar e letras minúsculas comparando as cultivares dentro de cada condição de cultivo não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Sem a interferência da planta daninha, Monsoy 5838 apresentou área foliar 47% maior que Zeus, sendo que esta cultivar não diferiu de BMX Potência, Embrapa 48 e Paraná. Sob interferência de *E. heterophylla* na comparação entre as cultivares, BRS 232 apresentou a maior área foliar, 56,8% maior que BR 16 com a menor área foliar, sendo que esta não diferiu de Zeus.

O aumento da área foliar propicia consequentemente um aumento na capacidade da planta em aproveitar a energia solar visando à realização da fotossíntese e, desta forma, pode aumentar a produtividade (GONZALEZ-SANPEDRO et al., 2008). A regressão que analisa a diferença percentual entre as cultivares avaliadas e seus anos de lançamento não mostrou-se significativa, não havendo relação entre estes parâmetros (Figura 21).

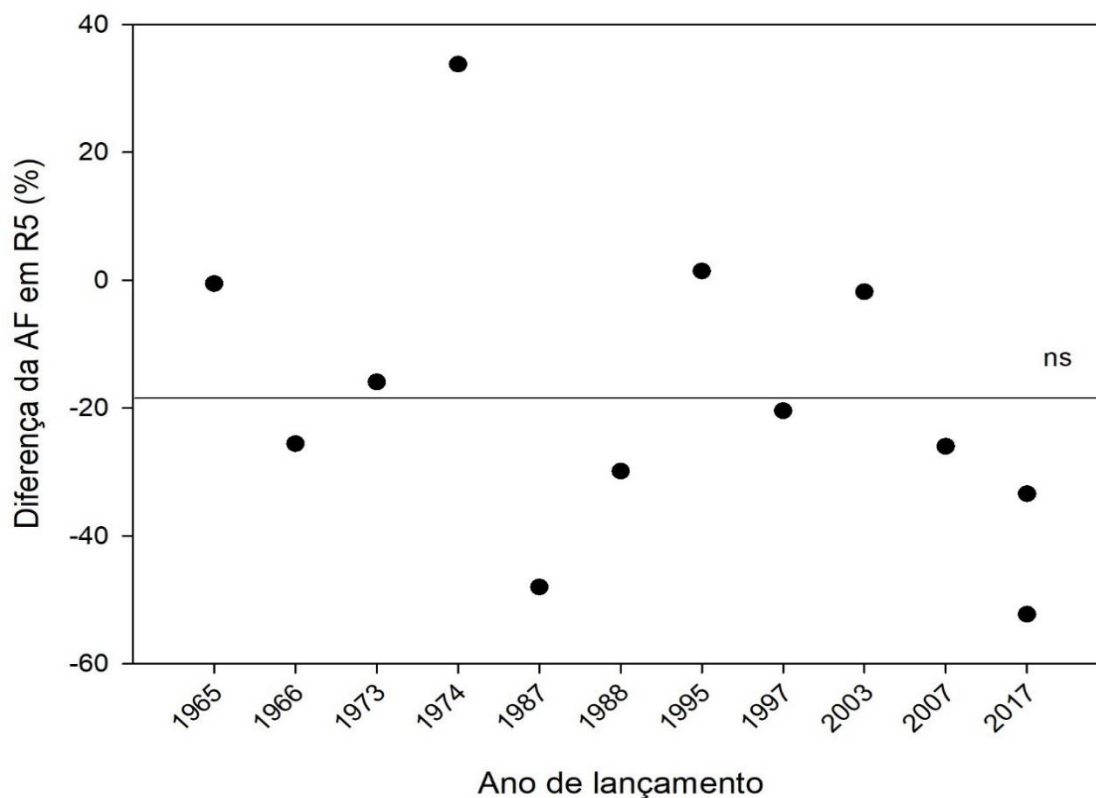


Figura 21 - Relação entre a diferença percentual da área foliar de plantas de soja (sem e com interferência) e ano de lançamento das cultivares no estágio R5. Pato Branco – PR, 2019/2020.

Quando as plantas daninhas e cultivadas mantêm uma competição acirrada pelos componentes abióticos há menor disponibilidade de fotoassimilados para o crescimento vegetativo na forma de ramificações, pois estes são destinados preferencialmente para o crescimento da haste principal, diminuindo assim a produtividade da cultura (MARTINS et al., 1999).

Quanto à emissão de ramos (Tabela 24), a cultivar Paraná apresentou a mesma quantidade de ramos em ambas as condições, BRS 232 foi à única cultivar que emitiu maior número de ramos quando sob interferência de *E. heterophylla* (8%). Bragg, IAS 5, BRS 133, BMX Potência e Monsoy 5838 diferiram entre as condições sem e com planta daninha e todas tiveram redução em seu número de ramos sob interferência.

Tabela 24 - Número de ramos de doze cultivares de soja no estágio R8 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de *Euphorbia heterophylla*. Pato Branco – PR, 2019/2020.

Cultivar	Ano	Número de ramos		
		Sem <i>E. heterophylla</i>	Com <i>E. heterophylla</i>	Diferença (%)
Davis	1965	9,0 Aa	8,8 Aa	-15,5
Bragg	1966	9,0 Aa	7,9 Bb	-11,8
IAS 5	1973	8,0 Ab	6,8 Bc	-15,0
Paraná	1974	6,6 Ac	6,6 Ac	0,0
BR 16	1987	8,6 Aa	7,7 Ab	-10,0
FT Abyara	1988	5,4 Ad	5,0 Ae	-7,4
Embrapa 48	1995	8,0 Ab	7,8 Ab	-3,2
BRS 133	1997	6,5 Ac	4,7 Be	-27,5
BRS 232	2003	7,4 Ab	8,0 Ab	8,0
BMX Potência RR	2007	8,4 Aa	6,0 Bd	-28,5
Monsoy 5838 IPRO	2017	6,6 Ac	4,1 Bf	-37,4
Zeus 55157 RSF IPRO	2017	4,3 Ae	4,0 Af	-6,2

\*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas comparando sem e com planta daninha dentro de cada cultivar e letras minúsculas comparando as cultivares dentro de cada condição de cultivo não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Sem interferência da planta Davis e Bragg, que não diferiram de Br 16 e BMX Potência apresentaram a emissão de ramos 52% maior do que Zeus, que diferiu das demais cultivares. Na condição de interferência Davis que diferiu das demais, produziu mais ramos do que a cultivar Zeus (51%), que não diferiu da Monsoy 5838.

As ramificações emitidas contribuem em média com 16% do AF (ZANON et al., 2018) e o máximo rendimento da soja é determinado pela capacidade de plantas interceptarem radiação solar através do índice de seu AF e converterem esta radiação em matéria seca pelo processo fotossintético (ZANON, 2015).

Na comparação cultivar e ano de lançamento a regressão linear também não foi significativa (Figura 22). De acordo com Peixoto et al. (2008) a planta da soja pode atingir de um até dez ramos por planta, com o maior deles inserido na parte mais baixa da haste principal. O NR relaciona-se diretamente com a competição que ocorre entre as plantas pelos fatores de crescimento do ambiente, em especial a luz, que determina o maior ou menor número de ramificações (TORRES, 2015).

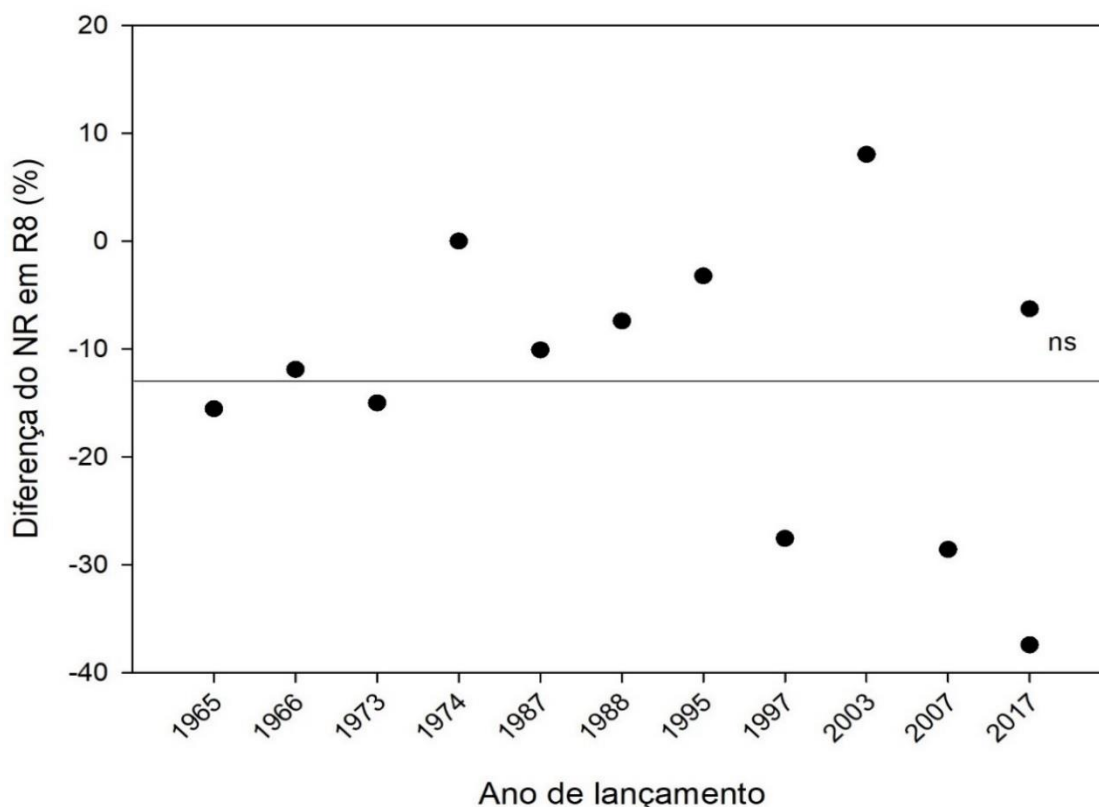


Figura 22 - Relação entre a diferença percentual do número de ramos em plantas de soja (sem e com interferência) e ano de lançamento das cultivares no estádio R8. Pato Branco – PR, 2019/2020.

Características morfofisiológicas, tais como número de ramos por planta, comprimento de ramos e números de nós férteis, têm relação com o potencial produtivo da planta de soja, uma vez que representam maior superfície fotossintetizante e potencialmente produtiva por meio do número de locais para surgimento de gemas reprodutivas (NAVARRO JÚNIOR; COSTA, 2002).

Outra consequência da competição e da redução da disponibilidade de recursos para formação da planta é a tendência de haver maior crescimento em altura, reduzindo assim a espessura do caule (BALBINOT JR., 2015). As cultivares que apresentam plantas altas, pequeno diâmetro da haste, baixo teor de lignina no caule e raízes superficiais, são as que apresentam maiores problemas de acamamento (MOTTA et al., 2002).

Para a variável diâmetro de caule somente a diferença entre as cultivares foi significativa. BRS 232 apresentou o maior DC e BRS 133 apresentou o menor DC, uma diferença de 41,6% e ambas diferiam das demais cultivares (Tabela 25).



Tabela 25 - Diâmetro do caule de doze cultivares de soja no estágio R8 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de *Euphorbia heterophylla*. Pato Branco – PR, 2019/2020.

Cultivares	Diâmetro do caule R8 (cm)
Davis	0,10 abc
Bragg	0,10 abc
IAS 5	0,10 abc
Paraná	0,08 c
BR 16	0,09 bc
FT Abyara	0,11 ab
Embrapa 48	0,10 abc
BRS 133	0,05 d
BRS 232	0,12 a
BMX Potência RR	0,10 abc
Monsoy 5838 IPRO	0,10 abc
Zeus 55157 RSF IPRO	0,11 ab

Médias NÃO seguidas por mesma letra na vertical diferem pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade de erro.

Plantas com maior altura são indesejáveis, pois o estiolamento afeta o desempenho agrônômico da soja. Esse estiolamento ocorre em função da maior sensibilidade à redução da razão entre os comprimentos de onda vermelho/vermelho extremo; este fato implica em respostas morfológicas de redução da emissão de ramificações, aumento da estatura e redução do diâmetro de caule das plantas (VIDAL, 2010).

A altura de inserção da primeira vagem da soja é uma característica agrônômica importante à operação de colheita mecânica dos grãos, dependente da inclinação do solo, para que não haja perda na colheita (CHIODEROLI et al., 2012). Entre as cultivares avaliadas todas apresentavam-se dentro da média ideal.

Quando comparado entre as condições testadas, as cultivares Davis, Bragg, BR 16 e BMX Potência diferiram a altura média de IPV nas condições sem e com *E. heterophylla* (Tabela 26). Bragg apresenta um aumento na AIPV em 49% quando sob interferência e BR 16 apresenta um decréscimo de 19% na AIPV sob interferência.

Na comparação entre cultivares, sem interferência de planta daninha BMX Potência apresentou uma AIPV 57% maior do que IAS 5 que não diferiu de Zeus. Sob interferência novamente BMX Potência, que diferiu das demais, apresentando uma

AIPV, 69% maior do que Embrapa 48 que não diferiu de Zeus apresentou a menor AIPV.

Tabela 26 - Altura de inserção da primeira vagem de doze cultivares de soja no estágio R8 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de *Euphorbia heterophylla*. Pato Branco – PR, 2019/2020.

Cultivar	Ano	Altura de 1ª vagem (cm)		Diferença (%)
		Sem <i>E. heterophylla</i>	Com <i>E. heterophylla</i>	
Davis	1965	15,6 Ac	12,8 Be	-17,9
Bragg	1966	17,9 Bb	26,8 Ab	49,2
IAS 5	1973	8,7 Ae	9,9 Ag	14,0
Paraná	1974	18,7 Ab	18,1 Ac	-3,2
BR 16	1987	15,6 Ac	12,6 Be	-19,2
FT Abyara	1988	11,7 Ad	11,80Af	0,5
Embrapa 48	1995	10,7 Ad	9,2 Ag	-14,4
BRS 133	1997	16,66Ac	16,0 Ad	-3,2
BRS 232	2003	10,3 Ad	11,2 Af	8,1
BMX Potência RR	2007	20,4 Ba	30,2 Aa	47,6
Monsoy 5838 IPRO	2017	16,80 Ac	15,93 Ad	-5,1
Zeus 55157 RSF IPRO	2017	8,9 Ae	10,6 Ag	18,7

\*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas comparando sem e com planta daninha dentro de cada cultivar e letras minúsculas comparando as cultivares dentro de cada condição de cultivo não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

O acréscimo na AIPV, devido ao aumento da população de plantas, como observado em BMX Potência, ocorre quando se eleva a competição intraespecífica, aumenta-se a competição por luz, reduzindo a partição de fotoassimilados para ramificações, priorizando, assim, o crescimento em altura de plantas, conseqüentemente elevando a AIPV (MEDOLO, 2016). Boa parte do rendimento da soja ocorre no terço inferior, quanto mais alta a AIPV maior será a redução de produtividade ocasionada pela competição. A regressão linear não foi significativa quando analisado a diferença entre as cultivares e seus anos de lançamento (Figura 23).

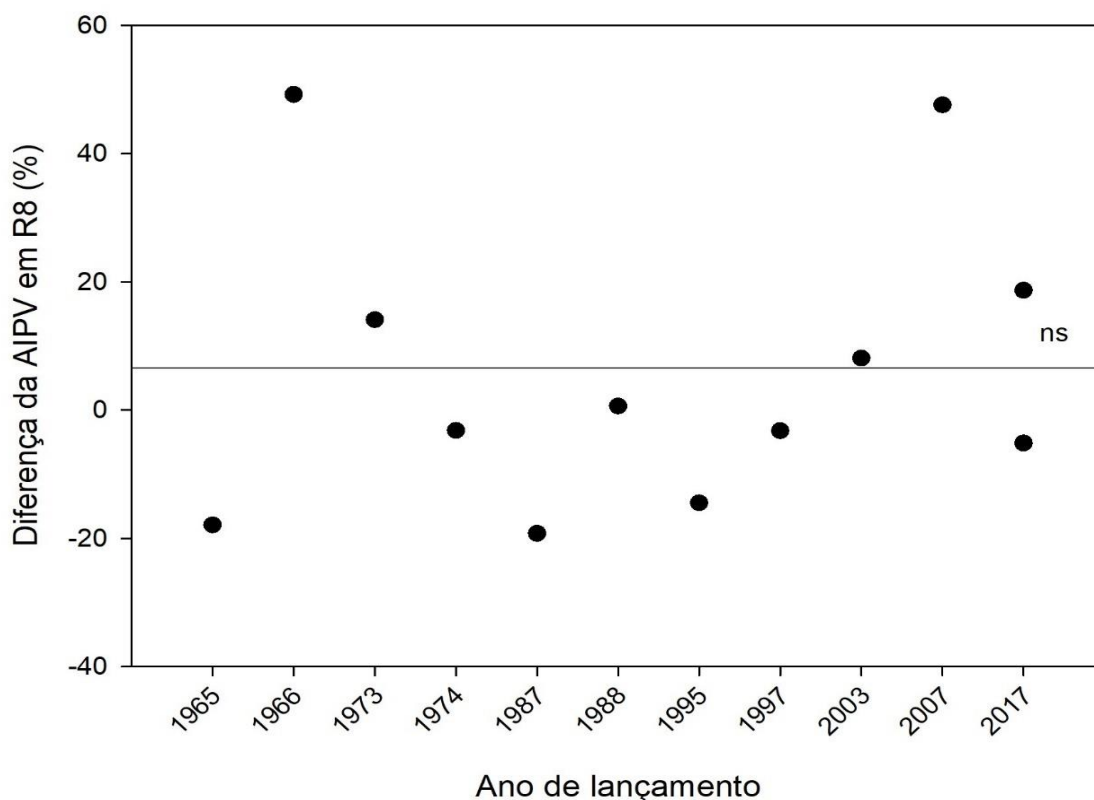


Figura 23 - Relação entre a diferença percentual da inserção de primeira vagem em plantas de soja (sem e com interferência) e ano de lançamento das cultivares no estágio R8. Pato Branco – PR, 2019/2020.

O número de vagens por planta e o número de grãos por vagens são características que variam em função da cultivar e do ambiente, influenciando na produtividade da lavoura. Em média as cultivares brasileiras desenvolvem de 30 a 80 vagens por planta (SEDIYAMA et al., 2009).

Apenas Davis, BRS 232 e BMX Potência não diferiram quanto à produção de vagens por planta entre as condições de interferência ou não (Tabela 27). Bragg e Zeus reduziram a produção de vagens em 40% na comparação entre as condições avaliadas.

Entre cultivares sem interferência, Embrapa 48 produziu mais vagens, sendo 52% mais do que Davis que não diferiu de BMX Potência. Na condição com interferência de *Euphorbia heterophylla*, Embrapa 48 destacou-se das demais produzindo 53% mais vagens do que Zeus.

Tabela 27 - Número de vagens de doze cultivares de soja no estádio R8 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de *Euphorbia heterophylla*. Pato Branco – PR, 2019/2020.

Cultivar	Ano	Nº vagens		Diferença (%)
		Sem <i>E. heterophylla</i>	Com <i>E. heterophylla</i>	
Davis	1965	64,6 Af	68,0 Ae	5,1
Bragg	1966	114,0 Ab	67,8 Be	-40,5
IAS 5	1973	95,1 Ad	76,1 Bd	-19,9
Paraná	1974	83,6 Ae	69,0 Be	-17,3
BR 16	1987	84,0 Ae	72,2 Bd	-14,0
FT Abyara	1988	107,0 Ac	93,2 Bb	-12,8
Embrapa 48	1995	136,1 Aa	108,4 Ba	-20,3
BRS 133	1997	104,9 Ac	83,0 Bc	-20,8
BRS 232	2003	104,7 Ac	97,0 Ab	-7,3
BMX Potência RR	2007	66,9 Af	60,0 Af	-10,2
Monsoy 5838 IPRO	2017	80,1 Ae	65,5 Be	-18,2
Zeus 55157 RSF IPRO	2017	85,5 Ae	50,8 Bg	-40,5

\*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas comparando sem e com planta daninha dentro de cada cultivar e letras minúsculas comparando as cultivares dentro de cada condição de cultivo não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

De acordo com Board et al. (1995), em soja, o número de vagens é a característica que mais se altera devido ao estresse da competição com espécies daninhas. Souza e colaboradores (2019) observam queda no número de vagens em cultivares na presença das plantas daninhas comparado às plantas de soja que se desenvolveram na ausência de competição. Uma possível causa se dá pela competição de nutrientes e água, o que resultaria em menor aporte de nutrientes para as folhas, acarretando menor fotossíntese e conseqüentemente menor número de vagens. A regressão que expressa a diferença do número de vagens produzido por cultivar em relação ao ano de lançamento não foi significativa (Figura 24).

