



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA



HENRIQUE LUIS DA SILVA

POTENCIAL ALELOPÁTICO DA CULTURA DO GIRASSOL
(*Helianthus annuus* L.)

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2009

HENRIQUE LUIS DA SILVA

**POTENCIAL ALELOPÁTICO DA CULTURA DO GIRASSOL
(*Helianthus annuus* L.)**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia, do Programa de Pós Graduação em Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Pato Branco. Área de Concentração: Produção vegetal.

Orientador: Dr. Michelangelo Muzell Trezzi.

Pato Branco
2009

S586.p

Silva, Henrique Luis da
Potencial alelopático da cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.) /
Henrique Luis da Silva. Orientador: Prof. Dr. Michelangelo Muzell Trezzi –
Pato Branco: UTFPR, 2009
XI, 105 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco, 2009.

1. *Helianthus annuus*. 2. Alelopatia. 3. Semeadura em substituição 4.
Screening. 5. Cobertura morta. I. Trezzi, Michelangelo Muzell, orient. II.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em
Agronomia. III. Título.

CDD 22: 630
632.5



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Pato Branco
Gerência de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Agronomia



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação nº 011

Potencial alelopático da cultura de girassol (*Helianthus annuus* L.)

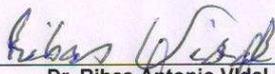
por

Henrique Luis da Silva

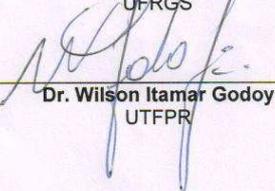
Dissertação apresentada às treze horas e trinta minutos do dia vinte e sete de fevereiro de dois mil e nove, como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE EM AGRONOMIA, Linha de Pesquisa – Sistemas de Produção Vegetal, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho. *APRO-*

Visto.....

Banca examinadora:



Dr. Ribas Antonio Vidal
UFRGS



Dr. Wilson Itamar Godoy
UTFPR

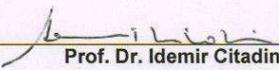


Dr. José Abramo Marchese
UTFPR



Dr. Michelangelo Müzell Trezzi
UTFPR
Orientador

Visto da Coordenação:



Prof. Dr. Idemir Citadin
Coordenador do PPGA

Dedico este a meus Pais, Luis João da Silva e Juliana Zago da Silva e,
às minhas Irmãs Elizabet e Elisiani da Silva.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais pela vida, educação, apoio, incentivo, trabalho e esforço, possibilitando-me a oportunidade de estudar e conseqüentemente de dar este importante passo;

À Deus por tudo que me foi proporcionado todos os dias que me levou a conclusão deste trabalho.

Ao Professor do Dr. Michelangelo Müzell Trezzi pelo apoio, colaboração, conhecimento, amizade e orientação durante os anos de faculdade;

Ao Programa de Pós Graduação em Agronomia (PPGA) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, pela oportunidade da realização do curso, e a todos os professores que dele fazem parte, sou muito grato pelo compartilhamento do conhecimento.

Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, e estiveram presentes durante este período.

Para conquistar grandes coisas,
devemos não apenas agir,
mas também sonhar;
não só planejar,
mas também acreditar".
(Anatole France)

RESUMO

Silva, Henrique Luis da. Potencial alelopático da cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.). 2009. 105 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-graduação em Agronomia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2009.

O girassol é uma espécie conhecida por apresentar elevada produção de aleloquímicos, sendo fonte de sequiterpenóides e de outros compostos com atividade biológica conhecida. Quatro experimentos, em delineamento completamente casualizado e arranjos em fatorial, tiveram o objetivo principal de avaliar a capacidade alelopática da cultura do girassol. O primeiro experimento, em laboratório, utilizou a técnica de semeadura em substituição, para identificar espécies daninhas e cultivadas que pudessem ser utilizadas como alvo dos efeitos alelopáticos do girassol. O segundo experimento, também em laboratório, utilizando a mesma técnica, avaliou a capacidade diferencial de 23 genótipos de girassol em interferir no desenvolvimento de plântulas de *Bidens* spp. O terceiro experimento, em casa-de-vegetação, avaliou o potencial de supressão da germinação e crescimento de *Bidens* spp. através do uso de cinco níveis de palha de três genótipos de girassol sobre o solo. O quarto experimento, também em casa-de-vegetação, avaliou o efeito de cinco intervalos de permanência (60, 30, 15, 10 e 5 dias antes da semeadura) de dois níveis de palha (3.298 e 13.192 Kg.ha⁻¹) produzidos por três genótipos de girassol, sobre a germinação e crescimento de *Bidens* spp. Contou também com a testemunha sem palha sobre o solo. O primeiro experimento demonstrou que a técnica de semeadura em substituição é adequada para detectar efeitos estimulatórios ou inibitórios de girassol e identificou espécies alvo com potencial para testar efeitos alelopáticos. No segundo experimento, constatou-se grande variabilidade entre os 23 genótipos de girassol quanto à interferência sobre a germinação e o crescimento de *Bidens* spp. Através de média ponderada, classificou-se os genótipos Aguará 4 e AG 972 como sendo, respectivamente, o mais e menos inibitório para *Bidens* spp. O terceiro experimento constatou que o incremento dos níveis de palha de girassol na superfície do solo, independentemente do genótipo utilizado, até o nível de 13.192 Kg.ha⁻¹, provoca redução significativa no percentual de emergência e índice de velocidade de emergência *Bidens* spp.. O quarto experimento não identificou, para a maioria das variáveis, diferenças entre os três genótipos testados. Em geral, a combinação de período de deposição de 15 dias e 13.192 Kg.ha⁻¹ de palha foi responsável pelos maiores efeitos inibitórios sobre as plantas de *Bidens* spp. A análise dos níveis de nitrato e amônio no solo indicam que provavelmente a imobilização do N do solo não é a causa dos efeitos inibitórios da palha de girassol sobre *Bidens* spp.

Palavras-chave: *Helianthus annuus*, Alelopatia, Técnica de semeadura em substituição, Screening, Cobertura morta, Nitrogênio no solo.

ABSTRACT

Silva, Henrique Luis da. The Allelopathic Potential of The Sunflower Crop (*Helianthus annuus* L.). 2009. 105 pg. Dissertation (Masters Degree in Agronomy) – Agronomy Post-graduation Program. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2009.

The sunflower (*Helianthus annuus*) is a vegetal species of great commercial interest and it's known for presenting elevated allelochemical production, being itself a source of sesquiterpens and other compounds of recognized biological activity. This project proposes to evaluate the allelopathic effect of the sunflower culture. The first experiment evaluated, through the relay seeding technique, the allelopathic effect of the sunflower culture upon different species of both weed and cultivated plants. The second experiment sought to evaluate the differential capacity of 23 sunflower genotypes in the development of *Bidens* spp. plants, using the relay seeding technique. The third experiment carried out at a greenhouse evaluated the allelopathical potential of the mulching in different levels: 0, 1.649, 3.298, 6.596 e 13.192 Kg.ha⁻¹ of fodder upon the soil. The fourth experiment (3x5x2) made use of three sunflower genotypes, distributed in five time intervals of mulching upon the soil (60, 30, 15, 10 and 5 days before the seeding of the receptive species, *Bidens* spp., being two of the mulching levels upon the soil: 3.298 e 13.192 Kg.ha⁻¹. It has also counted with an untreated, soil that didn't receive any mulching. The first experiment, conducted in the laboratory, points out to the relay seeding technique, which uses sunflower plants as a donating species, as an adequate technique to detect stimulating or inhibitory effects. In the second experiment, it was seen a great variability as to the germination, root and shoot growth of the species *Bidens* spp., because of the allelopathical potential of 23 sunflower genotypes. Through a pondered average, it was identified the Aguará 4 genotype as being of the greatest allelopathical potential and the AG 972 genotype, as of smallest potential. In the third experiment, it was seen that the increasing of sunflower mulching on the soil surface, despite of the genotype used, until 13.192 Kg.ha⁻¹ provoked a significant reduction in the percentage of emergence, rate of emergence speed, length of the aerial part and root of the *Bidens* spp. plant. However, there have not been found any significant differences between sunflower genotypes for these standards. In the fourth experiment, using mulching residues, the data didn't allow us to determine the allelopathical differences between the three tested genotypes. Mostly, the combination of time intervals between 15 days and 13.192 Kg.ha⁻¹ of mulching was responsible for the greatest inhibitory effects upon the *Bidens* spp. plants. The analysis of nitrogen levels in the soil indicate that probably the immobilization of nitrogen is not the cause of inhibitory effects of sunflower straw upon *Bidens* spp.

Keywords: *Helianthus annuus*, Allelopathic, Relay Seeding Technique, Screening, Mulching, Nitrogen in the soil.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 4.1 – Percentual de emergência de plantas de picão-preto aos vinte e um dias após a semeadura, em função dos níveis de palha de girassol sobre o solo. UTFPR, campus Pato Branco, 2008.....55**
- Figura 4.2 – Índice de velocidade de emergência de plantas de picão-preto vinte e um dias após a semeadura, em função dos níveis de palha de girassol sobre o solo. UTFPR, campus Pato Branco, 2008.56**
- Figura 4.3 – Densidade de picão-preto, vinte e um dias após a semeadura, em função de níveis de palha de girassol depositados sobre o solo. UTFPR, campus Pato Branco, 2008.57**
- Figura 4.4 – Comprimento da parte aérea de plântulas de picão-preto, doze dias após a semeadura, em função de níveis de palha de girassol depositados sobre o solo. UTFPR, campus Pato Branco, 2008. ...58**
- Figura 4.5 – Comprimento da parte aérea de plântulas de picão-preto, vinte e um dias após a semeadura, em função de níveis de palha de girassol depositados sobre o solo. UTFPR, campus Pato Branco, 2008.....59**
- Figura 4.6 – Comprimento radicular de plântulas de picão-preto, vinte e um dias após a semeadura, em função de níveis de palha de girassol depositados sobre o solo. UTFPR, campus Pato Branco, 2008. ...60**
- Figura 4.7 – Massa seca da parte aérea, vinte e um dias após a semeadura, em função de níveis de palha de girassol depositados sobre o solo. UTFPR, campus Pato Branco, 2008.61**
- Figura 4.8 – Massa seca do sistema radicular de picão-preto, vinte e um dias após a semeadura, em função de níveis de palha de girassol depositados sobre o solo. UTFPR, campus Pato Branco, 2008. ...62**
- Figura 5.2 – Índice de velocidade de emergência (IVE) de plantas de *Bidens* spp. vinte e um dias após a semeadura, em função do intervalo de níveis e períodos de permanência da palha sobre o solo, em três genótipos de girassol. UTFPR, campus Pato Branco, 2008.....71**
- Figura 5.3 – Comprimento de parte aérea de plantas de *Bidens* spp., avaliado doze dias após a semeadura, em função dos níveis e períodos de**

| | | |
|--|---|----|
| | permanência da palha sobre o solo. UTFPR, campus Pato Branco, 2008..... | 72 |
| Figura 5.4 – Comprimento de parte aérea de plantas de <i>Bidens</i> spp., avaliado vinte e um dias após a semeadura, em função de níveis e períodos de permanência de palha sobre o solo. UTFPR, campus Pato Branco, 2008..... | | 73 |
| Figura 5.5 – Massa seca do sistema radicular de planta de <i>Bidens</i> spp., medido vinte dias após a semeadura, em função de níveis e períodos de permanência de palha na superfície do solo. UTFPR, campus Pato Branco, 2008..... | | 75 |
| Figura 5.6 – Massa seca da parte aérea de planta de <i>Bidens</i> spp., medido vinte dias após a semeadura, em função do período de permanência da palha na superfície do solo, em três genótipos de girassol. UTFPR, campus Pato Branco, 2008. | | 76 |
| Figura 5.7 – Porcentagem de decomposição da palha de girassol, em função de níveis e períodos de permanência de palha na superfície do solo . UTFPR, campus Pato Branco, 2008. | | 77 |
| Figura 5.8 – Concentração de amônio (mg.Kg ⁻¹ de solo), em função de períodos de permanência da palha sobre o solo. UTFPR, campus Pato Branco, 2008..... | | 79 |
| Figura 5.9 – Quantidade de nitrato no solo (mg.Kg ⁻¹ de solo), em função da época de colocação de palha. Pato Branco, 2008. | | 80 |
| Figura 5.10 – Concentração de nitrato no solo (mg.Kg ⁻¹), em função da época de colocação de palha. Pato Branco, 2008..... | | 81 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 2.1 - Interferência de plântulas de girassol, cultivar BRS 122, sobre a germinação de seis espécies alvo UTFPR, campus Pato Branco, 2008..... | 35 |
| Tabela 2.2 - Interferência de plântulas de girassol, cultivar BRS 122, sobre o comprimento do sistema radicular de seis espécies alvo. UTFPR, campus Pato Branco, 2008. | 35 |
| Tabela 2.3 - Interferência de plântulas de girassol, cultivar BRS 122, sobre o comprimento da parte aérea de seis espécies alvo. UTFPR, campus Pato Branco, 2008. | 36 |
| Tabela 3.1 – Genótipos de <i>H. annuus</i> , avaliados. UTFPR, campus Pato Branco, 2008..... | 43 |
| Tabela 3.1 - Germinação e inibição/estimulação da germinação de sementes de <i>Bidens</i> spp. por diferentes genótipos de <i>H. annuus</i> . UTFPR, campus Pato Branco, 2008. | 45 |
| Tabela 3.2 - Comprimento radicular e estímulo/inibição do comprimento radicular de <i>Bidens</i> spp. por diferentes genótipos de <i>H. annuus</i> . UTFPR, campus Pato Branco, 2008. | 46 |
| Tabela 3.3 – Comprimento da parte aérea e estímulo/inibição do comprimento da parte aérea de <i>Bidens</i> spp. por diferentes genótipos de <i>H. annuus</i> . UTFPR, campus Pato Branco, 2008..... | 47 |
| Tabela 3.4 – Estimulo/Inibição da germinação, sistema radicular e parte aérea de <i>Bidens</i> spp. e média ponderada dos estimulo/inibições, por diferentes genótipos de <i>H. annuus</i> UTFPR, campus Pato Branco, 2008..... | 48 |
| Tabela 4.1 – Resultados de análise de solo. UTFPR, campus Pato branco, 2008. | 54 |
| Tabela 5.1 – Comprimento radicular de plantas de <i>Bidens</i> spp. vinte e um dias após a semeadura, em função dos níveis de palha de girassol sobre o solo. UTFPR, campus Pato Branco, 2008. | 74 |

| | |
|---|-----------|
| Tabela 5.2 – Porcentagem de decomposição da palha de girassol sobre o solo, em função dos diferentes genótipos. UTFPR, campus Pato Branco, 2008..... | 78 |
| Tabela 5.3 – Concentração de NH_4^+ no solo, em função dos níveis de palha de girassol depositados na superfície. UTFPR, campus Pato Branco, 2008..... | 78 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 16 |
| 1.1 Alelopatia versus competição | 17 |
| 1.2 Manejo de plantas daninhas com auxílio da alelopatia..... | 18 |
| 1.3 Métodos de avaliação de alelopatia..... | 21 |
| 1.4 Importância do estudo de substâncias alelopáticas..... | 23 |
| 1.5 Perspectiva de uso de girassol no Brasil | 24 |
| 1.6 Potencial alelopático de girassol..... | 26 |
| 2. CAPÍTULO I - DETERMINAÇÃO DE ESPÉCIE ALVO ATRAVÉS DO MÉTODO DE SEMEADURA EM SUBSTITUIÇÃO | 30 |
| 2.1 INTRODUÇÃO..... | 30 |
| 2.2 MATERIAL E MÉTODOS | 33 |
| 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 34 |
| 2.4 CONCLUSÃO | 40 |
| 3. CAPÍTULO II - COMPARAÇÃO DE GENÓTIPOS DE GIRASSOL (<i>H. annuus</i> L.) QUANTO AO POTENCIAL ALELOPÁTICO | 41 |
| 3.1 INTRODUÇÃO..... | 41 |
| 3.2 MATERIAL E MÉTODOS | 42 |
| 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 44 |
| 3.4 CONCLUSÃO | 49 |
| 4. CAPÍTULO III - AVALIAÇÃO DO POTENCIAL SUPRESSIVO DA PALHA DE GIRASSOL | 51 |
| 4.1 INTRODUÇÃO..... | 51 |
| 4.2 MATERIAL E MÉTODOS | 53 |
| 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 55 |
| 4.4 CONCLUSÕES..... | 63 |
| 5. CAPÍTULO IV – DETERMINAÇÃO DO EFEITO RESIDUAL DA PALHA DE GIRASSOL | 65 |
| 5.1 INTODUÇÃO | 65 |
| 5.2 MATERIAL E MÉTODOS | 67 |
| 5.3 RESULTADOS | 69 |
| 5.4 CONCLUSÕES..... | 83 |
| REFERÊNCIAS | 85 |
| APÊNDICES | 95 |

1 INTRODUÇÃO GERAL

A interferência exercida por plantas daninhas constitui-se em fator responsável por reduções do rendimento de grãos em diversas culturas, nas mais diversas regiões do Brasil.

Por exemplo, na cultura da soja, Fleck *et al.* (2004) observaram que o grau de interferência negativa exercido por plantas daninhas dicotiledôneas depende da espécie daninha presente, da densidade populacional e principalmente da época de emergência das plantas daninhas em relação à cultura. Em arroz, Balbinoti Jr. *et al.* (2003) observaram uma grande variação entre genótipos de arroz com relação a suas habilidades competitivas, sendo que em estudo realizado com diferentes genótipos observou perdas de rendimento de 11,5% a 41,3%, decorrentes da interferência causada pela cultivar de arroz EEA 406, simuladora de arroz-vermelho.

O manejo de plantas daninhas envolve atividades que atingem as plantas de forma direta, como a eliminação das plantas daninhas pela ação mecânica ou manual, biológica e o uso de herbicidas, bem como manejos indiretos, que utilizam técnicas voltadas ao solo e as plantas do sistema (COBUCCI; DI STEFANO; KLUTHCOUSKI, 1999).

Dentre todas as práticas possíveis de serem utilizadas para o controle de espécies invasoras, o controle químico é a mais utilizada, principalmente por apresentar, se bem realizado, níveis elevados de controle, para as mais diversas culturas. Contudo, quando realizado de forma incorreta, o controle químico pode apresentar uma série de problemas, como injúrias às espécies cultivadas, resíduos de herbicidas no solo e na água, toxicidade a outras formas de organismos vivos, como plantas e animais e preocupações com a saúde humana (RADOSEVICH, HOLT, GHERSA, 1997).

Muitos fatores podem interferir no desenvolvimento de espécies vegetais em uma comunidade. As formas mais conhecidas de interação são competição e alelopatia, porém, existem outros tipos de interações que podem ocorrer, tais como o comensalismo, protocooperação, mutualismo, amensalismo e parasitismo (RADOSEVICH, HOLT, GHERSA, 1997).

A competição é a forma mais conhecida de interferência direta das plantas daninhas nas culturas agrícolas. Geralmente, a competição ocorre por nutrientes,

luz, água e espaço. A interferência também pode ocorrer através da liberação de aleloquímicos, que são compostos químicos que possuem efeito alelopático. Esses compostos são liberados para o ambiente e podem causar efeitos diretos em plantas vizinhas. De forma indireta as plantas daninhas podem interferir servindo como hospedeiras de pragas, moléstias, e plantas parasitas (PITELLI, 1987).

1.1 Alelopatia e competição

Competição é um tipo de interferência entre indivíduos muito comum em agroecossistemas, que pode ocorrer dentro da mesma espécie ou entre diferentes espécies de plantas. Ela se manifesta através da falta ou redução de água, luz e nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas (RICE, 1984).

Rice (1984) definiu alelopatia como, “qualquer efeito direto ou indireto, danoso ou benéfico que uma planta ou comunidade biológica exerce sobre outra através da produção de compostos químicos liberados no ambiente”. A alelopatia é um mecanismo de interação bioquímica, onde substâncias produzidas pelo metabolismo secundários das plantas, também denominadas de aleloquímicos, são liberadas ao ambiente através de exsudação radicular, lixiviação, volatilização e decomposição de resíduos. Em geral, qualquer espécie vegetal apresenta potencial para gerar efeitos alelopáticos.

Os aleloquímicos podem agir de forma direta, atuando no metabolismo da planta receptora, ou de forma indireta, causando alterações nas condições de solo ou na atividade microbiana do solo (FERREIRA & AQUILA, 2000). Esses compostos são encontrados em concentrações variadas, dependendo da parte da planta e da fase e ciclo de vida das mesmas. Os efeitos alelopáticos podem ser observados na germinação e no crescimento e desenvolvimento de plantas.

Apesar do grande número de estudos que vem sendo realizados, poucas são as informações sobre os mecanismos de ação responsáveis por esses efeitos em plantas. Segundo Rizvi e Rizvi (1992), os aleloquímicos podem afetar estruturas citológicas, permeabilidade de membranas, absorção de minerais, síntese de pigmentos e fotossíntese, respiração, síntese de proteínas, atividade enzimática,

além de ocasionar alterações genéticas que podem provocar alterações no DNA e RNA.