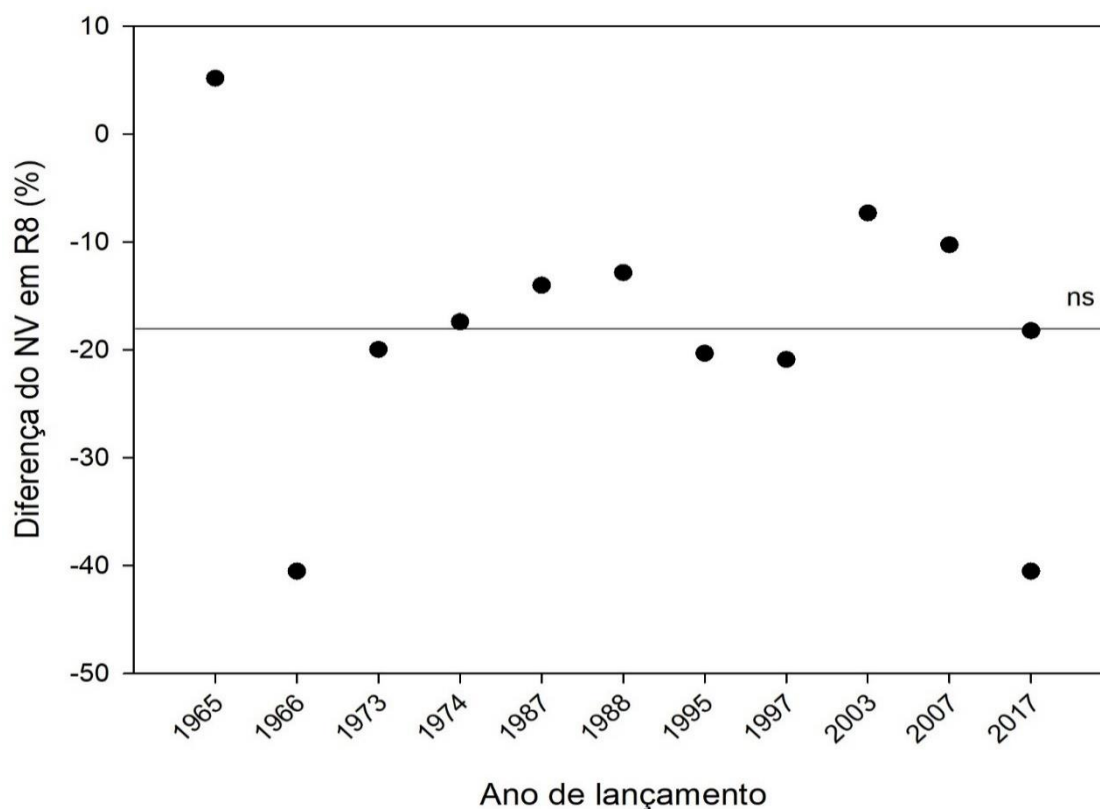


Figura 24 - Relação entre a diferença percentual do número de vagens em plantas de soja (sem e com interferência) e ano de lançamento das cultivares no estádio R8. Pato Branco – PR, 2019/2020.

Ao estudar cultivares chinesas usadas em um período de 56 anos, JIN (2010) concluiu que estas não apresentaram um aumento significativo do número de vagens por planta. Porém com o melhoramento genético, ele constatou que ocorreu um aumento no número de grãos por vagem de 1,9 para 2,3 sementes por vagem.

A resposta de número de grãos por vagem variou bastante entre cultivares. IAS 5, Paraná, Embrapa 48, BRS 133, BMX Potência e Zeus produziram o mesmo número de grãos em ambas as situações, as demais cultivares reduziram seu número de grãos produzido por vagem quando sob interferência (Tabela 28). Sendo que, as cultivares Bragg (16%) e BR 16 (15%) foram as que apresentaram maior redução de grãos.

Na ausência de *E. heterophylla* a cultivar FT Abyara apresentou o maior número de grãos por vagem, 28,5% maior do que o número de grãos apresentado por BRS 232, que não diferiu de Embrapa 48. Na condição de interferência da planta daninha, a cultivar Zeus, que não diferiu de FT Abyara, apresentou o maior número de grãos por vagem. Já Davis, que não diferiu de Embrapa 48 teve a menor produção de grãos por vagem, diferença de 27,4%.

Tabela 28 - Número de grãos por vagem de doze cultivares de soja no estágio R8 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de *Euphorbia heterophylla*. Pato Branco – PR, 2019/2020.

Cultivar	Ano	Nº grãos por vagem		Diferença (%)
		Sem <i>E. heterophylla</i>	Com <i>E. heterophylla</i>	
Davis	1965	2,2 Ad	1,9 Bf	-13,4
Bragg	1966	2,3 Ac	2,1 Bd	-16,0
IAS 5	1973	2,2 Ad	2,1 Ad	-3,1
Paraná	1974	2,4 Ac	2,3 Ac	-4,1
BR 16	1987	2,2 Ad	2,0 Be	-15,4
FT Abyara	1988	2,8 Aa	2,6 Ba	-7,1
Embrapa 48	1995	2,0 Ae	1,9 Af	-3,4
BRS 133	1997	2,3 Ac	2,3 Ab	0,0
BRS 232	2003	2,0 Be	2,1 Ad	8,0
BMX Potência RR	2007	2,4 Ab	2,4 Ab	-1,2
Monsoy 5838 IPRO	2017	2,5 Ab	2,20 Bd	-13,0
Zeus 55157 RSF IPRO	2017	2,5 Ab	2,6 Aa	2,7

\*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas comparando sem e com planta daninha dentro de cada cultivar e letras minúsculas comparando as cultivares dentro de cada condição de cultivo não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

A quantidade de nós reprodutivos por m<sup>2</sup> (nó com pelo menos uma vagem viável), número de vagens por m<sup>2</sup> e número de semente por m<sup>2</sup> são identificados como os componentes de rendimento mais importantes, que explicam maior produtividade em cultivares novas em relação as cultivares antigas (KAHLON; BOARD; KANG, 2011). Esses componentes de rendimento estão ligados ao acúmulo de matéria seca vegetativa (BOARD; MODALI, 2005).

Quando analisada a regressão da interferência da *E. heterophylla* na produção dos grãos por vagem das cultivares, de forma geral há tendência que as cultivares modernas apresentem menor redução no número de grãos em condição de competição do que as antigas, porém esta regressão não foi significativa (Figura 25).

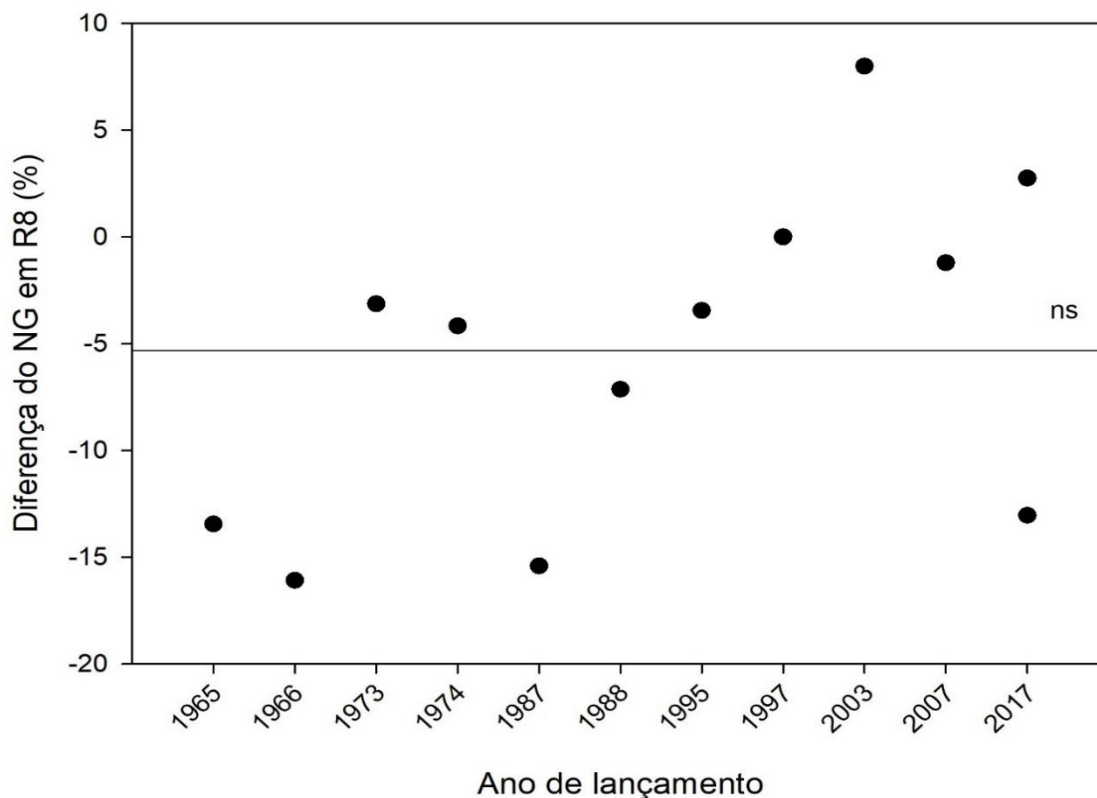


Figura 25 - Relação entre a diferença percentual do número de grãos por vagem em plantas de soja (sem e com interferência) e ano de lançamento das cultivares no estágio R8. Pato Branco – PR, 2019/2020.

O número de grãos por vagem é determinado pelo fator genético, contudo influenciado pelo ambiente. Estudos realizados por Mauad et al. (2010) verificaram que a demanda por fotoassimilados pode comprometer o número de grãos por vagem uma vez que envolve o tamanho disponível para os grãos crescerem.

Metade das cultivares reduziram sua massa de mil grãos sob interferência de *E. heterophylla* (Tabela 29). BRS 232 teve a redução de peso de grãos mais expressiva, 26% menos do que o peso de seus grãos sem a interferência da planta daninha. A cultivar Bragg apresentou massa de mil grãos 25% maior quando sob interferência do que o peso de seus grãos produzidos na ausência de *E. heterophylla*.

Na ausência da planta daninha, BRS 232 apresentou a maior massa de mil grãos diferindo das demais. Novamente BRS 133 apresentou a menor massa de mil grãos (43%), também diferindo das demais. Na condição de interferência de *E. heterophylla*, a cultivar Bragg, que não diferiu de Davis, IAS 5 e Zeus, apresentou a maior massa de mil grãos, 43% maior do que BRS 133 com a menor massa se mil grãos.

Tabela 29 - Massa de mil grãos de doze cultivares de soja no estádio R8 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de *Euphorbia heterophylla*. Pato Branco – PR, 2019/2020.

Cultivar	Ano	Massa de mil grãos (g)		Diferença (%)
		Sem <i>E. heterophylla</i>	Com <i>E. heterophylla</i>	
Davis	1965	194,0 Ab	193,3 Aa	-0,3
Bragg	1966	168,0 Bc	211,3 Aa	25,7
IAS 5	1973	200,6 Ab	193,3 Aa	-3,6
Paraná	1974	161,6 Ac	172,0 Ab	6,4
BR 16	1987	163,0 Ac	171,0 Ab	4,9
FT Abyara	1988	168,0 Ac	147,3 Ab	-12,3
Embrapa 48	1995	148,6 Ac	157,3 Ab	5,8
BRS 133	1997	124,3 Ad	120,0 Ac	-3,4
BRS 232	2003	220,0 Aa	161,0 Bb	-26,8
BMX Potência RR	2007	175,3 Ac	163,3 Ab	-6,8
Monsoy 5838 IPRO	2017	156,3 Ac	162,6 Ab	4,0
Zeus 55157 RSF IPRO	2017	192,3 Ab	200,0 Aa	4,0

\*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas comparando sem e com planta daninha dentro de cada cultivar e letras minúsculas comparando as cultivares dentro de cada condição de cultivo não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

A redução na massa de mil grãos, quando a cultura convive com plantas daninhas, ocorre, principalmente, por recursos ligados à competição, onde as plantas direcionam os assimilados produzidos para o seu crescimento, resultando em déficit para o enchimento do órgão de reserva (CABRAL et al., 2013). Ao analisar a linha do tempo houve tendência de que as cultivares modernas apresentassem maior perda de MMG com a competição, do que as mais antigas, mas a regressão não foi significativa (Figura 26).



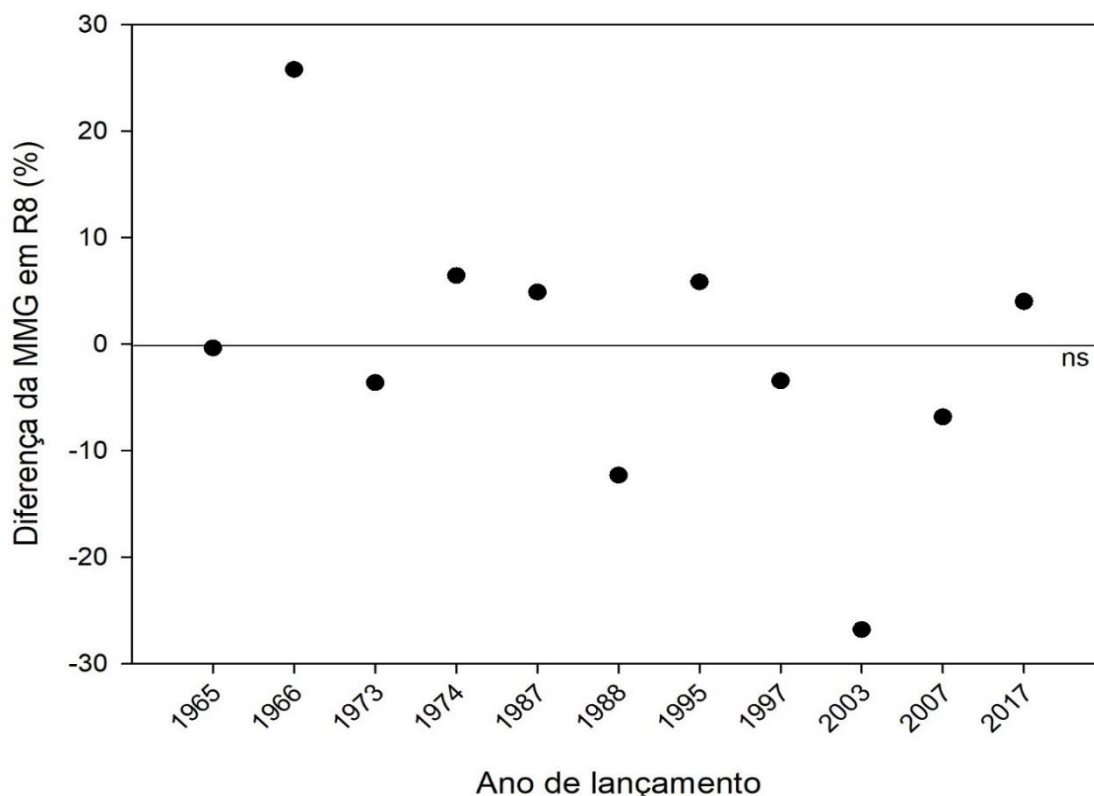


Figura 26 - Relação entre a diferença percentual da massa de mil grãos em plantas de soja (sem e com interferência) e ano de lançamento das cultivares no estágio R8. Pato Branco – PR, 2019/2020.

Culturas em competição incrementam sua altura para maximizar a captação da radiação e sombrear as plantas daninhas e esse redirecionamento de fotoassimilados acabam por reduzir o DC (SILVA, 2009). Estes fatores podem agravar o acamamento em cultivares suscetíveis. A soja acamada pode ter menor capacidade fotossintética, sofrer maior proliferação de determinadas doenças, apresentar maior dificuldade para penetração de caldas de pulverização, entre outros problemas, que comumente acarretam perdas de produtividade e de qualidade de grãos (FELONI, 2018).

Tanto o número de plantas presentes na área útil quanto o índice de acamamento diferiram entre as condições de interferência ou não pela presença de *E. heterophylla* (Tabela 30). A presença da planta daninha causou redução das plantas na área útil em 84% das cultivares avaliadas.

Tabela 30 - Valores de p do teste de Friedman ( $\alpha = 0,05$ ) para as variáveis número de plantas da área útil e índice de acamamento de doze cultivares de soja sem ou sob interferência de *Euphorbia heterophylla*. Pato Branco – PR, 2019/2020.

Variável	Qui-quadrado	GL	p-valor
Número de plantas	54,76	23	0,00021*
Acamamento	49,58	23	0,0010*

P-valor < 5% ao nível de significância de 5% existem evidências de que os fatores não são todos iguais.

Ao analisar o índice de acamamento (Tabela 31) adaptado da escala de Bernard et al. (1965), identificamos que as cultivares modernas apresentam maior tolerância, ressaltando que esta é uma característica genética. Algumas cultivares mais antigas como, Bragg e IAS 5, também foram mais resistentes ao acamamento.

Tabela 31 - Índice de acamamento das plantas de doze cultivares de soja no estágio R8 sem ou com a interferência de *Euphorbia heterophylla*. Pato Branco – PR, 2019/2020.

Cultivar	Ano	Índice de acamamento das cultivares	
		Sem <i>E. heterophylla</i>	Com <i>E. heterophylla</i>
Davis	1965	4 a	4 abc
Bragg	1966	2 gh	1 h
IAS 5	1973	1 h	2 gh
Paraná	1974	3 abcdef	4 ab
BR 16	1987	2 fgh	3 defg
FT Abyara	1988	3 abcdef	3 bcdefg
Embrapa 48	1995	2 efgh	3 defg
BRS 133	1997	4 abcd	3 abcde
BRS 232	2003	3 cdefg	3 efgh
BMX Potência RR	2007	2 fgh	3 fgh
Monsoy 5838 IPRO	2017	1 h	2 gh
Zeus 55157 RSF IPRO	2017	1 h	1 h

\*Médias não seguidas por mesma letra, na vertical diferem entre si, de acordo com o teste de comparações múltiplas de Friedman ( $\alpha=0,05$ ).

Devido o ano/safra ter sido escasso de chuvas e pela falta de água para irrigação, muitas sementes não germinaram ou não se desenvolveram até a fase reprodutiva. Teve-se uma diminuição considerável no estande de plantas de soja, principalmente nas subparcelas com a presença da planta daninha (Tabela 32). Na condição de ausência de planta daninha, a cultivar Zeus foi a que sofreu maior impacto do stress hídrico, de um total de 90 plantas na área útil sofreu uma redução média de 18%.

Sob interferência, as cultivares apresentaram maior dificuldade para manter seu estande. Novamente Zeus foi a cultivar que apresentou o menor número de plantas com uma redução de 40%, quase o dobro de plantas não germinadas ou mortas devido à presença da planta daninha e a competição pelo recurso hídrico.

Tabela 32 - Número de plantas na área útil de doze cultivares de soja no estágio R8 sem ou com a interferência de *Euphorbia heterophylla*. Pato Branco – PR, 2019/2020.

Cultivar	Ano	Número de plantas na área útil	
		Sem <i>E. heterophylla</i>	Com <i>E. heterophylla</i>
Davis	1965	80 bcd	53 f
Bragg	1966	90 a	90 a
IAS 5	1973	90 a	76 bcd
Paraná	1974	87ab	61 ef
BR 16	1987	87 ab	65 ef
FT Abyara	1988	90 a	72 cde
Embrapa 48	1995	90 a	80 abc
BRS 133	1997	90 a	90 a
BRS 232	2003	87 ab	84 ab
BMX Potência RR	2007	81 abcd	80 bcd
Monsoy 5838 IPRO	2017	73 cdef	54 f
Zeus 55157 RSF IPRO	2017	74 def	55 f

\*Médias não seguidas por mesma letra, na vertical diferem entre si, de acordo com o teste de comparações múltiplas de Friedman ( $\alpha=0,05$ ).

O desempenho agrônômico da cultura da soja, bem como a produtividade e a qualidade de grãos podem ser comprometidos por diversos fatores, destacando-se a competição com as plantas daninhas (LAMEGO et al., 2013). Estudos anteriores mostram que *E. heterophylla* apresenta melhor eficiência no uso da água do que a soja (PROCÓPIO, 2004) em uma safra com escassez de água isso agrava ainda mais as perdas na produtividade da soja.

Em relação à produtividade final das cultivares (Tabela 33), todas as cultivares diferiram entre as condições sem e com interferência e todas tiveram redução em seu rendimento de grãos devido a interferência da planta daninha. Sem interferência de *E. heterophylla*, a maior produtividade foi de 5.423 kg ha<sup>-1</sup> pela cultivar Zeus, que não diferiu da Embrapa 48. A menor produtividade foi de 3.204 kg ha<sup>-1</sup> pela cultivar FT Abyara que não diferiu da cultivar Davis.

Na condição de interferência, a maior produtividade foi de 3.420 kg ha<sup>-1</sup> pela cultivar BRS 232 que não diferiu de Bragg, BMX Potência e Zeus. A menor produtividade foi de 1.542 kg ha<sup>-1</sup> pela cultivar Monsoy 5838 que não diferiu da cultivar Paraná.

Tabela 33 - Produtividade de grãos (rendimento de grãos) de doze cultivares de soja no estágio R8 e diferença percentual entre sem ou com a interferência de *Euphorbia heterophylla*. Pato Branco – PR, 2019/2020.

Cultivar	Ano	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )		Diferença (%)
		Sem <i>E. heterophylla</i>	Com <i>E. heterophylla</i>	
Davis	1965	3496,6 Ad	2648,3 Bb	-24,2
Bragg	1966	4770,3 Ab	3298,3 Ba	-30,8
IAS 5	1973	4396,3 Ab	2684,3 Bb	-38,9
Paraná	1974	3833,0 Ac	1733,0 Bd	-54,7
BR 16	1987	3857,3 Ac	2599,3 Bb	-32,6
FT Abyara	1988	3204,3 Ad	2125,0 Bc	-33,6
Embrapa 48	1995	5187,0 Aa	2923,0 Bb	-43,6
BRS 133	1997	3863,6 Ac	2859,6 Bb	-25,9
BRS 232	2003	5102,0 Aa	3420,0 Ba	-32,9
BMX Potência RR	2007	4217,0 Ac	3113,6 Ba	-26,1
Monsoy 5838 IPRO	2017	3701,6 Ac	1542,6 Bd	-58,3
Zeus 55157 RSF IPRO	2017	5423,3 Aa	3143,0 Ba	-42,0

\*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas comparando sem e com planta daninha dentro de cada cultivar e letras minúsculas comparando as cultivares dentro de cada condição de cultivo não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

As cultivares Paraná e Monsoy 5838 tiveram reduções acima de 50% em sua produtividade quando sob interferência de *E. heterophylla*. As cultivares que tiveram as menores perdas devido a esta interferência foram Davis (24%), BRS 133 (26%) e BMX Potência (26%). A cultivar BRS 232 apresentou maior rendimento de grãos sob a interferência da planta daninha, embora com perda de 32,9% em relação a ausência de interferência. Sob interferência, essa cultivar apresentou baixa perda de estande (3,4%), número de vagens por planta (7,3%), maior número de grãos por vagem (8%) e perdas de massa de mil grãos de 26%. A regressão linear que sinaliza maior perda de rendimento sob interferência com o decorrer dos anos não foi significativa (Figura 27).

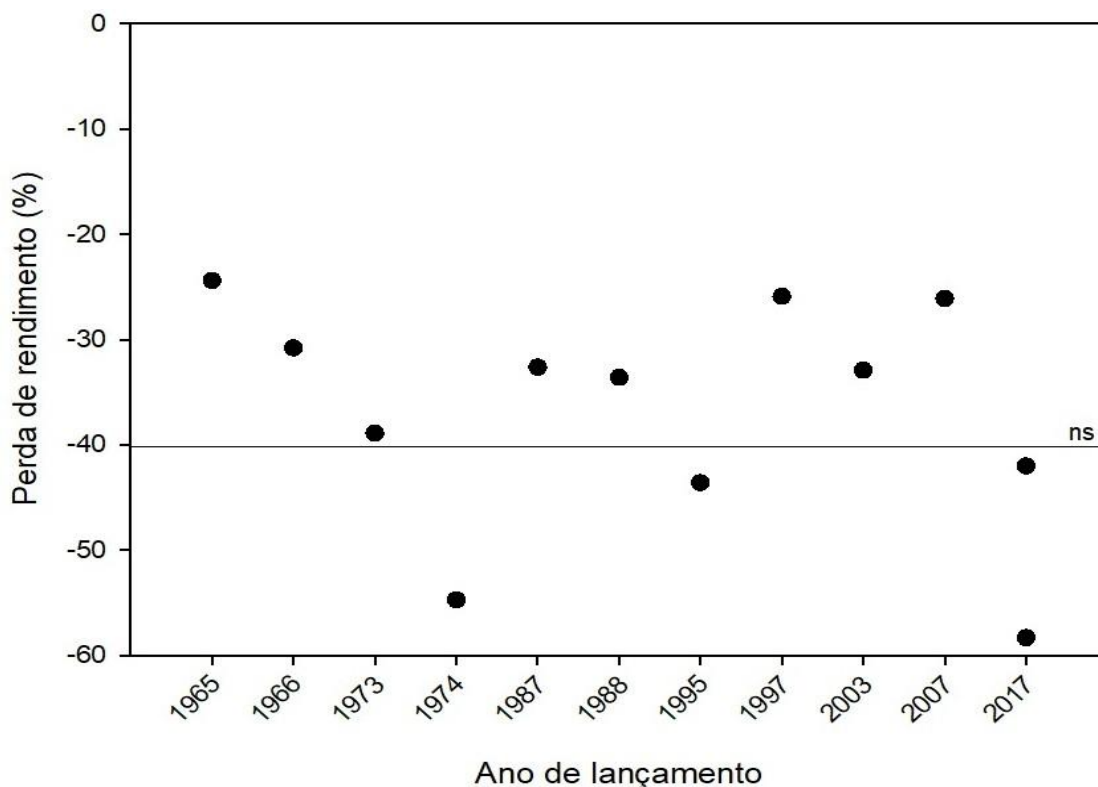


Figura 27 - Relação entre a diferença percentual da perda de rendimento de grão em plantas de soja (sem e com interferência) e ano de lançamento das cultivares no estádio R8. Pato Branco – PR, 2019/2020.

A produtividade, assim como outras características agronômicas, varia com o genótipo, com o manejo do solo, com a intensidade da competição interespecífica entre plantas e com a interação destes fatores, assim como a variação da densidade de semeadura e os diversos hábitos de crescimento da soja (WERNER et al., 2016).

A hipótese inicial do trabalho era que cultivares modernas, em função do porte reduzido, menor área foliar e menor investimento em biomassa perderiam o potencial competitivo com plantas daninhas, em comparação a cultivares mais antigas. Portanto, a hipótese inicial deste trabalho não foi confirmada, isso indica que outras características como resistência ao acamamento, capacidade de absorção da água disponível e dos macros e micronutrientes sob interferência podem estar influenciando no processo competitivo das cultivares.

### 5.2.3. Correlações entre caracteres da soja

Análises de correlação foram efetuadas considerando quatro grupos, obtidos pela divisão do conjunto de dados em cultivares antigas e modernas e em com e sem interferência com *E. heterophylla*.

#### 5.2.3.1. Cultivares antigas sem interferência

A análise das interações entre estas características agrônômicas via coeficientes de correlação estabelece relações entre variáveis e o que elas representam na produtividade. Assim, é possível entender como uma variável se comporta em um cenário onde outra está variando, visando identificar se existe alguma relação entre a variabilidade de ambas (SOUSA, 2019).

Cultivares antigas sem a interferência de *E. heterophylla* apresentam 20% (19 de 91) das suas correlações significativas em nível de 5% (Figura 26).

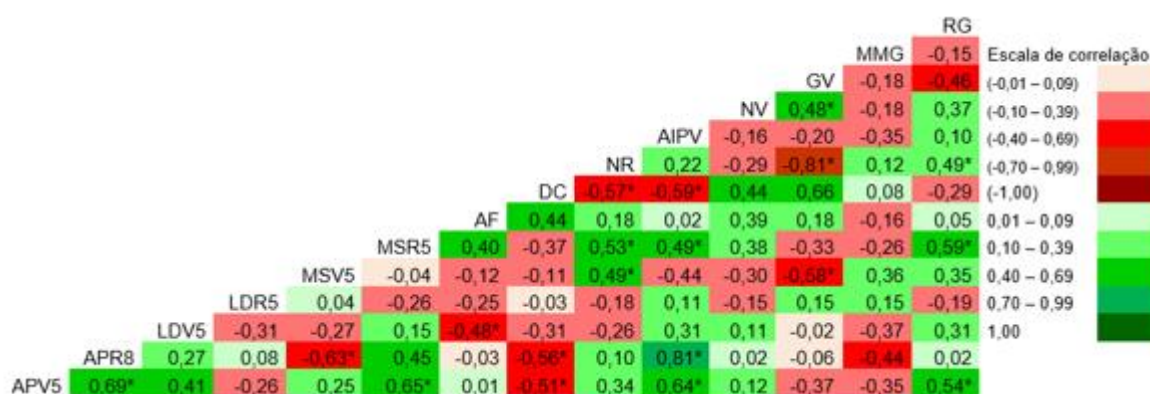


Figura 28 - Correlação de Pearson entre os caracteres agrônômicos altura de planta (AP) nos estádio V5 e R8, largura do dossel (LD) nos estádios V5 e R5, massa seca de parte aérea (MSPA) nos estádios V5 e R5, área foliar (AF) no estádio R5, diâmetro de caule (DC) no estádio R8, número de ramos por planta (NR) no estádio R8, altura de inserção da primeira vagem (AIPV) no estádio R8, número de vagens por planta (NV) no estádio R8, número de grãos por vagem (GV) no estádio R8, massa de mil grãos (MMG) e rendimento de grãos (RG) de seis cultivares antigas de soja sem interferência de *Euphorbia heterophylla*. Pato Branco - PR, 2019/2020.

Na fase vegetativa correlações positivas ocorreram entre altura de planta, MSR5, AIPV e RG e MSV5 com NR. Cultivares mais altas apresentam maior rendimento de grãos, como por exemplo Bragg e sua capacidade de converter fotoassimilados gera um maior número de ramos, porém plantas muito engalhadas tendem a diminuir o número de GV como a cultivar Davis. Plantas de soja em condições de cultivo sem restrições ambientais demonstram que o suprimento de fotoassimilados

durante o florescimento e o desenvolvimento inicial de vagens é de extrema importância para a fixação de vagens e preenchimento de grãos (LIU; JENSEN; ANDERSEN, 2004).

Correlações negativas são observadas entre altura de planta em V5, DC, entre LD em V5 e AF e MSV5 com GV. Segundo Silva et al. (2009), culturas em competição tendem a incrementar sua altura como forma de maximizar a captação da radiação e sombrear as plantas infestantes, em contrapartida, reduzir significativamente a fitomassa acumulada e a área foliar. (LAMEGO et al., 2005).

Na fase reprodutiva observa-se uma correlação positiva entre AP e AIPV e da MSR5 com NR, e RG. Cultivares modernas que acumulam fitomassa são capazes de gerar mais ramos refletindo no aumento do RG. Plantas com haste muito grossa tendem a reduzir o NR e a AIPV, talvez pela realocação dos fotoassimilados, como na cultivar Paraná. O número de ramos contribui com o aumento do RG, porém ramos em excesso tendem a diminuir o número de GV.

A produtividade da cultura da soja é limitada pela capacidade de armazenagem de fotoassimilados no início da fase reprodutiva. A restrição da fonte de assimilados por curtos períodos entre as fases R1 e R5 pode causar sérias reduções na produtividade, principalmente, em resposta ao menor número de vagens (FAGERIA et al., 2006). Entre as variáveis com forte correlação negativa com o RG está a AIPV, que pode indicar tanto uma tendência maior ao acamamento, quanto efeito de redução do número de vagens na porção inferior das plantas.

#### 5.2.3.2. Cultivares modernas sem interferência

Cultivares modernas sem interferência da planta daninha apresentam 19% (18 de 91) das suas correlações significativas (Figura 29).

Na fase vegetativa a AP se correlacionou positivamente com DC e RG ao mesmo passo que a AP e MSPA se correlacionaram negativamente com GV. Plantas modernas altas são mais produtivas, como a cultivar 232, porém seu crescimento demasiado reduz a quantidade de grãos por vagem. Para atingir alta produtividade as plantas de soja precisam ter eficiência em interceptar a radiação solar, em converter a radiação interceptada em fitomassa via fotossíntese e, por fim, ter alta partição da fitomassa nos grãos (TAGLIAPIETRA et al., 2018).

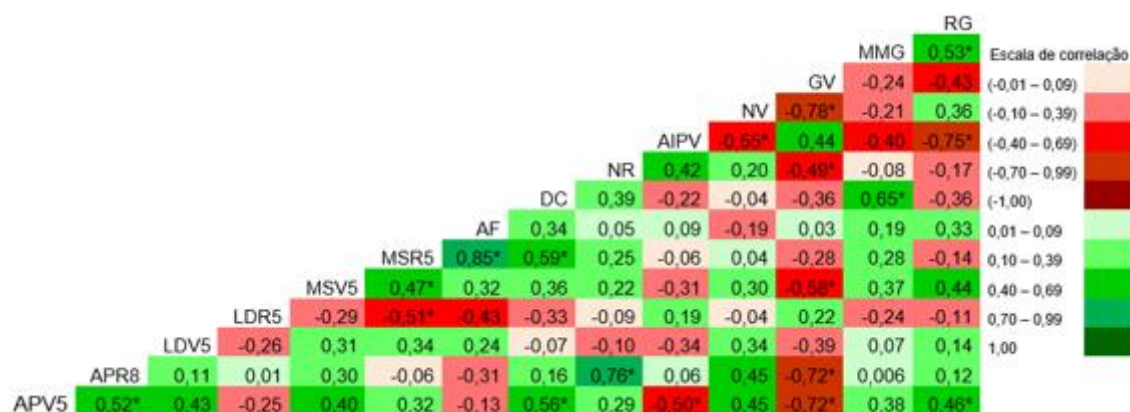


Figura 29 - Correlação de Pearson entre os caracteres agrônômicos altura de planta (AP) nos estádio V5 e R8, largura do dossel (LD) nos estádios V5 e R5, massa seca de parte aérea (MSPA) nos estádios V5 e R5, área foliar (AF) no estádio R5, diâmetro de caule (DC) no estádio R8, número de ramos por planta (NR) no estádio R8, altura de inserção da primeira vagem (AIPV) no estádio R8, número de vagens por planta (NV) no estádio R8, número de grãos por vagem (GV) no estádio R8, massa de mil grãos (MMG) e rendimento de grãos (RG) de seis cultivares modernas de soja sem interferência de *Euphorbia heterophylla*. Pato Branco - PR, 2019/2020.

Na fase reprodutiva correlações positivas ocorreram entre AP e NR e entre DC e MMG. Correlação negativa foi observada entre AP e GV. Cultivares modernas altas e com uma haste grossa são capazes de gerar mais ramos e transcolar fotoassimilados para os grãos gerados, assim como Monsoy 5838. De acordo com Balbinot Junior et al. (2015), isso se dá pela plasticidade que as plantas de soja apresentam, onde em baixa densidade populacional, tendem a emitir maior número de ramos secundários e conseqüentemente maior número de vagens, aumentando o número de legumes por planta.

Variáveis com valores altos como NR e AIPV diminuem o NV, GV e o RG final. A competição intraespecífica das plantas de soja por luz pode variar o número de ramificações, assim como a competição interespecífica pode reduzir drasticamente a disponibilidade de fotoassimilados para o crescimento vegetativo das plantas na forma de ramificações (Martins et al., 1999).

### 5.2.3.3. Cultivares antigas sob interferência

Cultivares antigas sob interferência de *E. heterophylla* apresentam 20% (19 de 91) das suas correlações significativas em nível de 5% (Figura 30).



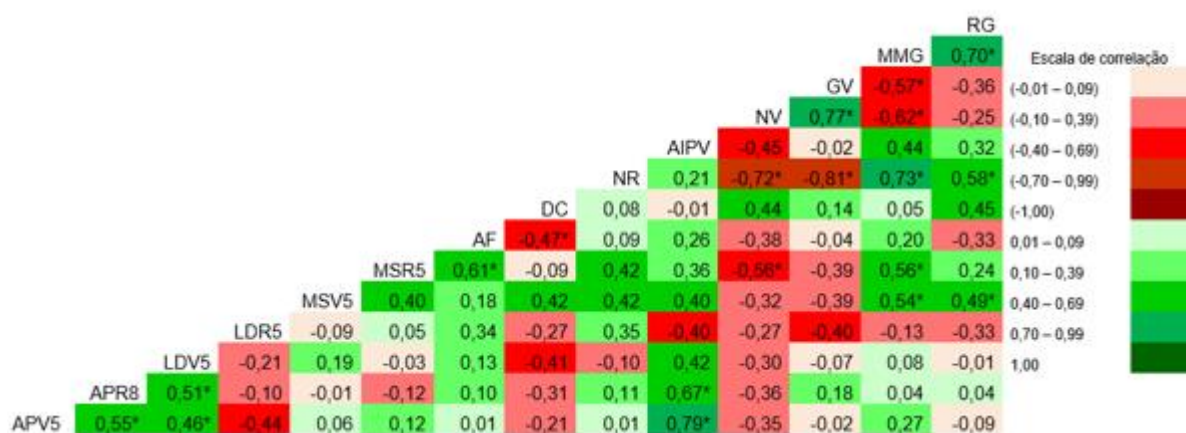


Figura 30 - Correlação de Pearson entre os caracteres agrônômicos altura de planta (AP) nos estádio V5 e R8, largura do dossel (LD) nos estádios V5 e R5, massa seca de parte aérea (MSPA) nos estádios V5 e R5, área foliar (AF) no estádio R5, diâmetro de caule (DC) no estádio R8, número de ramos por planta (NR) no estádio R8, altura de inserção da primeira vagem (AIPV) no estádio R8, número de vagens por planta (NV) no estádio R8, número de grãos por vagem (GV) no estádio R8, massa de mil grãos (MMG) e rendimento de grãos (RG) de seis cultivares antigas de soja sob a interferência de *Euphorbia heterophylla*. Pato Branco - PR, 2019/2020.

Na fase vegetativa AP se correlacionou com AIPV e MSV5 se correlacionou com MMG e RG, ambas de forma positiva. Na fase reprodutiva MSR5 se correlacionou positivamente com MMG e negativamente com NV. Entre os componentes do rendimento observamos correlações positivas entre NR, MMG e RG e negativas entre NR, NV e GV. Cultivares antigas sob interferência para sobressaírem precisam converter fitomassa na fase vegetativa e manter uma média aceitável de ramos emitidos para que seu rendimento não seja comprometido.

Na cultura da soja, a estatura e a área foliar de plantas constituem características morfológicas importantes, pois plantas de maior porte apresentam maior habilidade competitiva (FLECK et al., 2007) e as cultivares que acumulam fitomassa na fase reprodutiva podem aumentar sua AF e DC contribuindo com a habilidade competitiva da soja.