Essas substâncias podem ser produzidas em qualquer parte da planta. São exemplos de algumas substâncias com propriedades alelopáticas: 3-aldeído-4-metoxi-acetofenona, produzido em folhas de *Artemisia absinthium*; ácidoclorogênico, ácido iso-clorogênico e ácido sulfosalicílico, produzidos por *Digitalia sanguinalis* (PITELLI, 1987).

Cabe ressaltar que, a campo, é muito difícil diferenciar alelopatia de competição, pois, os dois fenômenos, em geral, ocorrem simultaneamente no ambiente. No entanto, enquanto a ausência de uma substância ou fator é que desencadeia o processo competitivo, a alelopatia é desencadeada pela presença de uma substância no meio (WEIDENHAMER, 1996).

1.2 Manejo de plantas daninhas com auxílio da alelopatia

A alelopatia pode ser utilizada de forma prática e efetiva, como ferramenta no manejo de diversas espécies de plantas invasoras. Muitas plantas produzem metabólitos secundários, aparentemente sem uma função fisiológica equivalente à dos metabólitos primários, porém, com função ecológica muito importante (ERASMO et al., 2004). Muitos desses metabólitos químicos que são produzidos, estocados e posteriormente liberados ao ambiente possuem finalidades específicas de defesa para as plantas que os produzem sendo que a quantidade produzida varia de espécie para espécie (SOUZA FILHO, 2006a).

Algumas substâncias químicas naturais têm servido como modelo para obtenção de novos herbicidas. Além disso, substâncias químicas com atividade alelopática comprovada podem ser concentradas e ter seu efeito alelopático potencializado em laboratório (SOUZA FILHO; BORGES; SANTOS, 2006). A busca por produtos químicos seletivos e que causem baixo impacto ambiental estimula a pesquisa com produtos naturais, sendo esses considerados uma alternativa para obtenção de novos compostos que venham atender as necessidades atuais e futuras da agricultura (MACÍAS et al. 1998).

Contudo, ressalta-se que, em comunidades de plantas, as inibições alelopáticas não são o resultado de um único agente químico, mas da ação de diferentes aleloquímicos. Sendo assim, pode-se considerar que a atividade biológica de uma mistura de aleloquímicos será determinada não apenas pela concentração dos aleloquímicos associados, mas também pelo resultado das diversas interações entre os mesmos (SOUZA FILHO, 2006b), que podem se expressar na forma de sinergismo, antagonismo ou aditividade.

Outra estratégia que pode vir a ser adotada para o controle de plantas invasoras é a utilização de espécies de cobertura morta. Geralmente, plantas utilizadas com essa finalidade provêm de espécies que apresentam características como alta produção de matéria seca, fator esse que auxilia na supressão de plantas daninhas em áreas cultivadas, seja por efeitos físicos, alelopáticos, ou pela interação entre ambos. Em áreas de intensa produção agrícola, freqüentemente são observadas alterações na população de plantas espontâneas, passando a predominar as espécies que melhor se adaptam a essas condições. Dessa forma, o uso de cobertura morta acaba sendo eficiente principalmente na prevenção da germinação e no retardo do crescimento inicial de espécies invasoras (PITELLI, 1987; FAVERO, 2001; SALVADOR, 2006). Souza Filho; Rodrigues; Rodrigues (1997) afirmam que algumas leguminosas utilizadas como cobertura apresentam efeito inibitório de plantas daninhas através de substâncias químicas liberadas no solo durante o processo de decomposição, reduzindo a sua germinação.

Avaliando o efeito da quantidade de palha de milho em cobertura no controle de plantas daninhas, Oliveira *et al.* (2001) observaram controle significativo para população de gramíneas e população total de plantas daninhas, contudo, não foi verificado efeito significativo dos níveis de palha sobre a população de folhas largas. Os autores estimaram um controle de aproximadamente 4,0% no total de invasoras, para cada tonelada de palha adicionada.

Objetivando determinar a influência alelopática das coberturas mortas de casca de café e casca de arroz, em lavoura de café sobre o controle de *Amaranthus viridis* L., Santos *et al.* (2001) observaram que ambas as coberturas mortas utilizadas nas entrelinhas propiciam inibição da germinação de *A. viridis*, sendo a cobertura com casca de arroz a que apresentou maior índice de inibição.

Em avaliação realizada com diferentes tipos de cobertura de solo na região do cerrado, para supressão de plantas invasoras, as culturas de sorgo, milho e

crotalária foram capazes de apresentar boa supressão das plantas invasoras, promovendo maior cobertura do solo e maior captação de luz pelo dossel (MESCHEDE; FERREIRA; RIBEIRO JR., 2007).

Dentre os processos físicos mais importantes determinantes do efeito gerado pelas coberturas mortas, estão reduções na passagem de radiação solar e na amplitude térmica na camada superficial do solo e também alterações na disponibilidade de água do solo, funcionando como uma barreira física, impedimento a emergência das plântulas (TEASDALE & MOHLER, 1993; VIDAL, 1995; CORREIA & DURIGAN, 2004). Além da interação alelopática, os efeitos químico-biológicos das coberturas mortas compreendem mudanças no pH e na dinâmica de nutrientes no solo (DA ROS & AITA, 1996; ARGENTA; SILVA; RIZZARDI, 1999).

A magnitude desses efeitos é aumentada, em geral, com o aumento dos níveis de palha na superfície do solo, o que resulta em redução progressiva da infestação de plantas daninhas (VIDAL, 1995; THEISEN; VIDAL; FLECK, 2000). Martins *et al.* (1999) observaram que a manutenção de cobertura de palha cana de açúcar acima de 2 toneladas por hectare por pelo menos 64 dias favoreceu o controle de *Sida rhombifolia*.

Reduções de 41% de infestação e de 74% de matéria seca total de plantas daninhas foram observadas por Vidal & Trezzi (2004), em área com predominância de *Brachiaria plantaginea* e *Sida rhombifolia*, comparando áreas cobertas com culturas de sorgo e milho à testemunha descoberta. A presença de palha de nabo forrageiro (*Raphanus sativus* var. *oleiferus*) na quantidade de 9 toneladas por hectare, proporcionou um controle de até 69% para papuã (*B. plantaginea*) e 72% para picão-preto (*Bidens pilosa*) e com 6 toneladas por hectare de palha, os níveis de controle foram de até 61% para papuã e 59% para picão-preto (RIZZARDI; SILVA; VARGAS, 2006). A presença de palha de sorgo e milho na superfície do solo pode reduzir a velocidade de emergência de *Euphorbia heterophylla*, auxiliando o controle químico dessa espécie, porém os níveis de palha necessários para suprimir totalmente a emergência da espécie daninha foram muito elevados (superior a 26 t.ha) e difíceis de serem obtidos em áreas destinadas à produção de grãos (TREZZI *et al.*, 2006).

O fotoblastismo é uma importante característica de sementes de espécies alvo a influenciar a sua resposta à ação da cobertura morta. A emergência de espécies fotoblásticas positivas é mais influenciada em geral pela presença de

cobertura morta na superfície do solo do que espécies fotoblásticas negativas ou neutras. Klein & Felipe (1991) identificaram a espécie *Bidens pilosa* como sendo fotoblástica positiva, no entanto os autores relatam que mesmo na ausência de luz verificou-se germinação de um bom número de sementes, sendo possível considerá-la fotoblástica preferencial.

1.3 Métodos de avaliação de alelopatia

Há diversos métodos que podem ser utilizados para auxiliar na identificação de atividade alelopática. Muitos testes para verificação de alelopatia em laboratório são baseados na obtenção de extratos de plantas. Dependendo do método de extração utilizado, pode ser obtido grande número de substâncias derivadas do metabolismo primário e secundário das plantas, como açúcares, aminoácidos, ácidos graxos, proteínas e substâncias alelopáticas (INDERJIT & DAKSHINI, 1995). Sintomas sobre plantas-alvo, causados por estes extratos, podem então ser identificados e as substâncias quantificadas.

Na obtenção de extratos podem ser empregadas diferentes substâncias como solventes, sendo a água um dos mais utilizados. Pires *et al.* (2001) trabalhando com extrato aquoso de leucena (*Leucaena leucocephala*) na avaliação de fitotoxicidade, observaram que as concentrações de 50 e 100 % do extrato reduziram o crescimento e deformaram o limbo foliar de plantas de picão-preto (*Bidens pilosa*) e caruru (*Amaranthus hybridus*). Mazzafera (2003), verificou que o extrato etanólico de cravo da Índia possui efeito alelopático, inibindo a germinação de sementes de várias plantas, sendo o tomateiro (*Solanum lycopersicum*) a espécie que apresentou a maior sensibilidade, tendo a germinação reduzida significativamente em todos os tratamentos. Os extratos brutos e partições obtidos a partir de *Myrcia guianensis* foram avaliados utilizando como plantas alvo *Mimosa pudica* (malícia) e *Senna obtusifolia* (mata-pasto), sendo que os extratos brutos a partir de acetato de etila e metanólico apresentaram maiores atividades alelopáticas sobre a germinação das sementes, principalmente da espécie malícia (SOUZA FILHO *et al.* 2006c).

Na seleção de espécies alvo para testes de alelopatia, é comum deparar-se com características favoráveis e desfavoráveis das espécies. Em teoria, a espécie mais adequada seria aquela que respondesse à presença de compostos alelopáticos no ambiente, de forma que se aproximasse da situação real de campo. No entanto, fatores como a presença de dormência ou de variabilidade genética intrínseca, apresentados freqüentemente em espécies daninhas, podem dificultar a obtenção de resultados precisos. Características importantes, como alta taxa de crescimento e homogeneidade genética, encontradas normalmente em espécies cultivadas, são importantes na definição de espécies alvo. A alta taxa de crescimento permite rápida visualização dos sintomas ocorridos e a homogeneidade genética padroniza as respostas obtidas e possibilita maior homoscedasticidade da variância na análise dos dados (NUNES, 2007).

Outro método utilizado para identificação de aleloquímicos é baseado na avaliação do efeito residual deixado pela palhada. Esse método baseia-se na deposição de cobertura morta sobre o solo durante um determinado período de tempo, após o qual a mesma é retirada, permitindo que as plantas daninhas se desenvolvam sem interferência física ocasionada pela palha. Martins *et al.* (1999), em experimento realizado com diferentes níveis de palha de cana-de-açúcar, concluíram que a cobertura com 15 toneladas por hectare de palha proporcionou a maior inibição à emergência de plântulas de *Sida rhombifolia* antes e após a remoção da palha, o que resultou no menor número total de plântulas emergidas, causada provavelmente por compostos alelopáticos liberados pela palha. Correia & Durigan (2004) observaram que, após a remoção da palha de cana-de-açúcar, em avaliações aos 30, 60 e 90 dias, não houve diferença significativa entre os tratamentos quanto ao número de plantas emergidas de *Brachiaria decumbens*, demonstrando assim seletividade diferencial entre espécies alvo.