Entre os componentes do rendimento observa-se somente correlações negativas, NR, GV, AIPV com NV e NV com RG. Plantas mais altas podem gerar mais ramos e conseqüentemente mais vagens, porém tende a reduzir o número de GV e o seu rendimento final. A extração de água e nutrientes é reduzida pela presença de plantas competidoras e a disponibilidade destes recursos para a cultura diminui (PIMENTEL, 2004). De acordo com Board et al. (1995), em soja, o número de vagens é a característica que mais se altera devido ao estresse da competição com espécies daninhas.

#### 5.2.3.4. Cultivares modernas sob interferência

Cultivares modernas sob interferência da planta daninha apresentaram 50% (46 de 91) das suas correlações significativas (Figura 31).

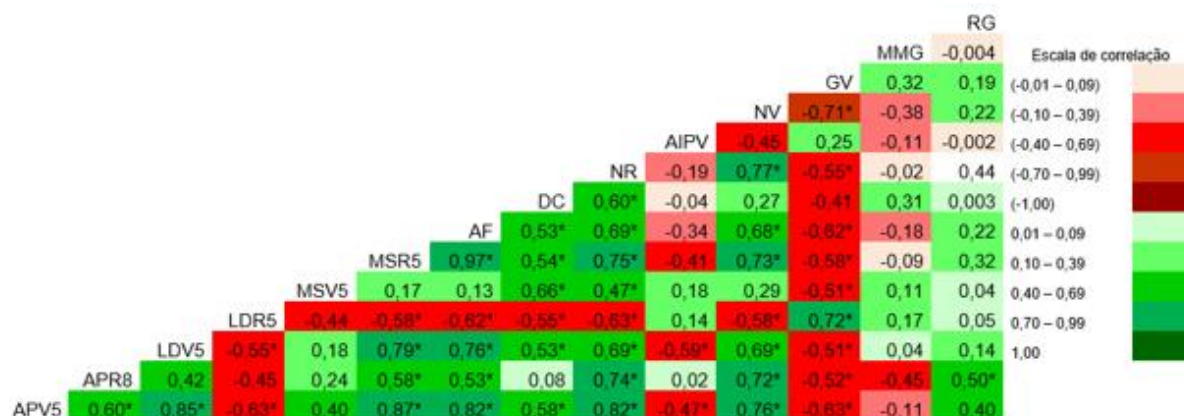


Figura 31 - Correlação de Pearson entre os caracteres agrônômicos altura de planta (AP) nos estádio V5 e R8, largura do dossel (LD) nos estádios V5 e R5, massa seca de parte aérea (MSPA) nos estádios V5 e R5, área foliar (AF) no estádio R5, diâmetro de caule (DC) no estádio R8, número de ramos por planta (NR) no estádio R8, altura de inserção da primeira vagem (AIPV) no estádio R8, número de vagens por planta (NV) no estádio R8, número de grãos por vagem (GV) no estádio R8, massa de mil grãos (MMG) e rendimento de grãos (RG) de seis cultivares modernas de soja sob a interferência de *Euphorbia heterophylla*. Pato Branco - PR, 2019/2020.

Na fase vegetativa correlações positivas ocorreram entre AP, LD em V5 e MSV5 com NR e NV, o que indica que plantas modernas sob interferência com um rápido crescimento inicial podem sobressair sobre as plantas daninhas. Um grande número de variáveis (NR, AF, MS, LD, AP) tiveram correlações positivas com o NV. Porém, essas mesmas variáveis apresentaram correlações negativas com o GV, o que indica uma clara compensação entre os componentes do rendimento NV e GV, sinalizando disputa de fotoassimilados na sua partição dentro da planta. Nesse aspecto, o componente MMG não apresentou correlação significativa com nenhuma variável, provavelmente porque é definido posteriormente, no período de enchimento de grãos, momento em que a planta não necessitou mais de ajustes na partição de fotoassimilados.

Na soja a arquitetura e estrutura foliar do dossel vegetativo estão relacionadas com a expansão foliar, aumentando a taxa fotossintética dessa cultura gradativamente durante o estádio vegetativo para o reprodutivo, atingindo valores máximos no período de enchimento de grãos (CASAROLI et al., 2007). A habilidade da soja em competir com as plantas daninhas garante a vantagem na busca por recursos do meio e na

síntese de fotoassimilados, que serão utilizados para o enchimento de grãos no período reprodutivo (LAMEGO et al., 2004).

A fase reprodutiva das cultivares modernas sob interferência de *E. heterophylla* influencia muito na dinâmica dos componentes do rendimento. Correlações positivas ocorrem entre altura de planta, NR, NV e RG, AF, LD em V5 e MSR8 se correlacionam com NR e NG, DC se correlaciona com NR e LD se correlaciona com GV. Cultivares que continuam crescendo, convertendo e armazenando fotoassimilados tendem a produzir mais vagens e grãos. Esse efeito pode estar sinalizando que a expansão em altura contribui para o escape do processo competitivo, auxiliando nesta condição na captação de maior quantidade de radiação solar.

Para as cultivares modernas a variável que influencia diretamente o aumento da produtividade das cultivares sem ou sob interferência é a altura de planta. O efeito da planta daninha no desenvolvimento inicial de plantas, no caso da soja, é determinante da redução de produtividade que a cultura irá sofrer (CERRUDO et al., 2012), sendo, pois, um estresse que não será mais reversível, ao qual a planta foi submetida.

### 5.3 Tolerância de cultivares de soja a herbicidas

#### 5.3.1 Tolerância de cultivares de soja ao herbicida chlorimuron-ethyl

Houve interação significativa entre as doses aplicadas e o comportamento das cultivares somente aos 21 DAA, nas demais avaliações a significância ocorreu principalmente entre doses (Tabela 34), mostrando que as cultivares metabolizam este herbicida de forma muito similar quando submetidas a mesma quantidade do xenobiótico.

Tabela 34 - Quadrados médios da análise da variância para a variável tolerância relativa avaliada aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação de chlorimuron-ethyl. Pato Branco - PR, 2019.

Causas da variação	GL	Tolerância relativa			
		7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
Doses	2	6842,1*	4425,4*	2169,9*	1297,6*
Cultivares	5	39,3 <sup>ns</sup>	61,5*	232,6*	50,4 <sup>ns</sup>
Doses x Cultivares	10	21,0 <sup>ns</sup>	26,5 <sup>ns</sup>	126,0*	63,2 <sup>ns</sup>
Erro	36	25,0	20,3	57,8	107,4
Média		83,4	86,7	88,7	91,2
CV (%)		5,9	5,2	8,5	11,3

\* Significativo em nível de 5% de probabilidade de erro. ns não significativo em nível de probabilidade de erro.

Após aplicação do herbicida chlorimuron-ethyl todas as cultivares mostraram sintomas de fitotoxicidade, sendo estes mais visíveis para a maior dose aplicada (360 g i.a.). Aos 28 dias as plantas submetidas a dose de rótulo estabilizaram sua recuperação e as plantas submetidas a maior dose ainda estavam recuperando os danos causados pelo chlorimuron-ethyl (Tabela 35).

Tabela 35 - Tolerância relativa (TR) de seis cultivares de soja com diferentes anos de lançamento, aos 7, 14 e 28 dias após aplicação do herbicida chlorimuron-ethyl. Pato Branco - PR, 2019.

Doses	Tolerância Relativa		
	7 DAA	14 DAA	28 DAA
Testemunha	100 a	100 a	100 a
180 g i.a.	88 b	90 b	90 b
360 g i.a.	61 c	69 c	83 b

\*Médias não seguidas por mesma letra, na coluna, diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott.

As cultivares diferiam em seus processos metabólicos, independente do herbicida ou da dose aos 14 DAA (Tabela 36). Bragg, a cultivar mais antiga que diferiu das demais, mostrava-se menos tolerante aos herbicidas, 7% menos que BRS 133, a mais tolerante, mas que não diferiu das demais.

Tabela 36 - Tolerância relativa (TR) de seis cultivares de soja com diferentes anos de lançamento, aos 14 dias após aplicação do herbicida chlorimuron-ethyl. Pato Branco - PR, 2019.

Cultivares	Tolerância relativa	
	14 DAA	
Bragg	82,2 b	
Paraná	86,6 a	
FT Abyara	86,1 a	
BRS 133	90,0 a	
BMX Potência RR	87,2 a	
Monsoy 5838 IPRO	88,3 a	

\*Médias não seguidas por mesma letra, na coluna, diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott.

A diferença entre a capacidade metabólica das cultivares em relação aos herbicidas e as respostas a fitotoxicidade causada pelas doses ocorreram 21 DAA (Tabela 37), as cultivares não mostraram comportamento distinto entre elas pela dose de rótulo do chlorimuron-ethyl, sendo Bragg 17,5% mais suscetível do que BRS 133, a mais tolerante. No tratamento com o dobro da dose as cultivares se dividiram em dois grupos, onde BRS 133, BMX Potência e Paraná formam o grupo de cultivares mais tolerantes e Bragg, Monsoy 5838 e FT Abyara foram as mais suscetíveis, sofrendo maiores injúrias com o aumento da dose aplicada. As cultivares mais tolerantes não diferiram entre os tratamentos, ou seja, independente da dose aplicada foram capazes de metabolizá-lo de forma mais eficaz, indicando a existência de mecanismos para reduzir os efeitos dos herbicidas, mais ativos em algumas cultivares do que em outras.

Tabela 37 - Tolerância relativa (TR) de seis cultivares de soja com diferentes anos de lançamento, aos 21 dias após aplicação do herbicida chlorimuron-ethyl. Pato Branco/PR, 2019.

Cultivar	Tolerância Relativa aos 21 DAA		
	Testemunha	180 g i.a.	360 g i.a.
Bragg	100 Aa	78,3 Ba	65,0 Cb
Paraná	100 Aa	86,6 Ba	83,3 Ba
FT Abyara	100 Aa	88,3 Aa	66,6 Bb
BRS 133	100 Aa	95,0 Aa	90,0 Aa
BMX Potência RR	100 Aa	88,3 Aa	90,0 Aa
Monsoy 5838 IPRO	100 Aa	93,3 Aa	73,3 Bb

\*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na HORIZONTAL (comparação entre doses) e mesma letra minúscula na VERTICAL (comparação entre cultivares) não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Scott-Knott.

Ao relacionarmos a atividade enzimática com a tolerância relativa aos 21 DAA, se observa que BRS 133 foi a mais tolerante e apresentou atividade de SOD, CAT e POX superior em relação a Bragg, a mais suscetível. Segundo Negrisoli et al. (2004), a seletividade de herbicidas não é determinada somente pela presença ou ausência

de danos visualmente detectáveis na cultura de interesse, uma vez que algumas moléculas podem reduzir o rendimento e a qualidade das culturas sem, no entanto, serem verificados sintomas de intoxicação após a aplicação (fitotoxicidade oculta). Sendo assim, variáveis morfológicas foram analisadas e além das injúrias fitotóxicas visuais os herbicidas causaram danos na altura, índice de área foliar e no armazenamento de fitomassa pelas plantas.

As plantas submetidas à aplicação de chlorimuron-ethyl apresentaram interação significativa para a variável altura de planta aos 21 e 28 DAA e para a área foliar e a massa seca total (Tabela 38), as cultivares apresentaram resposta fisiológica distinta entre si e entre as doses aplicadas.

Tabela 38 - Quadrados médios da análise da variância para as variáveis altura de planta mensurada anterior a aplicação (aa) e aos 7,14,21 e 28 dias após a aplicação do herbicida chlorimuron-ethyl, área foliar (AF) e massa seca total (MST). Pato Branco - PR, 2019.

Causas da variação	GL	Altura de planta					AF	MST
		aa	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA	28 DAA	28 DAA
Doses	2	8,6 <sup>ns</sup>	4,4 <sup>ns</sup>	9,1*	32,5*	185,7*	1827727,2*	10,1*
Cultivares	5	45,6*	45,6*	76,9*	184,8*	432,1*	48927,9*	4,3*
Doses x Cultivares	10	0,6 <sup>ns</sup>	3,03 <sup>ns</sup>	2,3 <sup>ns</sup>	10,6*	22,7*	174479,1*	11,5*
Erro	36	0,9	2,1	2,4	2,6	3,9	19347,1	0,0
Média		22,1	25,8	30,4	38,3	47,8	2135,9	11,1
CV (%)		4,4	5,7	5,1	4,2	4,1	6,5	1,7

\* Significativo em nível de 5% de probabilidade de erro. <sup>ns</sup> não significativo.

Bragg foi a cultivar mais alta entre todas (Tabela 39). A variável altura de planta depende principalmente da interação das condições ambientais e do genótipo da cultivar utilizada (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007).

Tabela 39 - Altura de planta (AP) de soja mensurada anterior a aplicação (aa), 7 e 14 dias após a aplicação do herbicida chlorimuron-ethyl. Pato Branco - PR, 2019.

Cultivares	Altura de Planta (cm)				
	AP aa	AP 7	Diferença (%)	AP 14	Diferença (%)
Bragg	25,2 a	28,6 a	+13	35,0 a	+38
Paraná	22,0 c	27,0 b	+22	32,4 b	+47
FT Abyara	20,2 d	23,7 c	+17	28,5 d	+41
BRS 133	23,1 b	26,4 b	+14	30,3 c	+31
BMX Potência RR	19,0 e	22,6 c	+19	26,7 e	+40
Monsoy 5838 IPRO	23,2 b	26,6 b	+14	29,7 c	+28

\*Médias não seguidas por mesma letra, na coluna, diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott.

Na média das cultivares, houve redução da altura em 3% em relação as testemunhas, independentemente da dose aplicada (Tabela 40).

Tabela 40 - Altura de planta (AP) aos 14 dias de seis cultivares com diferentes anos de lançamento, após a aplicação do herbicida chlorimuron-ethyl. Pato Branco - PR, 2019.

Doses	Altura de Planta (cm)	
	14 DAA	Diferença (%)
Testemunha	31,2 a	100
180 g i.a.	30,0 b	96,2
360 g i.a.	30,1 b	96,5

\*Médias não seguidas por mesma letra, na coluna, diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott.

As consequências da fitotoxicidade causada pelo chlorimuron-ethyl na altura de planta foram observadas aos 21 e 28 DAA, quando a interação foi significativa (Tabela 41), neste período algumas cultivares mantiveram e outras sofreram reduções do seu crescimento, que variaram com a dose aplicada. Aos 21 DAA FT Abyara, uma das cultivares mais sensíveis ao herbicida manteve seu crescimento independente da dose aplicada. Em comparação com suas testemunhas, Paraná reduziu sua altura em 13% após aplicação da dose comercial e BMX Potência reduziu 18% após aplicação da maior dose, mesmo sendo a mais tolerante ao herbicida chlorimuron-ethyl.

Em praticamente todas as cultivares, a diferença entre a testemunha e a aplicação de herbicida (dose recomendada ou dobro da dose) foi mais significativa do que a diferença proporcionada pela variação da dose do herbicida, o que pode indicar que os mecanismos que contribuem para o aumento da tolerância estão agindo. Na cultivar BMX Potência, o efeito redutor da altura proporcionado pelo dobro da dose do



herbicida foi o maior entre todas as cultivares, o que indica menor ação dos mecanismos que aumentam a tolerância ao chlorimuron-ethyl.

Aos 28 DAA as cultivares apresentavam redução em sua altura, com exceção novamente de FT Abyara que manteve seu crescimento. BMX Potência foi a cultivar que mais diminuiu sua altura média de planta para ambas as doses, 11 e 18% quando comparado a sua testemunha.

Tabela 41 - Altura de planta (AP) aos 21 e 28 dias de seis cultivares com diferentes anos de lançamento, após a aplicação do herbicida chlorimuron-ethyl. Pato Branco - PR, 2019.

Altura de planta aos 21 DAA (cm)					
Cultivar	Testemunha	180 g i.a.	Diferença	360 g i.a.	Diferença
Bragg	47,3 Aa	43,7 Ba	-7,6%	43,1 Ba	-8,8%
Paraná	45,5 Aa	39,9 Bb	-12%	43,3 Aa	-4,8%
FT Abyara	33,5 Ac	34,1 Ac	+1,7%	35,0 Ab	+4,2
BRS 133	38,9 Ab	38,8 Ab	-0,2%	36,4 Ab	-6,4%
BMX Potência	37,8 Ab	33,8 Bc	-11%	30,9 Cc	-18%
RR					
Monsoy 5838	36,0 Ac	34,6 Ac	-3,8	36,5 Ab	+1,3%
IPRO					

Altura de Planta aos 28 DAA (cm)					
Cultivar	Testemunha	180 g i.a.	Diferença	360 g i.a.	Diferença
Bragg	58,6 Ab	52,8 Ba	-9,8%	52,2 Bb	-11%
Paraná	63,1 Aa	52,4 Ca	-17%	58,9 Ba	-6,6%
FT Abyara	40,8 Ae	39,8 Ac	-2,4%	42,2 Ac	+3,4%
BRS 133	48,5 Ad	45,0 Ab	-7,2%	45,5 Ac	-6,1%
BMX Potência	51,3 Ac	40,0 Bc	-22%	39,0 Bd	-24%
RR					
Monsoy 5838	45,9 Ad	40,6 Bc	-11%	43,6 Ac	-5,0%
IPRO					

\*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na HORIZONTAL (comparação entre doses) e mesma letra minúscula na VERTICAL (comparação entre cultivares) não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Scott-Knott.

A maioria das cultivares tiveram redução em sua área foliar após a aplicação da dose comercial de chlorimuron-ethyl (Tabela 42), Monsoy 5838, uma das cultivares mais tolerantes, foi a cultivar com maior redução, 41% em relação a sua testemunha e FT Abyara teve a menor redução, de 12%. Bragg e FT Abyara não apresentaram redução em sua área foliar pela aplicação da maior dose e BRS 133 teve a maior perda de área foliar, de 28%.

Tabela 42 - Área foliar (AF) e massa seca total (MST) de seis cultivares de soja com diferentes anos de lançamento, 28 dias após a aplicação do herbicida chlorimuron-ethyl. Pato Branco - PR, 2019.

Cultivar	Área Foliar (cm <sup>2</sup> )				
	Testemunha	180 g i.a.	Diferença	360 g i.a.	Diferença
Bragg	2281,3 Ab	1888,3 Ba	-17%	2335,2 Aa	+2,3%
Paraná	2651,9 Aa	1779,4 Ca	-33%	2019,6 Bb	-24%
FT Abyara	2165,1 Bb	1913,6 Ca	-12%	2433,4 Aa	+12%
BRS 133	2507,5 Aa	1822,6 Ba	-27%	1807,7 Bb	-28%
BMX Potência RR	2633,5 Aa	2096,8 Ba	-20%	1963,7 Bb	-25%
Monsoy 5838	2589,5 Aa	1523,4 Cb	-41%	2034,7 Bb	-21%
IPRO					
Cultivar	Massa Seca Total (g)				
	Testemunha	180 g i.a.	Diferença	360 g i.a.	Diferença
Bragg	11,5 Ab	10,9 Bc	-5,2%	11,3 Ab	-17%
Paraná	12,2 Aa	11,5 Bb	-5,7%	10,9 Cc	-10%
FT-Abyara	10,2 Bc	9,3 Cd	-8,8%	12,3 Aa	+20%
BRS 133	15,0 Aa	10,6 Bc	-29%	8,9 Ce	-40%
BMX Potência RR	11,6 Ab	10,2 Bc	-12%	8,3 Ce	-28%
Monsoy 5838	13,8 Aa	8,9 Ce	-35%	12,0 Ba	-13%
IPRO					

\*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na HORIZONTAL (comparação entre doses) e mesma letra minúscula na VERTICAL (comparação entre cultivares) não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Scott-Knott.

Todas as cultivares diminuíram o acúmulo de massa seca, com exceção de FT Abyara para o dobro da dose (Tabela 42). Vinte e oito dias após aplicação da dose comercial Monsoy 5838 havia reduzido 35% de sua massa seca em relação a testemunha, a perda de massa seca para BRS 133 aumentou com o dobro da dose, chegando a uma diminuição de 40%. As demais cultivares mantiveram uma redução mínima de no máximo 3% independente da dose. Zawoznik e Tomaro (2005) observaram que algumas cultivares de soja não apresentaram alterações em seus parâmetros avaliados quando aplicado o herbicida chlorimuron-ethyl, já a biomassa total foi significativamente diminuída, cerca de 25%. A aplicação de chlorimuron-ethyl nas plantas de soja geralmente resulta em menor altura e biomassa da planta e pode resultar, ou não, em menor rendimento (GILL; TURJERA, 2010).

O crescimento de uma planta durante seu ciclo de cultivo está relacionado à sua dinâmica com o ambiente, respondendo diretamente a estímulos ou estresses (WELLS, 1991; WELLS, 1993), além da altura de planta outros parâmetros podem ser relacionados ao rendimento máximo da cultura da soja, mas os principais são o acúmulo da matéria seca (fitomassa) e a estimativa da dimensão do aparelho fotossintetizante (área foliar), ambos relacionados à taxa fotossintética. Além de estimar a produtividade, a área foliar permite estimar perdas em situações de danos

foliares onde a taxa de fotossíntese diminuiu, afetando o rendimento da planta (OWEN et al., 2013).

### 5.3.2 Tolerância de cultivares de soja ao herbicida lactofen

As cultivares metabolizaram os herbicidas de forma similar com distinções somente pelo efeito de dose até os 21 DAA. Interação significativa entre as doses testadas e as cultivares avaliadas quanto à tolerância destas ao herbicida lactofen ocorreram somente aos 28 DAA (Tabela 43).

Tabela 43 - Quadrados médios da análise da variância para a variável tolerância relativa avaliada aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação de lactofen. Pato Branco - PR, 2019.

Causas da variação	GL	Tolerância relativa			
		7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
Doses	2	10634,7*	16650,0*	19401,3*	16346,2*
Cultivares	5	7,5 <sup>ns</sup>	12,2 <sup>ns</sup>	31,9 <sup>ns</sup>	124,0*
Doses x Cultivares	10	8,0 <sup>ns</sup>	12,2 <sup>ns</sup>	54,1 <sup>ns</sup>	167,4*
Erro	36	11,1	12,9	37,9	33,3
Média		75,8	65,0	63,0	67,4
CV (%)		4,3	5,5	9,7	8,7

\* Significativo em nível de 5% de probabilidade de erro. ns não significativo.

O herbicida lactofen apresenta uma ação mais rápida que o chorimuron-ethyl, por tratar-se de um herbicida de contato (CARVALHO, 2013). Nos primeiros 21 dias de aplicação não se observou recuperação da fitotoxicidade apresentada pelas plantas. A maior dose foi a que mais causou injúrias nas cultivares testadas (Tabela 44). Estes resultados estão de acordo com estudos desenvolvidos por MANSSON et al. (2014) e OLIVEIRA JR. et al. (2006), que observaram que o herbicida lactofen afetou o desenvolvimento inicial da cultura, por causar a redução do porte, encarquilhamento, clorose e necrose nas plantas, conseqüentemente reduzindo a sua massa seca aos 50 DAA. Porém, não concordam com os resultados obtidos por Souza e colaboradores (2002), em que a ação fitotóxica de lactofen foi considerada intermediária, com possibilidade de recuperação dos sintomas a partir do décimo dia após a aplicação cultura, e recuperação completa partir do vigésimo dia.

Tabela 44 - Tolerância relativa (TR) de seis cultivares de soja com diferentes anos de lançamento, aos 7, 14 e 21 dias após aplicação do herbicida lactofen. Pato Branco - PR, 2019.

Doses	Tolerância Relativa		
	7 DAA	14 DAA	21 DAA
Testemunha	100 a	100 a	100 a
20 g i.a.	76 b	50 b	51 b
40 g i.a.	51 c	45 c	37 c

\*Médias não seguidas por mesma letra, na coluna, diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott.

Aos 28 DAA, os danos causados pelo herbicida ainda eram evidentes, algumas cultivares apresentavam uma leve recuperação, porém não foram capazes de contornar a fitotoxicidade causada pela maior dose (Tabela 45). Considerando-se a dose recomendada de lactofen, as cultivares com maior capacidade de recuperação as injúrias foram a BMX Potência e FT Abyara, sendo 35% e 31% superior a tolerância do grupo formado por Paraná, BRS 133 e Monsoy, as mais suscetíveis.

Os níveis de injúria foram muito mais intensos com a utilização do dobro da dose de lactofen, em comparação à dose recomendada. Além disso, foram constatadas poucas diferenças entre as cultivares, que apresentaram baixa capacidade de recuperação da fitotoxicidade.

Tabela 45 - Tolerância relativa (TR) de seis cultivares de soja com diferentes anos de lançamento, aos 28 dias após aplicação do herbicida lactofen. Pato Branco - PR, 2019.

Cultivar	Tolerância Relativa 28 DAA		
	Testemunha	20 g i.a.	40 g i.a.
Bragg	100 Aa	63,3 Bb	43,3 Ca
Paraná	100 Aa	50,0 Bc	40,0 Ca
FT Abyara	100 Aa	73,3 Ba	36,6 Ca
BRS 133	100 Aa	50,0 Bc	43,3 Ba
BMX Potência RR	100 Aa	78,3 Ba	40,0 Ca
Monsoy 5838 IPRO	100 Aa	50,0 Bc	40,0 Ca

\*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na HORIZONTAL (comparação entre doses) e mesma letra minúscula na VERTICAL (comparação entre cultivares) não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Scott-Knott.

Na comparação entre a ação enzimática e a tolerância relativa das cultivares ao lactofen, a cultivar BMX Potência, a mais tolerante apresentou uma atividade para SOD, CAT e POX mais baixa do que a atividade enzimática observada em BRS 133 e Paraná, as mais suscetíveis. O que pode indicar que a metabolização do herbicida lactofen pelas cultivares mais tolerantes pode ocorrer antes das 48 horas após a aplicação do herbicida.

Sabe-se que o herbicida lactofen afeta o desenvolvimento inicial da cultura, por causar encarquilhamento, clorose e necrose nas plantas, consequentemente

reduzindo a sua altura e a massa seca (MANSSON et al., 2014). Estudando a aplicação de diferentes doses de lactofen na cultura da soja, Souza e colaboradores (2002) observaram ação fitotóxica intermediária e com o desenvolvimento da cultura estes sintomas se tornaram menos intensos, porém as plantas continuaram crescendo em altura e os danos foram observados para IAF e MST em algumas cultivares.

A altura das plantas foi mensurada antes da aplicação do herbicida e após sua aplicação aos 7, 14, 21 e 28 dias e nenhuma das cultivares avaliadas mostrou interação significativa entre cultivar e dose (Tabela 46). Indicando que, para essas variáveis a combinação das cultivares com as diferentes doses do herbicida não gera um efeito adicional, ou seja, para qualquer cultivar os efeitos na altura de planta das diferentes doses de herbicida segue a mesma tendência.

Interação significativa entre dose e cultivar é observada para as variáveis área foliar e massa seca total, os tratamentos interferem no crescimento do aparato fotossintético assim como na sua eficiência. Para essas variáveis, cada cultivar respondeu de forma distinta ao herbicida, variando o nível do dano dependendo da dose aplicada.

Tabela 46 - Quadrados médios da análise da variância para as variáveis altura de planta mensurada anterior a aplicação (aa) e aos 7,14,21 e 28 dias após a aplicação do herbicida lactofen, área foliar (AF) e massa seca total (MST). Pato Branco - PR, 2019.

Causas da variação	GL	Altura de planta					AF	MST
		aa	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA	28 DAA	28 DAA
Doses	5	12,1 <sup>ns</sup>	31,0 <sup>ns</sup>	63,6*	117,9*	183,1*	4343245,1*	19,9*
Cultivares	2	46,2*	68,3*	123,9*	255,2*	591,2*	81721,4*	52,9*
Doses x Cultivares	10	1,5 <sup>ns</sup>	1,3 <sup>ns</sup>	1,94 <sup>ns</sup>	9,4 <sup>ns</sup>	20,8 <sup>ns</sup>	89168,7*	5,6*
Erro	36	1,5	2,9	5,3	6,9	21,2	31406,4	0,4
Média		21,5	26,7	32,2	39,1	49,2	1901,1	9,0
CV (%)		5,6	6,3	7,1	6,7	9,3	9,3	7,4

\* Significativo em nível de 5% de probabilidade de erro. <sup>ns</sup> não significativo.

As cultivares diferiram entre si em relação a sua altura (Tabela 47). Bragg apresentava maior altura de planta entre as cultivares avaliadas, não diferindo de Paraná aos 21 e 28 DAA. FT Abyara apresentou menor altura de planta entre as cultivares, não diferindo de BMX Potência até o 14º DAA.

Tabela 47 - Altura de planta (AP) de soja mensurada anterior a aplicação (aa), 7 e 14 dias após a aplicação do herbicida lactofen. Pato Branco - PR, 2019.

Cultivares	Altura de planta (cm)				
	aa	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
Bragg	24,5 a	30,6 a	37,5 a	46,5 a	57,7 a
Paraná	22,2 b	27,7 b	35,2 b	44,5 a	60,9 a
FT Abyara	18,8 c	23,4 c	28,0 e	32,6 c	40,7 c
BRS 133	22,3 b	27,7 b	32,9 c	38,1 b	45,6 b
BMX Potência	18,8 c	23,7 c	28,7 e	36,0 b	45,7 b
RR					
Monsoy 5838	22,4 b	27,0 b	31,1 d	36,8 b	44,5 b
IPRO					

\*Médias não seguidas por mesma letra, na coluna, diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott.

Diferenças da altura de planta em relação as doses aplicadas também são observadas no período entre 14 e 28 DAA (Tabela 48). As plantas submetidas a dose comercial não diferiram das testemunhas, o que pode indicar capacidade de recuperação do crescimento em altura.

Tabela 48 - Altura de planta de seis cultivares de soja com diferentes anos de lançamento, aos 14, 21 e 28 dias após aplicação do herbicida lactofen. Pato Branco - PR, 2019.

Doses	Altura de planta (cm)				
	14 DAA	21 DAA	Diferença (%)	28 DAA	Diferença (%)
Testemunha	34,3 b	41,2 a	+20	51,3 a	+49
20 g i.a.	31,0 b	39,8 a	+28	50,7 a	+63
40 g i.a.	31,4 a	36,3 b	+14	45,5 b	+25

\*Médias não seguidas por mesma letra, na coluna, diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott.

Todas as cultivares reduziram sua área foliar (Tabela 49). BRS 133 foi a cultivar que mais reduziu sua AF pela ação da dose comercial de lactofen, 40% menos do que sua testemunha. Esta cultivar foi uma das mais suscetíveis a este herbicida. FT Abyara a segunda cultivar mais tolerante ao lactofen foi a que apresentou menor redução em sua AF, 16% em relação a testemunha.

Entre as doses aplicadas somente BMX Potência mostrou diferença, reduzindo sua AF proporcionalmente ao aumento da dose. Essa cultivar que apresentou baixa tolerância ao herbicida, teve 44,4% de redução devido a aplicação da maior dose.

Para este tratamento todas as cultivares apresentaram redução de mais de 20% em sua AF, FT Abyara, a mais tolerante, apresentou a menor perda, 24% em relação a testemunha.

A área foliar é uma característica importante na determinação de danos bióticos e abióticos e na análise de crescimento relacionado com o acúmulo de matéria seca (BUSATO et al., 2009). Wichertt e Talbert (1993) após aplicação de lactofen observaram que nos primeiros estádios da soja a expansão foliar do primeiro e do segundo trifólios foi rapidamente inibida pelo herbicida com redução de 35% na área foliar em 4 DAA e a área foliar dos primeiros quatro trifólios das plantas tratadas com lactofen foi reduzido de 25 a 45% em comparação com as plantas não tratadas até 12 DAA.

Tabela 49 - Área foliar (AF) e da massa seca total (MST) de seis cultivares de soja lançadas em diferentes anos, 28 dias após a aplicação do herbicida lactofen. Pato Branco - PR, 2019.

Cultivar	Área Foliar (cm <sup>2</sup> )				
	Testemunha	20 g i.a	Diferença	40 g i.a.	Diferença
Bragg	2281,3 Ab	1383,8 Bb	-39%	1629,2 Ba	-28%
Paraná	2651,9 Aa	1719,7 Ba	-35%	1488,5 Ba	-44%
FT Abyara	2131,7 Ab	1772,8 Ba	-17%	1608,5 Ba	-24%
BRS 133	2507,5 Aa	1484,9 Bb	-41%	1583,2 Ba	-37%
BMX Potência RR	2633,5 Aa	1865,8 Ba	-29%	1462,4 Ca	-44%
Monsoy 5838 IPRO	2589,5 Aa	1758,2 Ba	-32%	1667,9 Ba	-35%

Cultivar	Massa Seca Total (g)				
	Testemunha	20 g i.a	Diferença	40 g i.a.	Diferença
Bragg	11,5 Ab	6,6 Cb	-42%	8,2 Ba	-28%
Paraná	10,8 Ab	9,7 Ba	-10%	8,6 Ba	-20%
FT Abyara	9,3 Ac	4,9 Cc	-47%	7,2 Bb	-22%
BRS 133	8,8 Ac	7,3 Bb	-17%	7,5 Bb	-15%
BMX Potência RR	10,2 Ab	9,9 Aa	-2,9%	8,6 Ba	-15%
Monsoy 5838 IPRO	15,5 Aa	9,2 Ba	-40%	9,3 Ba	-40%

\*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na HORIZONTAL (comparação entre doses) e mesma letra minúscula na VERTICAL (comparação entre cultivares) não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Scott-Knott.

Todas as cultivares reduziram sua massa seca acumulada pela ação do herbicida, BMX Potência a cultivar mais tolerante quando submetido a dose comercial foi a que menos apresentou redução em sua MST, de 2,9%. Monsoy 5838 umas das cultivares mais suscetíveis apresentou redução de 40% em sua MST para ambas as doses e BRS 133 apresentou a menor redução de massa seca após aplicação da maior dose, 14,7% em relação a testemunha.



Segundo Wichert e Talbert (1993), estudos com a aplicação de doses de latofen reduziram a área foliar total em 30% e a massa seca em 20%. Contudo, área foliar e massa seca foram semelhantes aos 26 DAA em plantas tratadas e não tratadas, demonstrando a capacidade de recuperação de danos e plasticidade das plantas de soja tratadas com o herbicida.

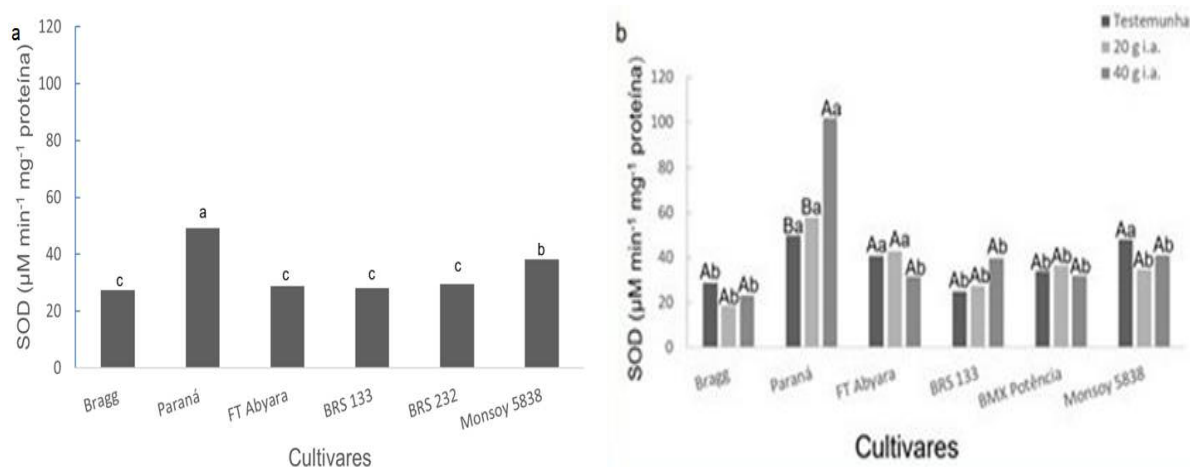
### 5.3.3 Atividade enzimática

A atividade enzimática de SOD não diferiu entre as doses aplicadas para o herbicida chlorimuron-ethyl, mas sim entre as cultivares. Quarenta e oito horas após aplicação de chlorimuron-ethyl, a cultivar Paraná, que diferiu das demais, apresentava atividade 44,3% maior do que Bragg, com a menor atividade de SOD (Figura 32a).

Para o herbicida lactofen ocorreu interação significativa entre as doses aplicadas que desencadearam processos metabólicos distintos em cada cultivar (Figura 32b). Tanto na testemunha sem herbicida quanto nas aplicações de dose de rótulo e do dobro da dose de rótulo, a cultivar Paraná se destacou pela maior atividade da SOD, entre todas as cultivares. Na testemunha sem herbicida, a cultivar Paraná não diferiu das cultivares Monsoy 5838 e FT Abyara. A cultivar Paraná também se destacou pois foi a única a aumentar a atividade da SOD à medida em que a dose de lactofen foi aumentada, o que indica elevada capacidade em responder ao estresse oxidativo provocado pela ação desse herbicida.

A atividade da SOD das plantas da cultivar Paraná foi 52% a mais do que a atividade enzimática da cultivar BRS 133 com a menor atividade de SOD para a dose comercial e 77% maior do que a atividade de Bragg com a menor atividade de SOD para o dobro da dose. Monsoy 5838 apresentava maior atividade enzimática de SOD para a sua testemunha em relação as doses de lactofen aplicadas e FT Abyara apresentou baixa atividade de SOD gerada pelo dobro da dose em relação a dose comercial que não diferiu da testemunha.

Figura 32 - Atividade da enzima SOD em plantas de seis cultivares de soja com diferentes anos de lançamento 48 horas após a aplicação dos herbicidas (a) chlorimuron-ethyl (média das doses) e (b) lactofen (interação cultivar e dose). Pato Branco - PR, 2019.



\* Letras maiúsculas comparam entre doses e letras minúsculas entre cultivares, em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott.

Existem diferentes enzimas com capacidade de metabolizar diversos compostos, como os herbicidas (RIECHERS; KREUZ; ZHANG, 2010), este mecanismo de seletividade é variável, em função da espécie, da dose e tipo do herbicida, das variações ambientais e do aparato metabólico responsável pela seletividade (YU; POWLES, 2014). A superóxido dismutases (SOD) é a primeira enzima na linha de defesa e a sua atividade pode ser utilizada como indicador de plantas mais tolerantes ao estresse oxidativo causado pela aplicação de herbicidas, pois plantas tolerantes apresentam aumento da atividade da SOD quando sob esse estresse (CATANEO et al., 2005).

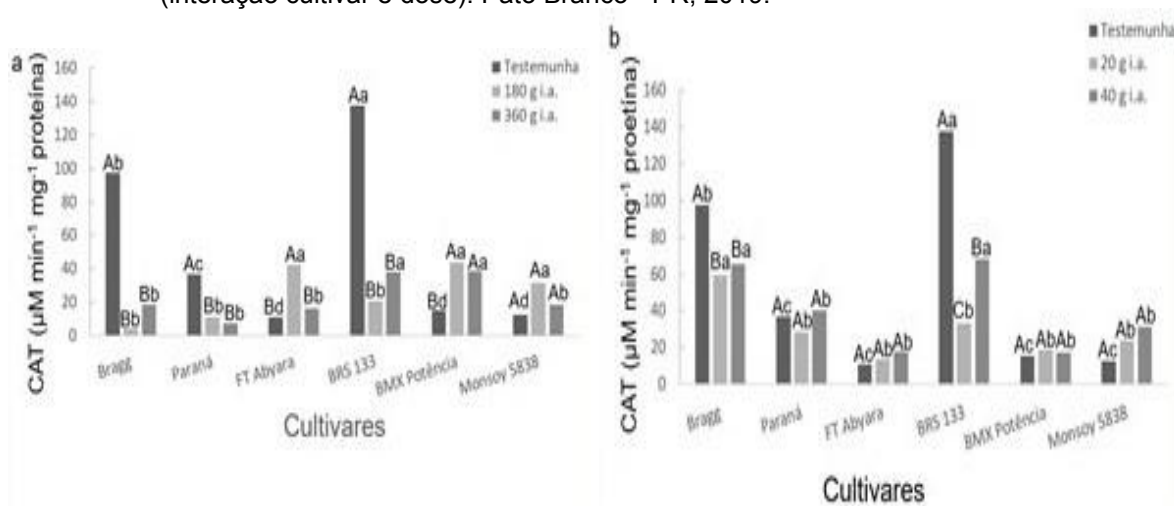
As SODs são metaloenzimas que desempenham papel chave no sistema de defesa antioxidante através da dismutação de  $O_2^-$  a  $H_2O_2$  e  $O_2$ . (GILL & TUTEJA, 2010). Além de dismutar o  $O_2^-$ , agem indiretamente na redução do risco de formação do  $OH^-$  a partir do  $O_2^-$  (DUBEY, 2011), o radical  $OH^-$  pode reagir potencialmente com todas as moléculas biológicas como DNA, proteínas, lipídeos e praticamente qualquer componente celular e seu acúmulo pode levar à morte celular (SHARMA et al., 2012). Após a ação da enzima SOD entra em cena outras enzimas, uma delas é a catalase (CAT), uma das principais enzimas que atuam na eliminação do  $H_2O_2$  gerado (DUBEY, 2011). A presença de CAT indica alta quantidade de  $H_2O_2$ , pois em quantidades baixas este é reduzido pelo APX (RICE-EVANS et al., 1991).