A semeadura em substituição é outro método que vem sendo utilizado para a detecção e avaliação de efeitos alelopáticos, no entanto com poucas pesquisas desenvolvidas no Brasil. Esse método utiliza, em um primeiro momento, a semeadura da planta doadora com suspeita de atividade alelopática em placa de petri ou caixa gerbox, seguindo-se, alguns dias após, a semeadura de uma espécie alvo, que irá se desenvolver juntamente com plântulas da espécie doadora. O convívio entre as espécies permite avaliar o efeito de substâncias liberadas pela espécie doadora. Essa técnica foi utilizada por Olofsdotter *et al.* (1999), em

experimento realizado com diferentes genótipos de arroz (*Oryza sativa*), em que foram identificados aqueles com potencial alelopático superior sobre a germinação e desenvolvimento de plântulas de capim-arroz (*Echinochloa crusgalli*). He *et al.* (2004), através do método de semeadura em substituição, avaliaram 57 genótipos de arroz observando que cinco genótipos proporcionaram 50% de redução do comprimento de raiz de capim arroz (*Echinochloa crusgalli*), enquanto que outros seis genótipos proporcionaram redução inferior a 20%.

Outra técnica utilizada para determinação de alelopatia é o sistema stair-step, em que as plantas doadora e receptora são cultivadas em potes individuais em um sistema de escada. O substrato utilizado é areia e os nutrientes são fornecidos para um desenvolvimento ilimitado das plantas, permitindo coletar, isolar e identificar as substâncias liberadas pelas raízes com possível efeito alelopático (RADOSEVICH, HOLT, GHERSA, 1997).

O “método sanduíche” técnica relatada por Fujii *et al.* (2003), possibilita a realização de screening de laboratório para testar efeitos alelopáticos em uma grande quantidade de amostras. Essa técnica é realizada em bandejas plásticas multi-disco onde é colocada uma camada de ágar, uma quantidade do material com suspeita de produzir efeitos alelopáticos, e sobre esse material é depositado uma nova camada de ágar formando um “sanduíche”. Sobre essa segunda camada de ágar depositam-se sementes da espécie alvo. Através dessa técnica o autor avaliou o efeito alelopático de 239 espécies medicinais.

1.4 Importância do estudo de substâncias alelopáticas

Os compostos químicos que possuem efeito alelopático são chamados aleloquímicos e são produzidos pelo metabolismo secundário das plantas. Dos muitos compostos naturais provenientes de plantas, identificados a cada ano, poucos são realmente estudados e têm seus efeitos comprovados (FERREIRA & AQUILA, 2000).

A produção de aleloquímicos pode variar em qualidade e quantidade, de espécie para espécie, na quantidade do metabólito de um local de ocorrência ou ciclo de cultivo para outro, pois muitos deles têm sua produção influenciada por

fatores do ambiente que agem sobre as plantas desse local (FERREIRA & ÁQUILA, 2000).

Os avanços na química de produtos naturais, relativa há novos métodos de extração, isolamento, purificação e identificação, têm aumentado o conhecimento sobre compostos secundários, muitos potencialmente aleloquímicos. Eles variam em concentração, localização e composição, podendo ser liberados ao ambiente de diferentes formas, sendo que o tempo de permanência está diretamente relacionado às condições climáticas e biológicas da área (FERREIRA & AQUILA, 2000).

Os principais grupos de compostos alelopáticos identificados na atualidade são: ácidos graxos de cadeia longa e poliácetilenos; terpenóides e esteróides; sulfetos e glicosídeos; fenóis simples, ácido benzóico e derivados; ácidos orgânicos solúveis em água, álcoois de cadeia alifática, aldeídos e cetonas; ácidos cítrico, málico, acético e butírico; aminoácidos e polipeptídeos; alcalóides e cianoidrinas; ácido cinâmico e derivados; cumarinas; naftoquinonas, antraquinonas e quinonas complexas; flavonóides; taninos condensados e hidrolisáveis; lactonas insaturadas simples; purinas e nucleosídeos (REZENDE, 2003a).

Estudos sobre interações alelopáticas podem contribuir na busca por aleloquímicos, produzidos por plantas, e de derivados sintéticos que possam ser utilizados como herbicidas naturais, mais específicos e menos prejudiciais ao ambiente (MACÍAS *et al.* 1998). Muitas pesquisas já foram realizadas com girassol (*Helianthus annuus*), sendo conhecidos os compostos heliannuol A, B, C, D, E, F, G, H, I, J e K além de annuolides A, B, C, D, F e G e o helivipolide B. Dentre os compostos citados acima os heliannuóis possuem grande potencial para a síntese de novos modelos de herbicidas (MACÍAS *et al.*, 2003).

1.5 Perspectiva de uso de girassol no Brasil

O girassol cultivado na atualidade teria surgido a partir de girassóis silvestres, que passaram a ser cultivados e utilizados na alimentação por povos nativos da América do Norte. Na América do Sul, o girassol foi introduzido inicialmente na Argentina. No Brasil, a cultura teria sido trazida pelos primeiros

imigrantes europeus no século XIX, sendo o primeiro registro de cultivo comercial datado de 1902, em São Paulo (DALL'AGNOL; VIEIRA; CAMPOS LEITE, 2005).

O girassol é produzido em diversos estados do Brasil. Na safra 2007, a cultura de girassol ocupou uma área de 82.000 ha e uma produção de 122.000 t, sendo os estados do Mato grosso, Rio Grande do Sul e Goiás os maiores produtores nacionais (FAO, 2008; CONAB, 2008).

Na atualidade, iniciou-se uma nova fase, em que o direcionamento da cultura para produção de biocombustível está estimulando o cultivo da espécie em diversas regiões do Brasil. Com o girassol, é possível produzir diversos subprodutos que podem ser utilizados tanto para alimentação humana quanto na produção animal. O óleo bruto de girassol pode ser processado, transformando-se em biocombustível, produto esse direcionado à produção de energia. Além disso, o óleo bruto refinando produz óleo de cozinha, óleo para salada, margarina e gordura vegetal para alimentação humana. O girassol também pode ser matéria prima para produção de farinha direcionada ao consumo humano, ou ainda utilizada na forma de farelo e silagem, para produção animal. Por sua beleza, a planta de girassol é classificada como ornamental, possuindo cultivares adaptadas as utilizações em atividades paisagísticas e ornamentais (LAZZAROTO, ROESSING, MELLO, 2005).

A semente de girassol possui em média 24% de proteínas, 47% de matéria graxa, 20% de carboidratos totais e 4% de minerais. O óleo é rico em ácidos graxos insaturados, principalmente o linoléico, vital à saúde humana, pois é rico em ômega 6 e pertence ao grupo de ácidos essenciais, ou seja, não é sintetizado pelo organismo humano, tendo de ser obtido através da ingestão de alimentos que os contenham (MANDARINO, 2005).

A produtividade da cultura do girassol é determinada pelo número de capítulos por hectare que, por sua vez, estão condicionados ao número de plantas por unidade de área (REZENDE, *et al.*, 2003b). A competição gerada pelo desenvolvimento de plantas infestantes em áreas de cultivo de culturas comerciais influencia o desenvolvimento destas, reduzindo a produtividade das mesmas e a qualidade final do produto (TOKURA & NÓBREGA, 2006).

Nos dias atuais, cresce a preocupação com o ambiente e buscam-se alternativas para redução de poluentes, que em grande parte é causada pela liberação de gases oriundos da queima de combustíveis fósseis. Além disso, o valor do petróleo, principal fonte fóssil utilizada aumentou muito nas últimas décadas.

Esses fatores estimularam a busca por novas formas de produção de energia limpas e renováveis. Entre as culturas atualmente utilizadas como matéria prima para produção de biocombustível estão: girassol, soja, canola, dendê e mamona. O girassol possui como ponto forte o fato de produzir elevados teores de óleo, sendo esse de excelente qualidade, além disso, pode ser cultivado em épocas alternativas, em determinadas regiões, sem interferir na produção das culturas principais (GAZZONI, 2005).

O girassol caracteriza-se por apresentar maior resistência ao frio e ao calor se comparado a culturas tradicionalmente implantadas na primavera, como a soja e o milho. Além disso, é considerada uma espécie com relativa tolerância à deficiência hídrica (CASTRO & FARIAS, 2005), um dos motivos de sua expansão, na última década, em estados da região Centro-Oeste do Brasil. O uso do girassol na alimentação animal sob a forma de silagem tem surgido como boa alternativa para localidades que sofrem períodos de déficit hídrico (EVANGELISTA & LIMA, 2001).

Por pertencer à família Asteraceae, o girassol não é hospedeiro de muitas das moléstias que ocorrem nas culturas do milho e da soja. Dessa forma, pode ser implantado como primeira cultura (safra), em regiões mais frias, como no Sudoeste do Paraná e em regiões mais altas do Rio Grande do Sul, e como cultura de safra ou safrinha, em regiões mais quentes, como Oeste e Norte do Estado do Paraná.

1.6 Potencial alelopático de girassol

O girassol (*Helianthus annuus*) é uma espécie com alto interesse comercial e conhecida por apresentar elevada produção de aleloquímicos. O potencial alelopático da cultura do girassol em sistemas naturais e agrícolas foi estudado por Schon & Einhellig (1982), sendo observadas reduções significativas no crescimento de plantas de sorgo quando meio contendo extratos de girassol.

Estudos revelam que plantas de girassol podem interferir no desenvolvimento de plantas vizinhas, porém os mecanismos desses efeitos de alelopátia são pouco conhecidos (MACÍAS et al, 2003).

Vários trabalhos da literatura mundial documentam os efeitos de interferência provocados por plantas de girassol. O consórcio entre plantas de

girassol (*Helianthus annuus*) e feijão (*Phaseolus vulgaris*) reduziu em 38 e 22% a massa seca de plantas espontâneas, em relação, respectivamente, ao cultivo solteiro de feijoeiro e girassol (MACHADO, 1983, apud FÁVERO, 2001). A espécie *Helianthus rigidus* apresenta autotoxicidade e *H. annuus* apresenta grande potencial alelopático, inibindo o crescimento de espécies daninhas como *Abutilon theophrasti*, *Datura stramonium*, *Ipomoea* spp., *Brassica kaber*, *Setaria faberi*, entre outras (LEATHER, 1987). Reduções significativas da altura de planta e massa verde de sorgo e soja foram observados por Irons & Burnside (1982), quando da utilização de pó de folhas de girassol em cobertura sem incorporação.