A atividade enzimática de CAT foi distinta entre as cultivares e variou para cada herbicida ocorrendo interação significativa entre as cultivares e as doses aplicadas.

BRS 133, Bragg e Paraná destacam-se pela maior atividade de CAT em suas testemunhas, sem aplicação de chlorimuron-ethyl ou lactofen. Na dose comercial de chlorimuron-ethyl, destacaram-se pela maior atividade da enzima CAT as cultivares BMX Potência, FT Abyara e Monsoy 5838, com 90, 89 e 86% de superioridade à cultivar Bragg, respectivamente (Figura 33a), para a maior dose deste herbicida, a atividade da CAT foi mais alta para as cultivares BRS 133 e BMX Potência, ambas apresentando atividade 52% superior em relação a cultivar Paraná, que apresentou a menor atividade.

Bragg e BRS 133 destacaram-se pela maior atividade de CAT às quarenta e oito horas após aplicação da dose comercial de lactofen, 78% e 60% superior a FT abyara com a menor atividade (Figura 33b), ambas as cultivares tinham alta atividade enzimática em suas testemunhas. Para o dobro da dose observamos a mesma condição, Bragg e BRS 133 apresentam atividade de CAT 73% e 75% superior do que a atividade de CAT para FT Abyara. BMX Potência, FT Abyara e Monsoy 5838 aumentaram a atividade de CAT com o aumento da dose aplicada, uma possível resposta metabólica eficiente das cultivares contra a presença deste herbicida nas plantas.

Figura 33 - Atividade da enzima CAT em plantas de seis cultivares de soja com diferentes anos de lançamento 48 horas após a aplicação dos herbicidas (a) chlorimuron-ethyl e (b) lactofen (interação cultivar e dose). Pato Branco - PR, 2019.



\* Letras maiúsculas comparam entre doses e letras minúsculas entre cultivares, em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott.

A alta atividade da CAT observada nas testemunhas pode ser justificada pelo fato de que no momento da coleta, estas plantas poderiam estar realizando processos

metabólicos cotidianos como remoção do  $H_2O_2$  produzido na fotorrespiração ou na cadeia transportadora de elétrons (BROETTO et al., 2002). A CAT é efetiva, principalmente, em concentrações relativamente altas de  $H_2O_2$  (mM), por isso são consideradas indispensáveis para a detoxificação de EROs, especialmente em condições de estresse severo (BHATT; TRIPATHI, 2011). A baixa atividade de CAT em alguns tratamentos pode levar a duas hipóteses, primeiro o pico da atividade de CAT ocorrer antes das quarenta e oito horas e segundo indicar que no momento da coleta das plantas o nível de  $H_2O_2$  gerado pela SOD era baixo e neste caso é a enzima APX que é ativada inicialmente.

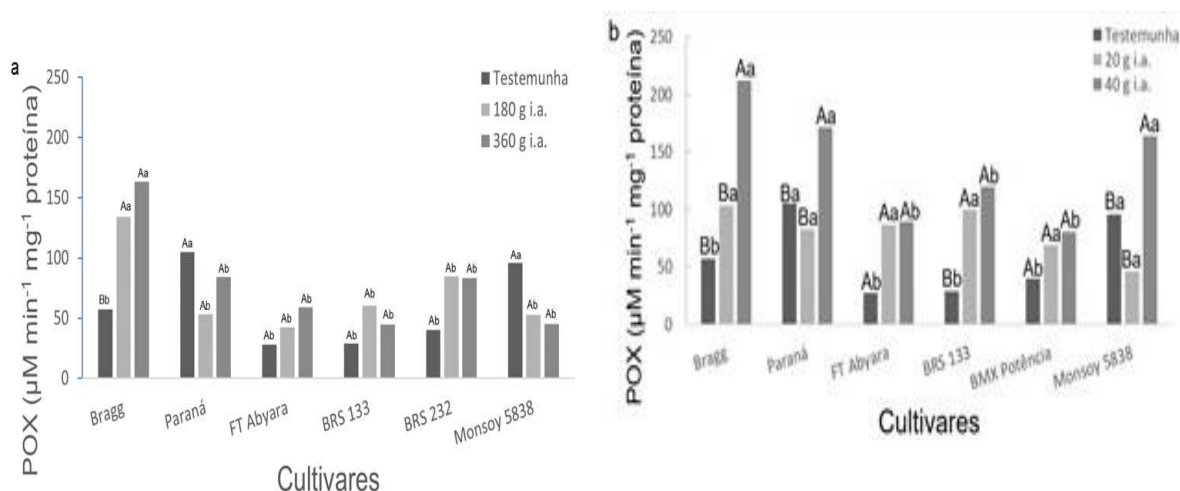
Outro contraponto já observado na atividade enzimática da catalase é que em situações de elevado estresse oxidativo pode ocorrer ainda à inibição de sua síntese ou mudança na conformação de suas subunidades e ela torna-se inativa sendo esta função exercida pelas enzimas APX ou POX (BHATT; TRIPATHI, 2011).

A atividade da enzima POX foi influenciada pela interação entre as cultivares e as doses de ambos os herbicidas testados. Bragg, FT Abyara e BMX Potência apresentaram aumento da atividade de POX com o aumento da dose tanto para chlorimuron-ethyl (Figura 34a) quanto para lactofen (Figura 34b), indicando a eficiência na ação contra o estresse oxidativo causado pelos herbicidas por estas cultivares independente da dose aplicada. Monsoy 5838 reduziu a atividade de POX conforme o aumento da dose de chlormuron-ethyl, podendo estar relacionado a sua baixa capacidade de metabolização. Bragg apresentava atividade de POX superior a atividade em FT abyara, 68% para a dose comercial e 73% e o dobro da dose de chlorimuron-ethyl. Em resposta ao herbicida lactofen Bragg também apresentou maior atividade de POX, 55% a mais que Monsoy 5838 para a dose do rótulo e 62% a mais que BMX Potência para a maior dose.

No grupo das testemunhas, sem aplicação dos herbicidas, as cultivares Paraná e Monsoy 5838 apresentavam a maior atividade enzimática de POX. A peroxidase é uma classe de enzimas presente em tecidos que cataliza a oxidoredução entre  $H_2O_2$  e vários redutores, participa de uma ampla variedade de processos fisiológicos nas plantas como síntese de ligninas e outros polímeros fenólicos (BRABOSA et al., 2014), o que explica sua atividade elevada em plantas do grupo das testemunhas. Esta enzima também tem sido relacionada em uma infinidade de processos de

desenvolvimento de defesa da planta em respostas a estresses bióticos e abióticos (GULSEN et al., 2010; WAR et al., 2012).

Figura 34 - Atividade da enzima POX em plantas de seis cultivares de soja com diferentes anos de lançamento 48 horas após a aplicação dos herbicidas (a) chlorimuron-ethyl e (b) lactofen (interação cultivar e dose). Pato Branco - PR, 2019.



\* Letras maiúsculas comparam entre doses e letras minúsculas entre cultivares, em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott.

As POX são enzimas que atuam após a ação de CAT ou concomitantemente a elas, o termo peroxidase (POX/POD), em seu sentido mais amplo, inclui um grupo de enzimas específicas, como NAD-POD, NADP-POD, ácidos graxos-POD, citocromo-POD e glutathione-POD, bem como um grupo de enzimas muito inespecíficas de diferentes fontes (PUTTER, 1974).

O efeito herbicida na produção de espécies reativas de oxigênio e na ativação do sistema de defesa das plantas, como das enzimas antioxidantes pode ser variável no decorrer do tempo, devido ao modo de ação do herbicida e da fisiologia da planta (LANGARO et al., 2013). A atividade enzimática sem a ação estressante (testemunha) e o aumento da atividade da enzima após a aplicação do herbicida, sugere-se estar relacionado com um mecanismo de defesa (SOUZA et al., 2003) e o metabolismo de herbicidas envolve gasto de energia pelo rápido aumento de espécies reativas de oxigênio na planta (CARVALHO et al., 2009).

As enzimas SOD, CAT e POX fazem parte de mecanismo presentes nas plantas para mitigar o estresse oxidativo, frequentemente acionado após a aplicação de herbicidas. A análise da relação existente entre os resultados de análises

enzimáticas e das variáveis usadas para detectar o nível de tolerância das cultivares permite a inferência sobre a eficiência dos mecanismos mitigadores do estresse oxidativo. Em relação a isso, de uma forma geral, as cultivares de soja Paraná e Bragg se destacaram pelos elevados níveis de atividade enzimática das enzimas SOD, CAT e POX, demonstrando por vezes por sua atividade predominantemente reativa, às vezes constitutiva e também combinando tanto a atividade constitutiva quanto reativa.

As cultivares Paraná e Bragg fazem parte do grupo que apresentou menor fitotoxicidade causada pelos herbicidas e pelo grupo com maior desenvolvimento das plantas em altura. Além disso, a cultivar Bragg se destacou pela menor redução da área foliar e da matéria seca da parte aérea após a aplicação do chlorimuron-ethyl. E a cultivar Paraná se destacou pela menor redução de área foliar e pela redução em níveis intermediários da matéria seca da parte aérea das plantas após a aplicação do herbicida lactofen. Sendo assim, é possível associar, pelo menos em parte, a atividade enzimática destacada do complexo de enzimas antioxidantes de algumas cultivares, com seu maior desenvolvimento e tolerância aos herbicidas chlorimuron-ethyl e lactofen. Por outro lado, em algumas cultivares, o metabolismo não foi suficientemente eficiente e o reflexo da ação herbicida pode ser percebido tanto pelos sintomas causados quanto pela redução em caracteres que medem o desenvolvimento das plantas.

Porém, a elevada capacidade da cultivar FT Abyara em manter seu desenvolvimento após a aplicação de chlorimuron-ethyl e lactofen (menor redução de área foliar e de matéria seca da parte aérea) não encontra correlação com a atividade do complexo enzimático antioxidante para esta cultivar. Isso pode indicar que outras enzimas atuem na detoxificação dos herbicidas ou outros mecanismos, além do acionamento de enzimas antioxidantes, podem estar contribuindo para que algumas cultivares mantenham níveis de tolerância elevados após a aplicação desses dois herbicidas.

## 6. CONCLUSÕES

Para todas as cultivares avaliadas, a interferência com *B. pilosa* resulta em redução da largura do dossel (V7 e R5), matéria seca da parte aérea (V7 e R1), área foliar, número de ramos, diâmetro de caule, número de vagens por planta e rendimento de grãos. Em contrapartida, a interferência resulta, para todas as cultivares, em incremento na altura de planta (V7 e R8) e, para a maioria das cultivares, na altura da inserção da primeira vagem, número de grãos por vagem e acamamento de planta.

As cultivares modernas em interferência com plantas de *B. pilosa* reduziram mais a largura do dossel (R5), matéria seca (V7), área foliar, número de ramos, em comparação com cultivares mais antigas de soja. Em contrapartida, incrementaram o diâmetro de caule sob interferência, em relação às cultivares mais antigas.

As perdas de produtividade de cultivares de soja devido à interferência com 40 plantas por m<sup>2</sup> de *B. pilosa* variam entre 13% (Embrapa 48) e 84% (Monsoy5838). Entre as décadas de 60 a 80 Bragg e FT Abyara foram as cultivares mais prejudicadas e entre a década de 90 e anos 2.000 foram Monsoy 5838 e Zeus, indicando uma grande diferença das cultivares em suportar a interferência.

A habilidade de cultivares de soja em suportar a competição com *B. pilosa*, representada pelos componentes do rendimento e rendimento de grãos, não está relacionada ao seu ano de lançamento.

A interferência com *E. heterophylla* apresentou maior variação entre cultivares do que a interferência com *B. pilosa*, com redução, em todas as cultivares avaliadas, da matéria seca da parte aérea (R5), área foliar e rendimento de grãos. Para a maioria das cultivares, a interferência com *E. heterophylla* provoca aumento da altura de planta, e redução no diâmetro do dossel (R5), matéria seca (V7), número de ramos (R8), número de grãos por vagem e estande final de plantas.

A habilidade de cultivares de soja em suportar a competição com *E. heterophylla*, não está relacionada ao seu ano de lançamento, com exceção da variável matéria seca da parte aérea (R5), em que houve maior perda em cultivares modernas sob interferência com plantas de *E. heterophylla*, em comparação com cultivares antigas.

As perdas de produtividade de cultivares de soja devido à interferência com 18 plantas por m<sup>2</sup> de *E. heterophylla* variaram entre 24% (Davis) e de 58% (Monsoy5838). Entre as décadas de 60 a 80 as cultivares mais prejudicadas foram Bragg e Paraná e entre a década de 90 e anos 2.000 foram Embrapa 48 e Monsoy 5838. Indicando uma grande diferença em sua capacidade de suportar a interferência, porém não havendo relação entre a perda de rendimento e componentes e o ano de lançamento da cultivar.

Bragg e Paraná, cultivares mais antigas, foram mais reativas aos herbicidas chlorimuron-ethyl e lactofen apresentando alta atividade enzimática de SOD, CAT e POX e foi possível, associar, pelo menos em parte, a atividade enzimática destacada do complexo de enzimas antioxidantes destas cultivares, com seu maior desenvolvimento e tolerância aos herbicidas chlorimuron-ethyl e lactofen.

A maioria das cultivares reduziram sua área foliar e massa seca pela aplicação herbicidas, sendo FT Abyara a cultivar menos prejudicada e com uma tolerância mediana a eles. A capacidade da cultivar FT Abyara em manter seu desenvolvimento após a aplicação de chlorimuron-ethyl e lactofen (menor redução de área foliar e de matéria seca da parte aérea) não encontra correlação com a atividade do seu complexo enzimático antioxidante.



## REFERÊNCIAS

- ADELUSI, A. A.; G.T. ODUFEKO, G.T.; MAKINDE, A.M. Interference of *Euphorbia heterophylla* Linn. on the growth and reproductive yield of soybean (*Glycine max* Linn.) Merrill. **Research Journal of Botany**, Oakland, California, v. 1, n. 2, p. 85-94, 2006.
- AGUILA, L. S. H.; AGUILA, J. S.; THEISEN, G. **Perdas na colheita da soja**. Pelotas: Embrapa Soja, 2015. 4 p. (Embrapa Soja. Comunicado Técnico, 271).
- ALMEIDA, R. D.; PELUZIO, J. M.; AFFÉRI, F. S. Divergência genética entre cultivares de soja, sob condições de várzea irrigada, no sul do Estado Tocantins. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 108-115, 2011.
- ALMEIDA LOPES, Â. C. et al. Variabilidade e correlações entre caracteres em cruzamentos de soja. **Scientia Agrícola**, Piracicaba – SP, v. 59, n. 2, p. 341-348, 2002.
- ALVES, G. M. R. et al. Avaliação do crescimento de girassol no semiárido sob diferentes densidades de plantas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 4., 2010, João Pessoa. Anais... Campina grande: Embrapa Algodão, 2010. p. 1181-1185.
- AMARAL, T.; FONSECA, A.B; COSTA, B.M. da; MESQUITA, I.S.B.; MARTINS, C.L. crescimento e desenvolvimento da soja de crescimento indeterminado em diferentes densidades populacionais. III congresso internacional das ciências agrárias – COIN-TER – PDVAGRO, 2018.
- APROSOJA/MT: ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE SOJA E MILHO DO ESTADO DE MATO GROSSO. Disponível em: <http://www.aprosoja.com.br/>
- ASPIAZÚ, I. et al. Eficiência fotosintética y de uso del água por malezas. **Planta Daninha**, Viçosa -MG, v. 28, n. 1, p. 87-92, 2010.

BALBINOT Jr., A. A. *et al.* Características de plantas de arroz e a habilidade competitiva com plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v. 21, n. 2, p. 165-174, 2003.

BALBINOT JUNIOR, A.A.; PROCÓPIO, S. DE O.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C.; PANISON, F. Semeadura cruzada em cultivares de soja com tipo de crescimento determinado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 3, p. 1215-1226, 2015.

BARBOSA, M.R. *et al.* Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.3, p.453-460, 2014.

BARTOLOME, A.P.; VILLASEÑOR, I.M.; YANG, W.C. *Bidens pilosa* L. (Asteraceae): Botanical properties, traditional uses, phytochemistry and pharmacology. **Evidence Based Complementary and Alternative Medicine**, p.1-51, 2013.

BASSO, F. J. M. *et al.* Habilidade competitiva de cultivares de soja com *Bidens pilosa* e *Euphorbia heterophylla*. In: VI JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA UFFS Chapeco. **Anais...** v.1, n.6, 2016.

BERDÉN PRATES, J.E; RABERY CÁCERES, S.H. Espaciamento entre hileras para variedades de soja de ciclo precoce spacing between rows for early cycle soybean varieties. *Investigación Agraria*, Assunción, v.10, n.1, p. 53-57, 2009.

BERNARD, R.L.; CHAMBERLAIN, D.W.; LAWRENCE, R.D. **Results of the cooperative uniform soybean tests**. Washington: USDA, 1965.

BENNETT, A. C.; SHAW, D. R. Effect of *Glycine max* cultivar and weed control on weed seed characteristics. **Weed Science**, Viçosa – MG, v. 48, n. 4, p. 431-435, 2000.

BEZERRA, M. do C. L.; FACCHINA, M. M.; RIBAS, O. T. **Agenda 21 Brasileira – Resultado da Consulta Nacional**. Brasília: MMA/PNUD, 2002. Disponível em: [http://www.mma.gov.br/estruturas/agenda21/\\_arquivos/resultcons.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/agenda21/_arquivos/resultcons.pdf).

BHATT, I.; TRIPATHI, B.N. Plant peroxiredoxins: catalytic mechanisms, functional significance and future perspectives. **Biotechnology Advances**, England, v.29, p.850-859, 2011.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, Elsevier, v. 7, p. 248–254, 1976.

BRIGHENTE, A. M.; OLIVEIRA, M.F. Biologia de Plantas Daninhas. *In: Biologia e Manejo de Plantas Daninhas*, p.1-36, 2011.

BROETTO, F.; LUTTGE, U.; RATAJCZAK, R. Influence of light intensity and salt treatment on mode of photosynthesis and enzymes of the antioxidative response system of *Mesembryanthemum crystallinum*, Functional. **Plant Biology**, Victoria, v. 29, p.13-23, 2002.

BOARD, J. E.; WIER, A. T.; BOETHEL, D. J. Source strength influence on soybean formation during early and late reproductive development. **Crop Science**, Madison, v. 35, n.4, p.1104-1110, 1995.

BOARD, J.E.; TAN, Q. Assimilatory capacity effects on soybean yield components and pod number. **Crop Science**, Madison, v. 35, p. 846–851, 1995.

BOARD, J. E., AND H. MODALI. Dry matter accumulation predictors for optimal yield in soybean. **Crop Science**, Madison, v. 45, n.1, p. 790–1,799, 2005.