Uma planta de girassol é capaz de produzir entre 3.400 e 7.030 kg.ha⁻¹ de matéria seca de palha, distribuídos entre colmo (22,5%), folhas (19,7%), capítulo (54,9%) (MELLO; NÖRNBERG; ROCHA, 2004; REZENDE *et al.*, 2003b). Considerando-se as diferentes partes das plantas, o caule e as raízes apresentam-se, em geral, mais lignificadas do que folhas e inflorescência, o que resulta em um processo de decomposição mais lento. Folhas e inflorescências apresentam uma relação carbono/nitrogênio mais estreita, o que implica em decomposição mais rápida destas partes das plantas de girassol. Segundo Rezende *et al.* (2003) as características agronômicas e o rendimento de forragem de girassol são influenciados pelo genótipo e época de corte, bem como pela interação desses fatores.

Avaliando a emergência de plantas daninhas quando da utilização de 6,9 t.ha⁻¹ de resíduo de girassol, incorporado e em cobertura, Morris & Parrish (1992), observaram que a emergência foi 58,6% menor que a testemunha quando a palha foi incorporada ao solo, no entanto não houve diferença entre a testemunha e o tratamento quando a palha permaneceu em cobertura. Isso ocorre, provavelmente, porque a manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo faz com que sejam degradados mais lentamente do que quando incorporados, devido ao menor contato com o solo, o que resulta em uma liberação mais lenta de substâncias alelopáticas (ALMEIDA, 1988). Dessa forma, quando os resíduos são mantidos na superfície do solo, espera-se que os efeitos manifestem-se em estádios de desenvolvimento mais avançado da cultura em sucessão; contudo, se os resíduos culturais são incorporados ao solo são esperados efeitos alelopáticos mais intensos no início do ciclo de desenvolvimento das plantas em sucessão (ROTH; SHROYER; PAULSEN, 2000).

O consórcio de aveia e ervilhaca apresentou atraso na decomposição dos resíduos culturais, em relação à ervilhaca solteira, sendo que a maior parte do nitrogênio foi liberada durante os primeiros quinze dias de decomposição dos resíduos culturais, além disso, a velocidade de decomposição e liberação de nitrogênio foi inversamente proporcional às relações carbono/nitrogênio e lignina/nitrogênio (AITA & GIACOMINI, 2003). A redução nos teores de nitrogênio do solo na presença da palha de aveia-preta é devida a sua alta relação carbono/nitrogênio (35,4), associada à elevada quantidade de palha (5,7 t.ha⁻¹), provocando imobilização do N do solo pela ação de microrganismos durante a decomposição dos resíduos, diminuindo a disponibilidade de N para as plantas cultivadas em sucessão, principalmente no início do desenvolvimento dessas (BORTOLINI *et al.*, 2001).

Sesquiterpenos isolados de *Helianthus annuus* foram capazes de inibir a germinação de *Lactuca sativa* em 50% e de *Allium cepa* em até 47%, nas concentrações ensaiadas, no entanto, estimulou em até 63% o comprimento do sistema radicular de cebola, em 47% de alface e em 30% o crescimento de parte aérea de cevada (*Hordeum vulgare*) (MÁCIAS *et al.*, 1998). Em outro estudo, frações polares isoladas de folhas de *Helianthus annuus* cv. *Peredovic*, denominadas heliannuols A e heliannuols D inibiram o crescimento de coleótilos de trigo em 33 e 23%, respectivamente (MACÍAS *et al.*, 2002).

A avaliação de diferentes concentrações de extratos aquosos de folhas de girassol sobre a germinação de diferentes espécies realizada por Ciarka; Gawronska; Gawronski (2004) revelou redução da germinação de mostarda e rabanete em 41% e 69%, respectivamente, na concentração mais alta, enquanto que trigo e pepino apresentaram inibições de 6 e 8%, respectivamente. Os mecanismos responsáveis por esses efeitos não são bem conhecidos, porém provavelmente ocorrem porque o girassol é fonte de sequiterpenóides e outros compostos com atividade biológica (MACÍAS *et al.*, 2003), que se apresentam em concentrações variáveis entre genótipos de girassol (LEATHER, 1983).

Variabilidade entre espécies alvo quanto ao efeito de extratos aquosos de girassol foi constatada por Ciarka; Gawronska; Gawronski (2004). Neste experimento, foram avaliadas concentrações de extratos de folha e colmo dessa espécie sobre a germinação de trigo (*Triticum aestivum* L.), centeio (*Secale cereale* L.), cevada (*Hordeum sativum* L.), aveia (*Avena sativa* L.), mostarda (*Sinapis alba*

L.), pepino (*Cucumis sativus* L.), tomate (*Lycopersicon esculentum* L.), alface (*Lactuca sativa* L.) e rabanete (*Raphanus sativa* L.) e constatou-se que cereais e pepino foram menos afetados pelos extratos aquosos de girassol do que alface, tomate e mostarda.

2. CAPÍTULO I - DETERMINAÇÃO DE ESPÉCIE ALVO ATRAVÉS DO MÉTODO DE SEMEADURA EM SUBSTITUIÇÃO

2.1 INTRODUÇÃO

Alelopatia é a capacidade das plantas de produzirem substâncias químicas que, quando liberadas no ambiente, influenciam de forma positiva ou negativa o desenvolvimento de outros organismos vivos (RICE, 1984). A comprovação de alelopatia pode ser feita utilizando uma adaptação do postulado de Koch, que consiste de várias etapas: a primeira etapa é a observação e descrição dos sintomas a campo; em seguida, é preciso tentar o isolamento da substância suspeita de provocar os sintomas, sendo essa acompanhada da caracterização e posterior síntese em laboratório da substância; na seqüência, é necessário repetir os sintomas observados a campo em condições controladas, de forma que seja possível afirmar que realmente é a substância suspeita que esteja provocando os sintomas, e não efeitos decorrentes do meio; por fim, é preciso realizar estudos para definir questões relevantes como formas de liberação, absorção e translocação da substância suspeita (FUERST & PUTNAM, 1983).

Apesar de estarem claras, as exigências para definição da alelopatia muitas vezes não são realizadas, principalmente devido ao alto investimento para realizar-se toda seqüência acima descritas. Contudo Pratley; Na; Haig (1999) caracterizaram a alelopatia de *Vulpia* spp., espécie daninha comum em pastagens australianas, utilizando um protocolo que aproximou-se muito das exigências do postulado de Koch, sendo capaz de indicar diferentes compostos responsáveis pelo efeitos alelopáticos e sua dinâmica no ambiente.

É possível que um aleloquímico liberado em grande quantidade em uma planta doadora apresente pequeno efeito sobre determinada planta alvo, pois a sua atuação depende de sua ação no ambiente e na planta. A produção e liberação de compostos alelopáticos pode variar em função da espécie, parte e estágio de desenvolvimento da planta doadora e de condições de ambiente (FERREIRA & ÁQUILA, 2000).

No ambiente, o aleloquímico pode sofrer processos de perda e degradação similares aos ocorridos com herbicidas. Esses compostos podem ser adsorvidos as frações mineral e orgânica do solo (DALTON; BLUM; WEED, 1989), degradados pela ação de microrganismos ou perdidos por lixiviação. Não há um consenso com relação a velocidade de decomposição dessas substâncias no ambiente uma vez que Waller; Feng; Fujii (1999), acreditam que substâncias do metabolismo primário seriam degradadas mais rapidamente que substâncias do metabolismo secundário. De fato, De Scisciolo; Leopold; Walton (1990), observaram que juglone, uma quinona extraída da noqueira (*Juglans nigra*), seria rapidamente degradada por microrganismos.

Os efeitos alelopáticos produzidos por plantas doadoras de aleloquímicos, em geral, são específicos para determinada espécie ou grupo de espécies alvo (Seal, Pratley, Haig, 2005; Ciarka; Gawronska; Gawronski, 2004; Prates et al., 2000). Isso ocorre porque o efeito de determinado aleloquímico para uma espécie é dependente de sua forma de absorção, translocação, metabolização e de seu mecanismo de ação na planta alvo.

Entre os vários métodos que podem ser utilizados para caracterizar efeitos alelopáticos, está a semeadura em substituição (OLOFSDOTTER *et al.*, 1999). Esse método utiliza, em um primeiro momento, a semeadura em laboratório da planta doadora, com suspeita de atividade alelopática, seguindo-se, alguns dias após, a semeadura de uma espécie alvo, que irá se desenvolver juntamente com plântulas da espécie doadora. O convívio entre as espécies permite avaliar o efeito de substâncias liberadas pela espécie doadora.

A espécie alvo utilizada para avaliar o potencial alelopático deve apresentar, idealmente, diversos atributos, entre os quais possuir alto índice de germinação em meio natural, disponibilidade de sementes, homogeneidade entre os indivíduos, além de alta sensibilidade à ação de diferentes compostos alelopáticos. Dessa forma, o uso de espécies daninhas acaba apresentando problemas, uma vez que esse material não passou por um processo de melhoramento e seleção, como o ocorrido em espécies comerciais. Por outro lado, o uso de espécies daninhas como espécies alvo podem reproduzir melhor as situações reais de campo, em áreas em que espécies cultivadas em estádios bastante precoces de desenvolvimento exercem interferência sobre espécies daninhas.

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma espécie de grande interesse comercial, conhecida por apresentar elevada produção de compostos do metabolismo secundário; muitos desses com possível efeito alelopático no desenvolvimento de outras espécies de plantas (Macías et al., 2003). A espécie pode ser utilizada para produção de grãos, esse sendo destinado a produção de óleo e derivados para o consumo humano, ou para produção de biocombustível. Além disso, por pertencer à família Asteraceae, o girassol não é hospedeiro de muitas das moléstias que ocorrem nas culturas do milho e da soja, podendo ser utilizado em sistemas de rotação de cultura.

Estudos revelam que plantas de girassol podem interferir no desenvolvimento de plantas vizinhas. Gawronska et al. (2004), testando diferentes concentrações de extratos aquosos de folhas de girassol sobre a germinação e o desenvolvimento de plântulas de trigo (*Triticum aestivum*) e mostarda (*Sinapis alba*) observaram que a germinação de sementes e o crescimento radicular de mostarda foi mais inibida que de trigo.

Em experimento realizado com seis espécies indicadoras foram observados que o extrato de girassol na concentração de 30 ppm foi capaz de inibir o crescimento radicular de tomate (*Lycopersicon esculentum*), capim colchão (*Digitaria ciliaris*) e capim arroz (*Echinochloa cruz galli*), porém nas duas últimas espécies em menor intensidade que para tomate (OHNO et al., 2001). Extratos de folhas de dois cultivares de girassol com concentração de 10% inibiram fortemente a germinação e o desenvolvimento de plântulas de mostarda (*Sinapis alba*) (BOGATEK et al., 2006). Ciarka; Gawronska; Gawronski (2004) avaliaram diferentes concentrações de extratos aquosos de girassol sobre a germinação de diferentes espécies e observaram que extratos de folhas reduziram a germinação de mostarda e rabanete em 41% e 69% respectivamente na concentração mais alta, enquanto que trigo e pepino apresentaram inibições de 6 e 8%, respectivamente. Os mecanismos responsáveis por esses efeitos não são bem conhecidos, porém provavelmente ocorrem porque o girassol é fonte de sequeiterpenóides e outros compostos com atividade biológica que possuem concentração variável entre os genótipos de girassol (MACÍAS et al., 2003; LEATHER, 1983).

Esse trabalho objetivou avaliar, através da técnica da semeadura em substituição, o efeito alelopático da cultura do girassol sobre diferentes espécies de plantas daninhas e cultivadas.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Sementes da UTFPR, *campus* Pato Branco, em delineamento experimental completamente casualizado, sendo iniciado em setembro de 2007, com quatro repetições, em esquema bifatorial, sendo o primeiro fator constituído por seis espécies alvo e o segundo fator representado pela presença ou não de plântulas de girassol.

Utilizou-se o método de semeadura em substituição, adaptado de Olofsdotter *et al.* (1999). Quatorze sementes da cultivar BRS 122 de girassol foram colocadas para germinar em cada caixas gerbox transparente, com capacidade para 250 mL. No fundo de cada caixa, foram colocadas duas camadas de papel filtro umedecido com 05 mL de água destilada e, acima desta camada, depositou-se 150 g de resíduo de basalto, quantidade essa suficiente para cobrir por completo as sementes de girassol. O resíduo de basalto foi obtido a partir de material bruto, peneirado e retido entre peneiras em um intervalo entre 4,85 e 2,0 mm, lavado e posteriormente deixado em uma solução com 20 L de água e 1 L de hipoclorito de sódio comercial por duas horas. Posteriormente, foi novamente lavado para retirar o excesso de hipoclorito de sódio.

As sementes das espécies corda-de-viola (*Ipomoea grandifolia*) e caruru (*Amaranthus hybridus*) utilizadas nos experimento foram adquiridas junto à empresa Agrocósmos Ltda. As espécies alface (*Lactuca sativa*, cultivar Aurélia), tomate (*Lycopersicon esculentum*, cultivar Santa Cruz), trigo (*Triticum aestivum*, cultivar BRS 208), foram adquiridas no comércio local de Pato Branco – PR. As sementes de picão-preto (*Bidens spp.*) foram coletadas em área de lavoura do município de Ponta Grossa - PR. As sementes de girassol foram adquiridas junto à EMBRAPA Soja (Londrina, PR). Para evitarem-se possíveis contaminações, as sementes foram desinfestadas em solução com 50% v/v de hipoclorito de sódio comercial, por 15 minutos e, posteriormente, foram submetidas a três lavagens em água destilada.

As sementes de girassol foram cultivadas nas caixas gerbox por sete dias, em câmara de crescimento, a 28 °C, sob fotoperíodo de 11 h, período após o qual foi efetuado o raleio, para uniformizar o número de plântulas em nove por caixa. Após esse período, sementes das espécies alvo picão-preto, corda-de-viola, caruru, alface, tomate e trigo foram introduzidas nas caixas gerbox, para germinar em

sistema de substituição, junto às plântulas de girassol, durante um período de sete dias. As caixas gerbox foram acondicionadas dentro de sacos plásticos para reduzir a perda de umidade, sendo que, posteriormente, com o desenvolvimento das plântulas de girassol nos primeiros sete dias, foram realizadas adições de água destilada com volumes variados por caixa gerbox para manutenção da umidade.

Ao final do período de sete dias de convívio entre as espécies, foi avaliado o número de sementes das espécies alvo germinadas, utilizando-se, como critério de germinação, a protrusão de pelo menos 2 mm da radícula. Além disso, foram avaliados, também, os comprimentos radicular e da parte aérea das plântulas alvo, considerando-se apenas as sementes germinadas.

Os resultados do experimento foram submetidos à análise da variância pelo teste F e, em caso de significância, foram comparadas as médias pelo teste de Scott-Knott, adotando-se o nível de significância de 5%.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação à germinação das espécies alvo, não houve significância do fator presença ou não de plantas de girassol nem para a interação espécies alvo x presença ou não de plantas de girassol. Porém, houve significância do fator principal espécie alvo.

Não houve diferenças estatísticas entre as porcentagens de germinação de quaisquer das espécies-alvo avaliadas, em função da presença ou não das plântulas de girassol cv. BRS 122 (Tabela 2.1).

Em geral, os percentuais de germinação das espécies daninhas foram mais baixos do que das cultivadas (Tabela 2.1). Estes resultados eram esperados, pela maior variabilidade genética das populações daninhas (Radosevich; Holt; Ghera, 1997) e também porque estas espécies apresentam de uma forma geral, maior dormência nas sementes, mesmo quando estas são coletadas em um mesmo local. Às vezes, a variação de níveis de dormência ocorre entre sementes pertencentes à mesma planta (TOLEDO et al., 1993). Em condições de laboratório, Olofsdotter et al. (1999) observaram reduções de até 63% do comprimento radicular de *E. cruz-galli*, em screening realizado com 25 genótipos de arroz.

Tabela 2.1 - Interferência de plântulas de girassol, cultivar BRS 122, sobre a germinação de seis espécies alvo UTFPR, campus Pato Branco, 2008.

| Espécie alvo | Germinação (%) | | | Inibição/Estimulação ¹ (%) ¹ |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------|---|
| | Médias da espécie ² | Sem girassol | Com girassol | |
| <i>Bidens spp.</i> | 33,1 B | 41,3 ^{ns} | 25 | -39,4 |
| <i>Amaranthus hybridus</i> | 55,6 B | 61,3 ^{ns} | 50 | -18,4 |
| <i>Ipomoea grandifolia</i> | 38,1 B | 36,3 ^{ns} | 40 | + 10,3 |
| <i>Lactuca sativa</i> | 83,7 A | 91,3 ^{ns} | 76,3 | -16,4 |
| <i>Lycopersicon esculentum</i> | 70,0 A | 66,3 ^{ns} | 73,8 | +11,3 |
| <i>Triticum aestivum</i> | 76,2 A | 77,5 ^{ns} | 75 | -3,2 |
| ³ C.V. | | | 24,2 | |

n.s = Médias na linha não diferem significativamente pelo teste F.

¹ Calculada em relação à testemunha sem girassol. Sinal positivo significa promoção e sinal negativo inibição da germinação da espécie alvo pelo girassol.

² Médias com mesma letra maiúscula na coluna indicam ausência de diferenças significativas pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância

³ C.V. = coeficiente de variação.

A presença de plântulas de girassol cv. BRS 122 resultou em efeito inibitório, estimulatório ou neutro sobre o comprimento de raízes, dependendo da espécie alvo avaliada (Tabela 2.2).

Tabela 2.2 - Interferência de plântulas de girassol, cultivar BRS 122, sobre o comprimento do sistema radicular de seis espécies alvo. UTFPR, campus Pato Branco, 2008.

| Espécie | Comprimento da raiz (cm) | | Inibição/estimulação ³ (%) |
|--------------------------------|-----------------------------------|--------------|---------------------------------------|
| | Sem girassol | Com girassol | |
| <i>Bidens pilosa</i> | 1,5 a ¹ B ² | 2,0 aB | + 37,7 |
| <i>Amaranthus hybridus</i> | 0,8 aC | 0,8 aC | - 6,50 |
| <i>Ipomoea grandifolia</i> | 2,0 aB | 2,3 aB | + 19,4 |
| <i>Lactuca sativa</i> | 1,5 aB | 2,0 aB | + 31,3 |
| <i>Lycopersicon esculentum</i> | 1,0 bC | 2,4 aB | + 146,9 |
| <i>Triticum aestivum</i> | 9,3 aA | 7,2 bA | - 21,9 |
| ⁴ C.V. | | 20,3 | |

¹ Médias com mesma letra minúscula na linha indicam ausência de diferenças significativas entre tratamento sem e com girassol pelo teste de Tukey a 5% de significância.

² Médias com mesma letra maiúscula na coluna indicam ausência de diferença significativa entre as espécies, pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

³ Calculada em relação à testemunha sem girassol. Sinal positivo significa promoção e sinal negativo inibição da germinação pelo girassol.

⁴ C. V. = coeficiente de variação.

O convívio com girassol não resultou em modificação nos comprimentos das raízes de picão-preto, caruru, corda-de-viola e alface, em relação à testemunha sem girassol, demonstrando a inexistência de efeito estimulatório ou inibitório ao desenvolvimento deste órgão nessas espécies (Tabela 2.2).

O convívio com girassol estimulou o crescimento radicular das plântulas de tomate em 147% e inibiu o crescimento radicular das de trigo em 22% (Tabela 2.2).

Já, os efeitos de girassol sobre o crescimento das manifestações epígeas das espécies avaliadas foram inibitórios ou neutros (Tabela 2.3). A comparação dos tratamentos com e sem a presença de girassol demonstrou que os comprimentos das partes aéreas de caruru, alface e tomate não foram inibidos ou estimulados pela presença de plântulas de girassol. No entanto, o girassol apresentou efeito inibitório sobre o crescimento epígeo das plântulas de picão-preto, trigo e corda-de-viola, correspondentes a, respectivamente, 42%, 47% e 28%, em relação aos tratamentos sem a presença dessa espécie (Tabela 2.3).

Tabela 2.3 - Interferência de plântulas de girassol, cultivar BRS 122, sobre o comprimento da parte aérea de seis espécies alvo. UTFPR, campus Pato Branco, 2008.

| Espécie | Comprimento da parte aérea (cm) | | Inibição/estimulação ³ (%) |
|--------------------------------|---------------------------------|--------------|---------------------------------------|
| | Sem girassol | Com girassol | |
| <i>Bidens pilosa</i> | 4,0 aC | 2,3 bC | - 42,4 |
| <i>Amaranthus hybridus</i> | 1,0 aC | 1,3 aC | +30,3 |
| <i>Ipomoea grandifolia</i> | 6,4 aB | 4,6 bB | - 28,1 |
| <i>Lactuca sativa</i> | 3,5 aC | 2,1 aC | - 38,1 |
| <i>Lycopersicon esculentum</i> | 2,7 aC | 2,9 aC | +9,7 |
| <i>Triticum aestivum</i> | 13,4 aA | 7,1 bA | - 47,2 |
| ⁴ C.V. | 23,4 | | |

¹ Médias com mesma letra minúscula na linha indicam ausência de diferenças significativas entre tratamento sem e com girassol pelo teste de Tukey a 5% de significância.

² Médias com mesma letra maiúscula na coluna indicam ausência de diferença significativa entre as espécies pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

³ Calculada em relação à testemunha sem girassol. Sinal positivo significa promoção e sinal negativo inibição da germinação pelo girassol.

⁴C. V. = coeficiente de variação.