BOR, M., ÖZDEMİR, F., TÜRKAN, I. The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in leaves of sugar beet *Beta vulgaris* L. and wild beet *Beta maritima* L. **Plant Science**, Elsevier, v.164, p.77-84, 2003.

BULEGON, L.G.; RAMPIM, L.; KLEIN, J.; KESTRING, D.; GUIMARÃES, V.F.; BATTISTUS, A.G.; INAGAKI, A.M. Componentes de produção e produtividade da cultura

da soja submetida à inoculação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*. **Terra Latinoamericana**, Chapingo, v.34, n. 2, 2015.

BORELLA, J.; LANGARO, A. S.; SOUZA, A. DOS S.; LEAL, J.F.L. Estresse em plantas pela aplicação de herbicidas In: SANTOS, C.A. dos; RIBEIRO, J.C. **Desafios e Sustentabilidade no Manejo de Plantas**. Ponta Grossa, Atena Editora, 2019. 79 p.

BUSATO, C.; FONTES, P.C.R.; R BRAUN, H.; BUSATO, C.C.M. Estimativa da área foliar da batateira, cultivar Atlântica, utilizando dimensões lineares. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 4, p. 702-708, 2010.

CABRAL, P.H.R.; JAKELAITIS, A.; CARDOSO, I.S.; ARAÚJO, V.T. DE; PEDRINI, E.C.F. Interferência de plantas daninhas na cultura do sorgo cultivado em safrinha. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 3, p. 308-314, 2013.

CAKMAK, I.; HORST, W. J. Effect of aluminium on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase, and peroxidase activities in root tips of soybean (*Glycine max*). **Acta Physiologiae Plantarum**, Krakow, Poland, v. 83, n. 3, p. 463–468, 1991.

CÂMARA, G.M.S. **Soja: tecnologia da produção II**. Gil Miguel de Sousa Câmara (editor). Piracicaba: G.M.S. Câmara, 2000, 450 p.

CARBONELL, S. A. M.; CHIORATO, A. F.; GONÇALVES, J. G. R.; PERINA, E. F.; CARVALHO, C. R. L. Tamanho de grão comercial em cultivares de feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 10, p. 2067-2073, 2010.

CARVALHO, S.J.P. DE; NICOLAI, M.; FERREIRA, R.R.; FIGUEIRA, A.V. DE O.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Herbicide selectivity by differential metabolism: considerations for reducing crop damages. **Scientia Agricola** (Piracicaba, Braz.), v.66, n.1, p.136-142, 2009.

CARVALHO, C. G. P.; ARIAS, C. A. A.; TOLEDO, J. F. F.; OLIVEIRA, M. F.; VELLO, N. A. Correlações e análise de trilha em linhagens de soja semeadas em diferentes épocas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 3, p. 311-320, 2002.

CARVALHO, L.B.; BIANCO, S.; GUZZO, C.D. Interferência de *Euphorbia heterophylla* no crescimento e acúmulo de macronutrientes da soja. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v.28, n.1, p.33-39, 2010.

CARVALHO, L.B. **Plantas daninhas**. 1ª Edição. Lages, SC: Edição do Autor, 2013.

CASAROLI, D. et al. Radiação Solar e Aspectos Fisiológicos na Cultura de Soja - Uma Revisão. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v.14, n.2, p.102-120. 2007.

CASTRO, C.; FARIAS, J. R. B. Ecofisiologia do girassol. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (Eds.). Girassol no Brasil. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 163-218.

CATANEO, A.C.; CHAMMA, K.L.; FERREIRA, L.C.; GUILHERME FERNANDO GOMES DÉSTRO, G.F.G.; SOUSA, D.C.F. de. Atividade de superóxido dismutase em plantas de soja (*Glycine max* L.) cultivadas sob estresse oxidativo causado por herbicida. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v.4, n.2, p.23 – 31, 2005.

CATON, B.P. *et al.* Weed shoot morphology effects on competitiveness for light in direct-seeded rice. **Weed Research**, Maharajpur, v. 41, n. 2, p. 155-163, 2001.

CERRUDO, D.; PAGE, E.R.; TOLLENAAR, M.; STEWART, G.; SWANTON, C.J. Mechanisms of yield loss in maize caused by weed competition. **Weed Science**, Champaign, v.60, n.2, p.225-232, 2012.

CHEMALE, V. M.; FLECK, N. G. Avaliação de cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em competição com *Euphorbia heterophylla* L. sob três densidades e dois períodos de ocorrência. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, n. 5, p. 36-45, 1982.

CHIODEROLI, C. A.; SILVA, R. P.; NORONHA, R.H. F.; CASSIA, M. T.; SANTOS, E. P. Perdas de grãos e distribuição de palha na colheita mecanizada de soja. **Bragantia**, Campinas -SP, v. 71, n. 1, p. 112-121, 2012.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Boletim da safra de grãos.

Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>, 2022.

COX, W. J.; CHERNEY, J. H. Growth and yield responses of soybean to row spacing and seeding rate. **Agronomy Journal**, Madison, v. 103, n. 1, p. 123-128, 2011.

CRUZ C. D. **Programa Genes: Aplicativo computacional em genética e estatística**. Versão Windows. Viçosa: UFV, 2016.

DANCEY, C.; REIDY, J. **Estatística Sem Matemática para Psicologia: Usando SPSS para Windows**. Porto Alegre, Artmed, 2005.

DUARTE, N. F.; SILVA, J. B.; SOUZA, I. F. Competição de plantas daninhas com a cultura do milho no município de Ijaci, MG. **Ciência agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 5, p. 983-992, 2002.

DUBEY, R. S. Metal Toxicity, Oxidative stress and antioxidative defense system in plants. In: GUPTA, S.D. Reactive oxygen species and antioxidants in higher plants. **Enfield: Science Publishers**, Enfield, cap. 9, p. 178-203. 2011.

DUGGLEBY, R.G.; McCOURT, J.A.; GUDDAT, L.W. Structure and mechanism of inhibition of plant acetoxyacid synthase. **Plant physiology and Biochemistry**, v.46.n.3, 309-324p., 2008.

EGLI, D.B. **Seed Biology and the Yield of Grain Crops**. CAB International, UK, 1998.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de Segurança e Qualidade para a Cultura da Soja**. CampoPas, Brasília-DF, 2005.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/soja>, 2019.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em <https://www.embrapa.br/>, 2020.

FAGERIA, C. K. et al. (Eds) **Physiology of crop production**. New York: Haworth Press, Incorporated, p. 117-130, 2006.

FARIAS, J.R.B.; NEPOMUCENO, A.L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E), 2007.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, p. 11, 1977. (Special Report, 80).

FERREIRA, L.C.; L. C.; CATANEO, A. C.; REMAEH, L. M. R.; NATÁLIA CORNIANI, N. FUMIS, T. DE F., SOUZA, Y. A. DE; SCAVRONI, J.; SOARES, B. J. A. Nitric oxide reduces oxidative stress generated by lactofen in soybean plants. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, Elsevier, v. 97, p. 47-54, 2010.

FERREIRA, E. A. *et al.* Características fisiológicas da soja em relação a espécies de plantas daninhas. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadinha -MA, v. 5, n. 1, p. 39-47, 2011.

FERREIRA, L. R. *et al.* Manejo de plantas daninhas. *In*: CARNEIRO, J. E. S.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. **Feijão do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Editora UFV, p.207-241, 2015.

FLECK, N. G.; LAMEGO, F.P.; SCHAEGLER, C.E.; FERREIRA, F.B. Resposta de cultivares de soja à competição com cultivar simuladora da infestação de plantas concorrentes. **Scientia Agraria**, Curitiba – PR, v. 8, n. 3, p. 213-218, 2007.

FLECK, N.G.; AGOSTINETTO, D.; GALON, L.; SCHAEGLER, C.E. Competitividade relativa entre cultivares de arroz irrigado e biótipo de arroz-vermelho. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v.26, n.1, p.101-111, 2008.

FLURKEY, W. H.; JEN, J. J. Peroxidase and polyphenol oxidase activities in developing peaches. **Journal of Food Science**, Chicago, Illinois, v. 43, n. 6, p. 1826–1828, 1978.

FOLONI, J. S. S.; ROSOLEM, C. A. Produtividade e acúmulo de potássio na soja em função da antecipação da adubação potássica no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa – MG, v. 32, p. 1549-1561, 2008.

FOLONI, J.S.S.; HENNING, F.A.; MERTZ-HENNING, L.M.; RODRIGUES, R. DE R.; MELLOS, L.; NEUMAIER, N. Manejo de acamamento de cultivares de soja com lactofem em diferentes ambientes de produção In: VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, Goiânia – GO, p.420-422, 2018.

FONTES, J. R. A.; *et al.* **Manejo integrado de plantas daninhas**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2003. 48p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/567569/1/doc103.pdf>

FORTE, C. T. et al., Habilidade competitiva de cultivares de soja transgênica convivendo com plantas daninhas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife -PE, v.12, n.2, p.185-193, 2017.

FOYER, C.H.; NOCTOR, G. Photorespiratory metabolism: genes, mutants, energetics, and redox signaling. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, CA, v.60, p.455-84, 2009.



GARCIA, R.A.; RICHETTI, A.; SUTIER, G. A. da S. **Arranjos Alternativos de Plantas de Soja: Viabilidade Técnica-Econômica**, 2016, 44p. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/468024/1/37.pdf>

GAZZONI, D.L.; MOSCARDI, F. Effect of defoliation levels on recovery of leaf area, on yield and agronomic traits of soybeans. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.4 p.411-424, 1998.

GIANNOPOLITIS, C. N.; RIES, S. K. Superoxide Dismutases: I. Occurrence in Higher Plants. **Plant Physiology**, Oxford, v. 59, n. 2, p. 309–314, 1977.

GIL, S.S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, Elsevier, v.48, p.909-930, 2010.

GREEN, J.M.; OWEN, M.D.K. Herbicide-resistant crops: utilities and limitations for herbicide-resistant weed anagement. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, v.11, p.5819-5829, 2011.

GREEN-TRACEWICZ, E.; PAGE, E. R.; SWANTON, C. J. Light quality and the critical period for weed control in soybean. **Weed Science**, Viçosa – MG, v. 60, n. 1, p. 86-91, 2012.

GOLDBERG, D. E.; LANDA, K. Competitive effect and response: hierarchies and correlated traits in the early stages of competition. **Journal of Ecology**, London, v. 79, n. 4, p. 1013-1030, 1991.

GONZALEZ-SANPEDRO, M. C.; TOAN, T. LE; MORENO, J.; KERGOAT, L.; RUBIO, E. Seasonal variations of leaf area index of agricultural fields retrieved from Landsat data. **Remote Sensing of Environment**, Eslevier, v.112, p.810-824, 2008.

GULSEN, O.; EICKHOFF, T.; HENG-MOSS, T.; SHEARMAN, R.; BAXENDALE, SARATH, G.; LEE, D. Characterization of peroxidase changes in resistant and

susceptible warm-season turf grasses challenged by *Blissus occiduus*. **Arthropod Plant Interact**, Springer, v. 4, p. 45-55, 2010.

HAEFELE, S. M. *et al.* Field screening of diverse rice genotypes for weed competitiveness in irrigated lowland ecosystems. **Field Crops Research**, Elsevier, v. 88, n. 1, p. 39-56, 2004.

HAILE, F.J. *et al.* Soybean leaf morphology and defoliation tolerance. **Agronomy Journal**, Madison, v.90, n.3, p.353-362, 1998.

HAMMER, D., STOLTENBERG, D., COLQUHOUN, J., CONLEY, S. Has Breeding Improved Soybean Competitiveness with Weeds? **Weed Science**, v.66, n.1, p. 57-61, 2018.

HAUGLAND, E.; TAWFIQ, M. Root and shoot competition between established grass species and newly sown seedlings during spring growth. **Grass and Forage Science**, v. 56, p. 193-199, 2001.

HEAP, I. M. **International Survey of Herbicide Resistant Weeds**. Disponível em: <http://www.weedscience.com>.

HUNT, R. **Basic growth analysis: plant growth analysis for beginners**. London: Unwin Hyman, 1990. 112p.

JAMES, K. L.; BANKS, P. A.; KARNOK, K. J. Interference of soybean, *Glycine max*, cultivars with sicklepod, *Cassia obtusifolia*. **Weed Technology**, Cambridge, v. 2, n.4, p. 404-409, 1988.

JANNINK, J. L. *et al.* Index selection for weed suppressive ability in soybean. **Crop Science**, Madison, v. 40, n.4, p. 1087-1094, 2000.

JANNINK, J. L.; JORDAN, N. R.; ORF, J. H. Feasibility of selection for high weed suppressive ability in soybean: absence of tradeoffs between rapid initial growth and sustained later growth. **Euphytica**, v. 120, n. 2, p. 291-300, 2001.

JIN, J.; LIU, X.; WANG, G.; MI, L.; SHEN, Z.; CHEN, X.; HERBERT, S.J. Agronomic and physiological contributions to the yield improvement of soybean cultivars released from 1950 to 2006 in Northeast China. **Field Crops Research**, v.115, p.116–123, 2010.

KAHLON, C.S.; BOARD, J.E. Growth dynamic factors explaining yield improvement in new versus old soybean cultivars. **J Crop Improv**, v.26, p.282–299,2012.

KANTOLIC, A.G.; PERALTA, G.E.; SLAFER, G.A. Seed number responses to extended photoperiod and shading during reproductive stages in indeterminate soybean. **Europ. J. Agronomy**, v. 51, p. 91–100, 2013.

KARAM, D.; GAZZIERO, D. L. P.; VOLL, E.; ARCHANGELO, E. R. Efeito de densidades de plantas daninhas na cultura da soja. *In*: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, Cruz Alta, RS. **Resumos...** Cruz Alta: [s.n.], 1993. p. 80.

KLEIN, A.; FELIPPE, G. M. Efeito da luz na germinação de sementes de ervas invasoras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília -DF, v. 26, n. 7, p. 955-966, 1991.

KONO, Y., FRIDOVICH, I. Superoxide radical inhibits catalase. **J. Biol. Chem.**, v.257, p.5751-4, 1982.

LAMEGO, F. P., FLECK, N. G., BIANCHI, M. A.; SCHAEGLER, C. E. Tolerância à interferência de plantas competidoras e habilidade de supressão por genótipos de soja - II. Resposta de variáveis de produtividade. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v. 22, n. 4, p. 491-498, 2004.

LAMEGO, F. P.; FLECK, N. G.; BIANCHI, M. A.; VIDAL, R.A. Tolerância a interferência de plantas competidoras e habilidade de supressão por cultivares de soja – I. Resposta de variáveis de crescimento. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v. 23, n. 3, p. 405-414, 2005.

LAMEGO, F. P.; RUCHEL, Q.; KASPARY, T. E.; GALLON, M.; BASSO, C. J.; SANTI, A. L. Habilidade competitiva de cultivares de trigo com plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa -MG, v.31, n.3, p.521-531, 2013.

LANGARO, A. C. et al. Ativação do sistema antioxidante enzimático em plantas de arroz submetidas à aplicação de penoxsulam. In: VIII Congresso Brasileiro de Arroz irrigado, Santa Maria - RS, 2013.

LANGARO, A. C.; BARROS, J. P. A.; SOUZA, M. F.; SILVA, E. M. G.; SILVA, A. A. Estimation of sulfentrazone leaching in isolated application and in mixture with glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v. 37, p. 1–9, 2019.

LEE, C.D.; EGLI, D.B.; TEKRONY, D.M. Soybean response to plant population at early and late planting dates in the Mid-South. **Agronomy Journal**, v. 100, p. 971–976, 2008.

LEMERLE, D. *et al.* The potential for selecting wheat varieties strongly competitive against weeds. **Weed Reserch**, v. 36, n. 6, p. 505-513, 1996.

LEMERLE, D.; GIL, G.S.; MURPHY, C.E.; WALKER, S.R.; COUSENS, R.D.; MOKHTARI, S.; PELTZER, S.J.; COLEMAN, R.; LUCKETT, D.J. Genetic improvement and agronomy forenhanced wheat competitiveness with weeds. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v. 52, n. 5, p.527-548, 2001.

LIU, F.; JENSEN, C. R.; ANDERSEN, M. N. Pod Set Related to Photosynthetic Rate and Endogenous ABA in Soybeans Subjected to Different Water Regimes and Exogenous ABA and BA at Early Reproductive Stages. **Annals of Botany**, Oxford, v. 94, p. 405–411, July, 2004.

LIU, G.; YANG, C.; XU, K.; ZHANG, Z.; LI, D.; WU, Z.; CHEN, Z. Development of yield and some photosynthetic characteristics during 82 years of genetic improvement of soybean genotypes in northeast China. **Australian Journal of Crop Science** v. 6, p.1416–1422, 2012.

LOCATO, V. et al. Reactive oxygen species and ascorbateglutathione interplay in signaling and stress responses. In: GUPTA, S.D. Reactive oxygen species and antioxidants in higher plants. **Enfield: Science Publishers**, 2010. p.45-64

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. Nova Odessa, 7<sup>a</sup>. edição, Instituto Plantarum, São Paulo, 2014.

LUCCHESI, G. **Agrotóxicos: a construção da legislação**. Brasília: câmara dos deputados, 2005.

MARTINS, M. C.; CÂMARA, G. M. S.; PEIXOTO, C. P.; MARCHIORI, L. F. S.; LEONADO, V.; TTIAZZI, P. Época de semeadura, densidade de plantas e desempenho vegetativo de cultivares de soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 851-858, 1999.

MAPA, Ministérios da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/noticias/>, 2019.

MARCHI, G.; MARCHI, E. C. S; GUIMARÃES, T. G. **Herbicidas mecanismo de ação e uso**. EMBRAPA cerrado, Planaltina 2008, ISSN: 1517-5111.

MARKWELL, J.; NAMUTH, D.; HERNANDEZ-RIOS, I. **Introducción a los herbicidas que atuam através de la fotosíntesis**. 2006. Disponível em: [http:// plantandsoil.unl.edu/croptechology2006/weed\\_science](http://plantandsoil.unl.edu/croptechology2006/weed_science).

MASSON, G. DE L.; COLMAN, B.A.; PIEREZAN, D.D.; OLIVEIRA, E. DA S. DE; FONSECA, P.R.B. DA. Influência de diferentes herbicidas pós-emergentes na cultura da soja RR. 8º ENEPED UFDG. 5ºEPEX UEMS.

MATSUO, E.; FERREIRA, S. C.; SEDIYAMA, T. Botânica e fenologia. *In*: SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. (Ed.). **Soja: do plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV, 2015. p. 27-53.

MAUAD, M.; SILVA, T. L. B.; ALMEIDA NETO, A. I.; ABREU, V. G. Influência da densidade de semeadura sobre características agrônômicas na cultura da soja. **Revista Agrarian**, Dourados-MS, v. 3, n. 9, p. 175-181, 2010.

MCDONALD, G. K. Competitiveness against grass weeds in field pea genotypes. **Weed Research**, v. 43, n. 1, p. 48-58, 2003.

MESCHEDE, D. K.; OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; SCAPIM, C. A. Período crítico de interferência de *Euphorbia heterophylla* na cultura da soja sob baixa densidade de semeadura. **Planta Daninha**, Viçosa -MG, v.20, n.3, p.381-387, 2002.

MESCHEDE, D. K.; OLIVEIRA Jr., R. S.; CONSTANTIN, J.; SCAPIM, C. A. Período anterior a interferência de plantas daninhas em soja: estudo de caso com baixo estande e testemunhas duplas. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v.22, n.2, p.239-246, 2004.

MESSINGER, S. M.; BUCKLEY, T. N.; MOTT, K. A. Evidence for involvement of photosynthetic processes in the stomatal response to CO<sub>2</sub>. **Plant Physiology**, v. 140, n. 2, p. 771-778, 2006.

MODOLO, A.J et al.; Rendimento de soja em função do arranjo de plantas, **Revista de Agricultura**, v.91, n.3, p. 216 - 229, 2016.

MONKS, D. W.; OLIVER, L. R. Interactions between soybean (*Glycine max*) cultivars and selected weeds. **Weed Sci.**, v. 36, n.6, p. 770-774, 1988.