Os dados do presente experimento concordam, em parte, com os obtidos por Borges et al. (2007), que compararam os efeitos promovidos por surinamensina e virolina, substâncias isoladas de *Virola surinamensis*, sobre a germinação de sementes, desenvolvimento radicular e do hipocótilo de *Mimosa pudica*, *Senna occidentalis* e *Senna obtusifolia*. Eles constataram que, independentemente da substância, o desenvolvimento da radícula e o desenvolvimento do hipocótilo foram mais inibidos do que a germinação das sementes. Os autores observaram reduções na germinação das sementes de *M. pudica*, *S. occidentalis* e *S. obtusifolia*, (31, 26 e 4% respectivamente), quando submetidas à concentração mais alta de surinamensina.

Inibição diferencial em órgãos de plantas alvo também foi demonstrada por Prates et al. (2000), em que extratos de leucena (*Leucena leucocephala*) não inibiram a germinação e o surgimento de raízes secundárias de milho, contudo, afetaram o comprimento e a biomassa seca da parte aérea, das raízes e total das plântulas de milho.

Sementes de *Veronica persica* foram germinadas junto com sementes de girassol por um período de 5 dias a 25°C no escuro, a fim de avaliar o possível efeito de exudados de girassol e foi detectada redução superior a 50% no comprimento de raiz e de parte aérea em plântulas de *V. persica* (OHNO et al. 2001).

A técnica de semeadura em substituição, utilizando plântulas de girassol como espécie doadora, é adequada para detectar efeitos estimulatórios ou inibitórios em laboratório. Esses efeitos dependem da espécie alvo considerada. Maiores efeitos inibitórios de girassol foram verificados sobre o crescimento da radícula e parte aérea do trigo. O maior efeito estimulatório foi encontrado sobre o crescimento do sistema radicular do tomate. Dentre as espécies receptoras avaliadas, a única em que as plântulas de girassol inibiram tanto o sistema radicular quanto a parte aérea foi o trigo. Dentre as espécies daninhas, apenas o picão-preto e a corda-de-viola tiveram seu crescimento modificado (inibido) pela presença de girassol e, portanto, poderiam ser utilizadas como espécie daninha alvo em ensaios que adotem a técnica da semeadura de substituição, para avaliar o potencial alelopático de girassol.

Variabilidade entre espécies alvo quanto ao efeito de extratos aquosos de girassol foi constatada por Ciarka; Gawronska; Gawronski (2004). Neste experimento, foram avaliadas concentrações de extratos de folha e colmo sobre a germinação de trigo (*Triticum aestivum*), centeio (*Secale cereale* L.), cevada (*Hordeum sativum* L.), aveia (*Avena sativa*), mostarda (*Sinapis alba* L.), pepino (*Cucumis sativus* L.), tomate (*Lycopersicon esculentum*), alface (*Lactuca sativa*) e rabanete (*Raphanus sativa* L.) e constatou-se que cereais e pepino foram menos afetados pelos extratos aquosos de girassol que alface, tomate e mostarda.

Esse efeito diferencial sobre espécies alvo por vezes é resultante da utilização de outras espécies doadoras cultivadas. Seal, Pratley, Haig (2005) determinaram o efeito de 27 cultivares de arroz sobre cinco espécies daninhas da família *Alismataceae*, sendo constatando alta variabilidade em relação à inibição do comprimento de raiz. Os autores apresentam uma média global, que representa a

média de controle das cinco espécies testadas, e aponta uma variabilidade de 27,5% a 92,5% de controle, ocasionados pelas cultivares de arroz que apresentaram, respectivamente, o menor e a maior média de controle. Extratos preparados a partir da parte aérea do calopogônio (*Calopogonium mucunoides*) inibiram a na germinação das sementes da espécie *Mimosa pudica* e *Senna occidentalis* de 90,5% e 78,9% respectivamente (SOUZA Filho; ALVES; FIGUEIREDO, 2003).

O convívio entre espécies em uma área pode gerar efeitos estimulatórios, inibitórios ou neutros, constatados acima. Essa interferência pode ser gerada por fenômenos como a alelopatia, competição, mutualismo, comensalismo, protocooperação ou parasitismo (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 1997). Estes autores indicaram o termo interferência, como sendo o mais apropriado para explicar as diferentes relações existentes entre as espécies.

No caso específico da técnica da semeadura em substituição com girassol, é bastante provável que os efeitos gerados sejam devidos à liberação de aleloquímicos pelas plantas. Isso ocorre porque o período de duração do experimentos de semeadura em substituição em geral é curto (apenas 7 dias de desenvolvimento das plantas alvo) e nos estádios iniciais de desenvolvimento (estádio de plântula), estas dependem prioritariamente das reservas de suas sementes para se desenvolverem. Assim, a competição por água, nutrientes e radiação é pouco intensa nesta fase, comparativamente as plantas mais desenvolvidas. No entanto, modificações no desenvolvimento de plântulas em estádios iniciais de desenvolvimento, resultantes da presença de outras plântulas, podem ocorrer devido a mudanças na qualidade da radiação (relação vermelho:vermelho distante) (SCOPEL, BALLARE, SANCHEZ, 1991).

Na seleção de espécies alvo para testes de alelopatia é comum deparar-se com características favoráveis e desfavoráveis das espécies. Em teoria, a espécie mais adequada seria aquela que respondesse à presença de compostos alelopáticos no ambiente, de forma que se aproximasse da situação real de campo. No entanto, fatores como a presença de dormência ou de variabilidade genética intrínseca, apresentados freqüentemente em espécies daninhas, podem dificultar a obtenção de resultados precisos. Características importantes, como alta taxa de crescimento e homogeneidade genética, encontradas normalmente em espécies cultivadas, são importantes na definição de espécies alvo. A alta taxa de

crescimento permite rápida visualização dos sintomas ocorridos e a homogeneidade genética padroniza as respostas obtidas e possibilita maior homoscedasticidade da variância na análise dos dados (NUNES, 2007). No presente experimento, isso pode ter contribuído para que, principalmente nas espécies cultivadas, terem ocorrido diferenças entre os tratamentos com e sem a presença de girassol, quanto às variáveis analisadas (Tabelas 2.2 e 2.3).

A variabilidade de resposta sobre as espécies alvo pode ser atribuída à sensibilidade diferencial das espécies, mas também à técnica utilizada para avaliar alelopatia. Os experimentos conduzidos pela técnica de semeadura de substituição apresentam a vantagem de simular a interferência entre plantas em estádios iniciais de desenvolvimento, momento em que o processo alelopático poderá ser determinante ao estabelecimento das plântulas, enquanto os ensaios com extratos são mais utilizados para determinar a liberação de compostos alelopáticos em momentos posteriores, em que as plantas doadoras estão mais desenvolvidas ou mesmo em processo de decomposição. Uma crítica que se pode fazer para ambas as metodologias é que através delas não se conhece as concentrações das substâncias liberadas no meio. No entanto, a técnica da semeadura em substituição simula com maior aproximação a situação das plantas a campo.

As plantas liberam no ambiente diversos compostos do metabolismo secundário (EINHELLIG, 1996). Os efeitos observados pela utilização da semeadura em substituição, resultantes do convívio entre plântulas, provavelmente sejam devidos à liberação de compostos alelopáticos, alguns com maior e outros com menor atividade sobre espécies alvo. Macías et al. (1998) observaram que compostos isolados de girassol foram capazes de inibir em 50% a germinação de alface e em 47% de cebola (*Allium cepa*). No entanto, estimularam em até 63% o comprimento do sistema radicular de cebola, em 47% de alface e em 30% o crescimento de parte aérea de cevada (*Hordeum vulgare*).

Para que substâncias alelopáticas exerçam ação sobre as plantas alvo, diferentes etapas devem ser cumpridas. Os compostos devem ser liberados das plantas doadoras em taxas adequadas, apresentarem-se em concentrações suficientes, serem absorvidos e translocados e agir sobre algum mecanismo bioquímico relevante, para resultar em inibição comprometedor a planta. O fato dos mecanismos de absorção, translocação, metabolização e do local de ação variarem entre as espécies receptoras, explica as diferenças de seletividade entre as

espécies testadas no presente experimento. Essas diferenças, aliadas as diferenças anatômico-fisiológicas dos tecidos das plantas, podem explicar a existência de respostas diferenciadas entre o sistema radicular e a parte aérea de algumas espécies testadas.

2.4 CONCLUSÕES

A técnica de semeadura em substituição, utilizando plântulas de girassol como espécie doadora, é adequada para detectar efeitos estimulatórios ou inibitórios.

Esses efeitos dependem da espécie alvo considerada.

Não houve diferenças estatísticas entre as porcentagens de germinação de quaisquer das espécies-alvo avaliadas, em função da presença ou não das plântulas de girassol cv. BRS 122.

A presença de plântulas de girassol cv. BRS 122 não alterou o comprimento das raízes de picão-preto, caruru, corda-de-viola e alface, em relação à testemunha sem girassol. Contudo, estimulou o crescimento radicular das plântulas de tomate em 147% e inibiu o crescimento radicular das de trigo em 22%.

A comparação dos tratamentos com e sem a presença de girassol demonstrou que os comprimentos das partes aéreas de caruru e tomate não foram inibidos ou estimulados pela presença de plântulas de girassol. No entanto, o girassol apresentou efeito inibitório sobre o crescimento epígeo das plântulas de picão-preto, trigo e corda-de-viola, correspondentes a, respectivamente, 42%, 47% e 28%, em relação aos tratamentos sem a presença dessa espécie.

3. CAPÍTULO II - COMPARAÇÃO DE GENÓTIPOS DE GIRASSOL (*H. annuus* L.) QUANTO AO POTENCIAL ALELOPÁTICO

3.1 INTRODUÇÃO

A alelopatia pode ser definida como um processo pelo qual produtos do metabolismo secundário de uma determinada espécie vegetal são liberados, inibindo ou estimulando a germinação e o desenvolvimento de outras plantas relativamente próximas (RICE, 1984). Inúmeras substâncias aleloquímicas já foram isoladas e identificadas, tendo sido avaliados seus efeitos na germinação, crescimento, além de alterações metabólicas produzidas (RIZVI; RIZVI, 1992).

Estudos sobre interações alelopáticas podem contribuir na busca de aleloquímicos naturais, produzidos por plantas, e de derivados sintéticos que possam ser utilizados como herbicidas naturais, mais específicos e menos prejudiciais ao ambiente, atendendo assim às necessidades atuais e futuras da agricultura (MACÍAS *et al.* 1998).

A habilidade de genótipos de espécies cultivadas em produzir efeitos inibitórios distintos entre si é conhecida há muito tempo. Dessa forma, estudos através de “screening” possibilitam selecionar genótipos capazes de exercer efeitos mais amplos, especialmente com relação à produção de possíveis efeitos alelopáticos em plantas vizinhas.