MORAES, Í.L. de. **Respostas fisiológicas do arroz irrigado submetido à aplicação de herbicidas em condições de salinidade na água de irrigação**. 2015. 66f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal). Universidade Federal de Pelotas. Instituto de Biologia. Pelotas, 2015.

MOTTA, I. S.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; INOUE, M. H.; AVILA, M. R.; BRACCINI, M. C. L. Época de semeadura em cinco cultivares de soja. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1281-1286, 2002.

MUNDSTOK, C. M.; THOMAS, A. L. **Soja: Fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos**. Biblioteca setorial da Faculdade de Agronomia da UFRGS, 31p. 2005.

MORRISON, M. J.; VOLDENG, H. D.; COBER, E. Physiological changes from 58 years of genetic improvement of short-season soybean cultivars in Canada. **Agronomy Journal**, n.91, p.685–689, 1999.

MORRISON, M. J.; VOLDENG, H. D.; COBER, E. R. Agronomic changes from 58 years of genetic improvement of short-season soybean cultivars in Canada. **Agronomy Journal**, n.92, p.780–784, 2000.

MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. **Soja: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos**. Porto Alegre: Departamento de Plantas de Lavoura - UFRGS, 2005. 31 p.

NANDULA, V. K. et al. Herbicide metabolism: Crop selectivity, bioactivation, weed resistance, and regulation. **Weed Science**, Cambridge, v. 67, n. 2, p. 149-175, 2019.

NAVARRO JÚNIOR, H.M.; COSTA, J.A. Contribuição relativa dos componentes do rendimento para produção de grãos em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.3, p.269-274, 2002.

NEGRISOLI, E.; VELINI, E.D.; TOFOLI, G.R.; CAVENAGHI, L.; MARTINS, D.; MORELLI, J.L.; COSTA, A.G.F. Seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura de cana-de-açúcar tratada com nematicidas. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v. 22, p.567-575, 2004.

NEPOMUCENO, M. ALVES, P.L.C.A.; DIAS, T.C.S.; PAVANI, M.C.M.D. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da soja nos sistemas de semeadura direta e convencional. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v. 25, n. 1, p. 43-50, 2007.

NORDBY, D. E.; DUSTIN L. ALDERKS, D. L.; EMERSON, D. Competitiveness with Weeds of Soybean Cultivars with Different Maturity and Canopy Width Characteristics. Nafziger\*. **Weed Technology**, n. 21, p. 1082–1088, 2007.

NOGUEIRA, A. P; SEDIYAMA, Y.; SOUZA, L. B.; HAMAWAKI, O. T.; CRUZ, C, D.; FERREIRA, D. G. Análise de trilha e correlações entre caracteres em soja cultivada em duas épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 6, p. 877-888, 2012.

OLIVEIRA, J. G.; SILVA, V. S. G.; COSTA. J. P. V. Comportamento de soja submetida a materiais fertilizantes e inoculação com bradyrhizobium. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações. v. 15, n. 1, p. 66-72, 2017.

OLIVEIRA, JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; TOLEDO, R.; KAJIHARA, L. H.; STASIEVSKI, A.; PAGLIARI, P. H.; ARANTES, J. G. Z.; CAVALIERI, S. D.; ALONSO, D. G.; ROSO, A. C. Aplicações sequenciais de flumiclorac-pentil pentil para o controle de *Euphorbia heterophylla* na cultura da soja. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 1, p. 115122, 2006.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. 2011. Disponível em: <http://omnipax.com.br/livros/2011/BMPD/BMPD-cap7.pdf>.



OLIVEIRA P.; NASCENTE, A.S.; KLUTHCOUSKI, J. Soybean growth and yield under cover crops. **Revista Ceres**, Viçosa – MG, n.60, p.249-256, 2013.

OLESEN, J. E.; HANSEN, P. K.; BERNTSEN, J.; CHRISTENSEN, S. Simulation of above ground suppression of competing species and competition tolerance in winter wheat varieties. **Field Crops Research**, v. 89, n. 2-3, p. 263-280, 2004.

OWEN, L. N.; CATCHOT A L.; MUSSER, F. R.; GORE J.; COOK, D. C; JACKSON, R.; ALLEN C. Impact of defoliation on yield of group IV soybeans in Mississippi. **Crop Protection**, v. 54, p. 206 - 212, 2013.

PARCIANELLO, G.; COSTA, J.A.; PIRES, J. L.F.; SAGGIN, L.R.K. Tolerância da soja ao desfolhamento afetada pela redução do espaçamento entre fileiras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.2, p.357-364, 2004.

PARVEJ, M.R.; SLATON, N.A.; ROBERTS, T.L.; DELONG, R.E.; MASSEY, C.G.; DEMPSEY, R.J.; FRYER, M.S. Dry matter and potassium accumulation and partitioning in determinate and indeterminate soybean varieties. **AAES Research Series**, v. 616, p. 34 – 42, 2013.

PEREIRA, G. A. M. *et al.* Crescimento da mandioca e plantas daninhas em resposta à adubação fosfatada. **Revista Ceres**, Viçosa – MG, n.59, p.716-722, 2012.

PERINI, L.J. et al. Components of the production in soybean cultivars with determinate and indeterminate growth. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.33, n.65, p. 2531 – 2544, 2012.

PES, L. Z.; ARENHARDT, M. A. **Fisiologia Vegetal**, e-Tecbrasil, Santa Maria, 2015.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. -Seropédica, RJ: Edur, 2004.191 p.

PIRES, F. R. *et al.* Potencial competitivo de cultivares de soja em relação as plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 23, n. 4, p. 575-581, 2005.

PETTER, F. A, ZUFFO, A. M.; PACHECO, L. P. Seletividade de herbicidas inibidores de ALS em diferentes estádios de desenvolvimento do arroz de terras altas.

**Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia – GO, n. 41, p. 408-41, 2011.

POLIDOROS, A.N.; SCANDALIOS, J.G. Role of hydrogen peroxide and different classes of antioxidants in the regulation of catalase and glutathione S-transferase gene expression in maize (*Zea mays* L.). **Physiologia Plantarum**, v.106, p. 112 – 120, 1999.

POWLES, S. B.; YU, Q. Evolution in action: plants resistant to herbicides. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 61, n. 1, p. 317-347, 2010.

PROCÓPIO, S.O.; SANTOS, J.B.; SILVA, A.A.; MARTINEZ, C.A.; WERLANG, R.C. Características fisiológicas das culturas de soja e feijão e de três espécies de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.22, n.2, p.211-216, 2004.

PUTTER, J. PEROXIDASES. In: Bergmeyer, H. U. (Ed.) **Methods of enzymatic analysis**, 2nd Edn. Verlag Chemie, Weinheim, Germany, p. 685–690, 1974.

QIN, X.; FENG, F.; LI, D.; HERBERT, S. J.; LIAO, Y.; SIDDIQUE, K. H. M. Changes in yield and agronomic traits of soybean cultivars released in China in the last 60 years. **Crop & Pasture Science**, 2017.

RAMOS, P. A. S.; ROCHA, V.M.; LEITE, V. G. DA S.; RIBEIRO, A. F. F.; MATSUMOTO, S. N. Influência da qualidade de luz na germinação de sementes de picão-preto (*Bidens pilosa*). In: VIII SEAGRUS SEMANA DA AGRONOMIA UESB VITÓRIA DA CONQUISTA. **Anais**...v.1, n.1, 2017.

RAMTEKE, R.; GUPTA, G. K.; MURLIDHARAN, P.; SHARMA, S. K. Genetic progress of soybean varieties released during 1969 to 2008 in India. **Indian Journal of Genetics and Plant**, v.71, p.333-340, 2011.

RASBAND, W. Open-source software (OSS) projects. Image J documentation. Versão 1.51k para Java. 2017. Disponível em: <http://rsb.info.nih.gov/ij/docs/index.html>

RICE-EVANS, C.A; DIPLOCK, A.T.; SYMONS, M.C.R. Techniques in free radical research. In: BURDON, R.H.; VAN KNIPPENBERG, P.H. (Ed). **Laboratory techniques In Biochemistry and Molecular Biology**. London: Elsevier, v. 22, p. 1-278, 1991.

RIECHERS, D.E.; KREUZ, K., ZHANG, Q. Detoxification without intoxication: herbicide safeners activate plant defense gene expression. **Plant Physiology**, Oxford, v. 153, p. 3-13, 2010.

RIZZARDI, M. A.; SILVA, L. Manejo de plantas daninhas eudicotiledôneas na cultura da soja Roundup Ready®. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v.32, n.4, p.683-697, 2014.

ROMAN, E. S.; BECKIE, H.; VARGAS, L.; HALL, L.; RIZZARDI, M. A.; WOLF, T. **Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação**. Berthier: Passo Fundo, 2005. 160 p.

ROWNTREE, S.C. *et al.* Physiological and phenological responses of historical soybean cultivar releases to earlier planting. **Crop Science**, Madson, v.54, p.804-816, 2014.

SANTOS, J. B.; CURY, J. P. Picão-preto: uma planta daninha especial em solos tropicais. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v. 29, p. 1159-1171, 2011.

SCANDALIOS, J.G. Oxygen stress and superoxide dismutases. **Plant Physiol.**, v.101, p.7-12, 1993.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R.C.; REIS, M.S. Melhoramento da soja. In: BORÉM, A. (ed). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa-MG: UFV, 1999. p.478-533.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C.; BARROS, H. B. Origem, evolução e importância econômica. *In*: SEDIYAMA, T. (Ed). **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Editora Mecenias, 2009. p. 1-5.

SHABALA. S.; CUIN. T. A. (Eds.). Plant Salt Tolerance: Methods and Protocols. *Methods in Molecular Biology*. London: Humana Press. 432 p. **Methods in Molecular Biology**, 2012. ISBN 978-1-61779-986-0.

SHILLING, D. G. et al. Effect of soybean (*Glycine max*) cultivar, tillage and rye (*Secale cereale*) mulch on sicklepod (*Cassia obtusifolia*). **Weed Technol.**, v. 9, n. 2, p. 339-342, 1995.

SILVA, A. A.; JAKELAITIS, A.; FERREIRA, L.R. Manejo de plantas daninhas no Sistema Integrado Agricultura – Pecuária. *In*: ZAMBOLIM, L.; SILVA, A. A.; AGNES, E. L. **Manejo Integrado Lavoura – Pecuária**. Viçosa, UFV, p. 117-170, 2004.

SILVA, A. F.; CONCENÇO, G.; ASPIAZÚ, I.; FERREIRA, E.A.; GALON, L.; A.T.C.P. COELHO, A.T.C.P.; SILVA, A.A.; FERREIRA, F.A. Interferência de plantas daninhas em diferentes densidades no crescimento da soja. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v. 27, n. 1, p. 75-84, 2009.

SOUSA, Á. **Coefficiente de correlação de Pearson e coeficiente de correlação de Spearman. O que medem e em que situações devem ser utilizados?**. Correio dos Açores: Matemática, 2019, p. 19.

SOUZA, R.T. DE; CONSTANTIN, J.; VELINI, E.D.; MONTORIO, G.A.; MACIEL, C.D. DE G. Seletividade de combinações de herbicidas latifolicidas com lactofen para a cultura de soja. **Scientia Agricola**, v.59, n.1, p.99-106, 2002.

SOUZA, I. R. P. et al. Peroxidase activity in maize inbred lines resistant or susceptible to maize dwarf mosaic virus. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas – MG, v.2, p.1-8, 2003.

SOUZA, J. R.; PERECIN, D.; AZANIA, C. A. M.; SCHIAVETTO, A. R.; PIZZO, I. V. CANDIDO, L. S. Tolerância de cultivares de cana-de-açúcar a herbicidas aplicados em pós-emergência. **Bragantia**, Campinas – SP, v.68, p.941-951, 2009.

SOUZA, J.R.; PERECIN, D.; AZANIA, C.A.M.; SCHIAVETTO, A.R.; PIZZO, I.V. CANDIDO, L.S. Tolerância de cultivares de cana-de-açúcar a herbicidas aplicados em pós-emergência. **Bragantia**, Campinas, v.68, p.941-951, 2009.

SOUZA, C. A.; FIGUEIREDO, B. P.; COELHO, C. M. M.; CASA, R. T.; SANGOI, L. Arquitetura de plantas e produtividade da soja decorrente do uso de redutores de crescimento. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 3, p. 634-643, 2013.

SOUZA, R.G. de; DANIEL BONIFÁCIO OLIVEIRA CARDOSO, D.B.O.; MAMEDE, M.C.; HAMAWAKI, O. T.; SOUSA, L.B. de. Desempenho agrônômico de soja, sob interferência de plantas infestantes, **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v.28, n.2, p.194-203, 2019.

SRIVASTAVA. M. K.; DWIVEDI. U. N. Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid. **Plant Science**, v. 158. p. 87–96, 2000.

STEPHENSON IV, D. O.; BRECKE, B. J.; UNRUH, J. B. Control of torpedograss (*Panicum repens*) with trifloxysulfuron-sodium in bermudagrass (*Cynodon dactylon* x *Cynodon transvaalensis*) turf. **Weed Technology**, v. 20, n. 2, p. 351-355, 2006.

TABALDI, L. A. et al. Physiological and oxidative stress responses of four potato clones to aluminum in nutrient solution. **Braz. J. Plant Physiol.**, v. 19, n. 3, p. 211-222, 2007.

TAGLIAPIETRA, E. L.; STRECK, N. A.; ROCHA, T. S. M.; RICHTER, G. L.; SILVA, M. R.; CERA, J. C.; GUEDES, J. V. C.; ZANON, A. J. Optimum leaf area index to reach soybean yield potential in subtropical environment. **Agronomy Journal**, Madson, v. 110, p. 932-938, 2018.

TANVEER, A.; KHALIQ, A.; JAVAID, M. M.; CHAUDHRY M. N.; AWAN, I. Implications of weeds of genus euphorbia for crop production: a review. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v. 31, n. 3, p. 723-731, 2013.

THAKUR, H. A.; PATIL D. A. Taxonomic and Phylogenetic Assessment of the Euphorbiaceae: A Review. **Journal of Experimental Sciences**, v. 2, n. 3, p. 37-46, 2011.

THOMAS, A. L. **Soja: tipos de crescimento da planta**. Porto Alegre: UFRGS, 2018. 59p.

TODESCHINI, M.H.; MILIOLI, A.S.; ROSA, A.C.; DALLACORTE, L.V.; PANHO, M.C.; MARCHESE, J.A.; BENIN, G. Soybean genetic progress in South Brazil: physiological, phenological and agronomic traits. **Euphytica**, p.215:124,2019.

TOGNI, D.A.J; MENTEN, J.O.M; STASIEVSKI, A. Efeito de tratamento de sementes mais aplicação foliar de fungicidas no manejo da ferrugem asiática da soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 29., 2007, Campo Grande. Resumos. Londrina: Embrapa Soja, 2007. p.66-69.

TORRES, F.E.; DAVID, G.V. TEODORO, P.E.; RIBEIRO, L.P; CORREA, C.G. LUZ JUNIOR, R.A. Desempenho agrônômico e dissimilaridade genética entre genótipos de soja. **Revista de Ciências Agrárias**, v.18, n.1, p. 11-117, 2015.

TSUMANUMA, G. M.; CARVALHO, S. J. P.; FANCELLI, A. L.; BERNARDES, M. S.; RODRIGUES, M. A. T.; BEGLIOMINI, E. Crescimento de dois cultivares de soja submetidos a aplicações de herbicidas e fungicidas. **Revista Ceres**, Viçosa – MG, v. 57, p. 742-750, 2010.

VIDAL, R. A. **Ação dos herbicidas: absorção, translocação e metabolização**. Edição do autor: Porto Alegre, 2002. 89 p.

VIDAL, R. A. et al. Initialism: a new term to describe the first mechanism of negative interaction between weeds and crops. **J. Plant Dis. Protec.**, v. 21, n. 1, p. 95-98, 2008.

VIDAL, R.A.; MEROTTO Jr., A. Inicialismo. In: VIDAL, R.A. **Interação negativa entre plantas: inicialismo, alelopatia e competição**. Porto Alegre: Evangraf, 2010. 132p.

VIDAL, R.A.; TREZZI, M.M.; KOZLOWSKI, L.A.; PRATES, M.V.B.; CIESLIK, L.F.; MEROTTO JR., A. Initialism as a mechanism of weed interference: can a crop plant be blinded? **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 30, n. 3, p. 469-475, 2012.

VIDAL, R. A. et al. Fatores ambientais que afetam a eficácia de glifosato: síntese do conhecimento. **Pesticidas: Revista ecotoxicologia e meio ambiente**, Curitiba, v. 24, p. 43–52, 2014.

VASCONCELOS, M. DA C. C.; SILVA, A. F. A.; LIMA, R. da S. Interferência de Plantas Daninhas sobre Plantas Cultivadas. **Revista agropecuária científica no semiárido**, V. 8, n. 1, p. 01-06, 2012.

VARGAS, L. V.; ROMAN, E. S. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Embrapa Trigo: Passo Fundo, 2008. 780 p.

VOLLMANN, J. *et al.* The effects of simulated weed pressure on early maturity soybeans. **European Journal of Agronomy**, v. 32, p. 243-248, 2010.

WANG, Y. *et al.* Genetic analysis and quantitative trait locus identification of the reproductive to vegetative growth period ratio in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). **Euphytica**, v. 201, p. 275 – 284, 2015.

WANG, M.; ZHOU, Q. Effects of herbicide chlorimuron-ethyl on physiological mechanisms in wheat (*Triticum aestivum*). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 64, p. 190–197, 2006.

WAR, A.R.; PAULRAJ, M.G.; AHMAD, T.; BUHROO, A.A.; HUSSAIN, B.; IGNACI-MUTHU, S.; SHARMA H.C. Mechanisms of plant defense against insect herbivores. **Plant Signaling & Behavior**, Bethesda - MD, v.7, p. 1306-1320, 2012.

WELLS, R. Soybean growth response to plant density: relationships among photosynthesis, leaf area, and light interception. **Crop Science**, Madison, v. 31, n. 3, p. 755- 756, 1991.

WELLS, R. Dynamics of soybean growth in variable planting patterns. **Agronomy Journal**, Madison, v. 1, n. 81, p. 44-48, 1993.

WERNER, F.; BALBINOT JUNIOR, A.A.; FERREIRA, A.S.; SILVA, M.A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C. Soybeans growth affected by seeding rate and mineral nitrogen. **Revista de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande – PB, v. 20, n. 8, p.734-738, 2016.

WICHERT, R.A.; SOURCE, R.E.T. Soybean [Glycine max (L.)] Response to Lactofen. **Planta Daninha**, Viçosa – MG, v. 41, n. 1, p. 23-27, 1993.

YANG, W. C. Botanical, pharmacological, phytochemical, and toxicological aspects of the antidiabetic plant *Bidens pilosa* L. **Evidence - Based Complementary and Alternative Medicine**, Oxford, v. 2014, p. 1-14, 2014.

YUAN, J. S. *et al.* non-target-site herbicide resistance: a family business. **Trends in Plant Science**, Cambridge, v. 12, n. 1, p. 6-13, 2007.

YU, Q.; POWLES, S.B. Resistance to AHAS inhibitor herbicides: current understanding. **Pest Management Science**, v.70, p.1340-1350, 2014.

ZAKIR, M. M.; FREITAS, I. R. Benefícios à saúde humana do consumo de isoflavonas presentes em produtos derivados da soja. **Journal of Bioenergy and Food Science**, Macapá – AP, v.2, n.3, p.107-116, 2015.



ZANON, A.J.; STRECK, N.A.; RICHTER, G.L.; BECKER, C.C.; ROCHA, T.S.M DE; CERA, J.C.; WINCK, J.E.M.; CARDOSO, Â.P.; TAGLIAPIETRA, E.L.; WEBER, P.S. Contribuição das ramificações e a evolução do índice de área foliar em cultivares modernas de soja. **Bragantia**, Campinas – SP, v. 74, n. 3, p. 279-290, 2015.

ZANON, A.J. et al. **Ecofisiologia da soja: Visando altas produtividades**. Santa Maria, 2018.