Trabalhos como os realizados por Seal; Pratley; Haig (2005) avaliando a interferência causada por cultivares de arroz sobre espécies de daninhas e He *et al* (2004), avaliando genótipos de arroz sobre o desenvolvimento de capim-arroz (*Echinochloa crus-galli*), comprovam essa alta variabilidade entre genótipos de uma mesma espécie. A técnica de semeadura em substituição foi utilizada por Olofsdotter *et al.* (1999), em experimento realizado com 25 diferentes genótipos de arroz (*Oryza sativa*), em que foram identificados aqueles com potencial alelopático superior sobre a germinação e desenvolvimento de plântulas de capim-arroz.

Objetivando avaliar possíveis efeitos alelopáticos de pepino sobre duas espécies daninhas, Putnam & Duke (1974) realizaram um screening com 526

genótipos de pepinos, sendo observada uma variação de 4 a 125% no comprimento radicular de plantas de *Brassica hirta*, e de 7 a 126% para *Panicum mileacium*.

Através do uso do método sanduíche Fujii et al. (2003) avaliaram 239 espécies de plantas medicinais e observaram que 223 apresentavam algum efeito alelopático e 19 dessas foram capazes de ocasionar redução superior a 80% enquanto outras 16 espécies apresentaram reduções de 60 a 79% no crescimento radicular de alface.

Há casos de espécies em que uma substância do metabolismo secundário representa grande parte do total de metabólitos secundários liberados pelas plantas, como a quinona sorgoleone, sintetizada pelas raízes de diversos tipos de sorgo (NIMBAL et al., 1996). Vários experimentos publicados realizaram o “screening” de genótipos considerando a capacidade de extração de sorgoleone das raízes com solventes, principalmente o diclorometano (TREZZI et al., 2005). Com o objetivo de determinar a capacidade de produção de extratos radiculares totais, inclusive de sorgoleone, em 41 genótipos de sorgo Trezzi et al. (2005) agruparam os materiais em cinco categorias, sendo que genótipo AG 3001 apresentou a maior produção de extratos hidrofóbicos.

Esse trabalho objetivou avaliar a capacidade diferencial de genótipos de girassol em suprimir a germinação e o desenvolvimento de plântulas de picão-preto (*Bidens spp.*).

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em outubro de 2007 sendo composto por 24 tratamentos, representados por 23 genótipos de girassol e por uma testemunha sem girassol, no delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Utilizou-se o método de semeadura em substituição, adaptado de Olofsdotter *et al.* (1999). Quatorze sementes da cultivar BRS 122 de girassol foram colocadas para germinar em cada caixa gerbox transparente, com capacidade para 250 mL. No fundo de cada caixa, foram colocadas duas camadas de papel filtro umedecido com 5 mL de água destilada e, acima desta camada, depositou-se 150 g de resíduo de basalto, quantidade essa suficiente para cobrir por completo as sementes de girassol, obtido

a partir de material bruto, peneirado e retido entre peneiras em um intervalo entre 4,85 e 2,0 mm. O resíduo de basalto foi lavado sobre peneira e posteriormente deixado em uma solução com 20 L de água e 1 L de hipoclorito de sódio comercial por duas horas. Posteriormente, foi novamente lavado para retirar o excesso de hipoclorito de sódio.

As sementes de girassol foram adquiridas junto às seguintes instituições: EMBRAPA Soja (Londrina, PR), CEAPAR - Cerrado Sementes (Rio Verde, GO) e Atlântida Sementes (Rio Verde, GO), (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 – Genótipos de *H. annuus*, avaliados. UTFPR, campus Pato Branco, 2008.

| <i>Cultivar</i> | Marca comercial | Entidade fornecedora | Indicação de cultivo | Tipo de Híbrido ou Variedade | Teor de óleo (%) | Altura (cm) |
|--------------------|-----------------|----------------------|--|------------------------------|------------------|-------------|
| AGROBEL 930 | SEMINIUM | CEAPAR | Todo o Brasil | Simples | 46 - 47 | 180 |
| AGROBEL 962 | SEMINIUM | CEAPAR | Todo o Brasil | Triplo | 43 – 50 | 160 |
| AGROBEL 967 | SEMINIUM | CEAPAR | Todo o Brasil | Simples | 45 - 55 | 175 |
| AGROBEL 972 | SEMINIUM | CEAPAR | Todo o Brasil | Triplo | 43 - 52 | 175 |
| Hélio 251 | HELIANTHUS | EMBRAPA | Todo o Brasil | Simples | 40 - 44 | 170 - 210 |
| Hélio 252 | HELIANTHUS | EMBRAPA | SI | Simples | SI | SI |
| Hélio 358 | HELIANTHUS | EMBRAPA | Todo o Brasil | Simples | 44 - 55 | 155 - 175 |
| Hélio 360 | HELIANTHUS | EMBRAPA | Todo o Brasil | Triplo | 43 -47 | 180 - 220 |
| Nutrissol | CATI | EMBRAPA | SI | Variedade | SI | 190 |
| Multissol | CATI | EMBRAPA | SI | Variedade | SI | 180 |
| Aguará 04 | ADVANTA | ATLÂNTIDA | SI | Simples | SI | 150 - 180 |
| MG 50 | DOW | EMBRAPA | SI | SI | SI | SI |
| Paraíso 20 | NIDERA | EMBRAPA | SI | Simples | 47 | 170 - 180 |
| ACA 864 DM | ACA | EMBRAPA | SI | Simples | SI | SI |
| HLA AC 4861 | SI | SI | SI | SI | SI | SI |
| V 80198 | SI | SI | SI | SI | SI | SI |
| V 30005 | ADVANTA | EMBRAPA | SI | Simples | SI | SI |
| BRS 122 | EMBRAPA | EMBRAPA | RS, PR, SP, GO, MT, MS, MG, TO, PI e DF. | Variedade | 40 - 44 | 155 |
| HLE 05 | SI | EMBRAPA | SI | SI | SI | SI |
| HLE 04 | SI | EMBRAPA | SI | SI | SI | SI |
| HLE 03 | SI | EMBRAPA | SI | SI | SI | SI |
| HLE 07 | SI | EMBRAPA | SI | SI | SI | SI |
| BRHS 05 | SI | EMBRAPA | SI | SI | SI | SI |

SI = Sem informações.

As sementes de picão-preto (*Bidens spp.*) foram coletadas em área de lavoura do município de Ponta Grossa - PR. Para evitarem-se possíveis contaminações, as sementes foram desinfestadas em solução com 50% v/v de hipoclorito de sódio comercial, por 15 min e, posteriormente, foram submetidas a três lavagens em água destilada.

As sementes de girassol foram cultivadas nas caixas gerbox por sete dias, em câmara de crescimento, a 28 °C, sob fotoperíodo de 11 h, período após o qual foi efetuado o raleio, para uniformizar o número de plântulas em nove por caixa. Após esse período, sementes da espécie alvo picão-preto, foram introduzidas nas caixas gerbox, para germinar em sistema de substituição, junto às plântulas de girassol, por um período de sete dias. As caixas gerbox foram acondicionadas dentro de sacos plásticos para reduzir a perda de umidade, sendo adicionado água conforme a necessidade; posteriormente, nos últimos sete dias do experimento realizaram-se duas adições de 10 mL de água destilada por caixa gerbox para manutenção da umidade.

Ao final do período de sete dias de convívio entre as espécies, foi avaliado o número de sementes da espécie alvo germinadas, utilizando-se, como critério de germinação, a protrusão de pelo menos 2 mm da radícula. Além disso, foram avaliados, também, o comprimento radicular e da parte aérea das plântulas de *Bidens spp.*, considerando-se apenas as sementes germinadas. Atribuiu-se pesos diferenciados às variáveis avaliadas para calcular-se a média ponderada referente ao potencial alelopático de cada genótipo, conforme segue: germinação (peso 4), sistema radicular (peso 2,5) e parte aérea (peso 3,5).

Os resultados do experimento foram submetidos à análise da variância pelo teste F e, em caso de significância procederam-se as comparações de médias pelo teste Scott & Knott ao nível de 5% de significância.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados demonstram que os genótipos de girassol influenciaram distintamente as respostas de germinação, comprimento radicular e da parte aérea de plantas de picão-preto (Tabelas 3.1, 3.2 e 3.3).

Os genótipos V 80198 e MG 50 proporcionaram os maiores índices de germinação de picão-preto (80%), sendo que esse valor foi 60% maior que a média da germinação da testemunha sem girassol (Tabela 3.1). No entanto, os efeitos desses genótipos sobre a germinação da espécie alvo não diferiram dos de AG 930, Hélio 358, BRS 122, Hélio 251, Multissol, AG 962 e AG 972. A comparação estatística da germinação de sementes de picão-preto na presença dos genótipos de girassol, com a testemunha sem a presença de girassol, demonstra que nenhum genótipo inibiu a germinação. O genótipo Aguará 04 apresentou, numericamente, a maior inibição percentual da germinação das sementes de picão-preto (-10%), quando comparado à testemunha (Tabela 3.1), mas não diferiu significativamente de

Tabela 3.1 - Germinação e inibição/estimulação da germinação de sementes de *Bidens* spp. por diferentes genótipos de *H. annuus*. UTFPR, campus Pato Branco, 2008.

| <i>Cultivar</i> | Germinação (%) | Inibição/estimulação da germinação ² (%) |
|-----------------|-------------------|---|
| MG 50 | 80 a ¹ | 60 |
| V 80198 | 80 a | 60 |
| Hélio 358 | 73 a | 46 |
| AG 972 | 72 a | 44 |
| BRS 122 | 72 a | 44 |
| AG 962 | 69 a | 38 |
| Hélio 251 | 68 a | 36 |
| Multissol | 68 a | 36 |
| AG 930 | 66 a | 32 |
| Nutrissol | 63 b | 26 |
| Hélio 360 | 62 b | 24 |
| HLE 05 | 61 b | 22 |
| ACA 864 DM | 60 b | 20 |
| AG 967 | 60 b | 20 |
| BRHS 05 | 60 b | 20 |
| V 30005 | 59 b | 18 |
| Hélio 252 | 56 b | 12 |
| HLE 03 | 55 b | 10 |
| HLE 04 | 54 b | 8 |
| Paraíso 20 | 54 b | 8 |
| HLA AC 4861 | 50 b | 0 |
| HLE 07 | 46 b | -8 |
| Aguará 04 | 45 b | -10 |
| Testemunha | 50 b | 0 |

CV: 21,2

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott ao nível de 5%.

²Calculada em relação ao percentual de germinação da testemunha. Sinal positivo significa promoção e sinal negativo inibição da germinação pelo girassol.

HLE 05, HLE 04, V 30005, Nutrisol, AG 967, HLA AC 4861, ACA 864 DM, HLE 03, HLE 07, BRHS 05, Hélio 252 e Paraíso 20, Hélio 360 e da testemunha.

Foi observada uma grande variabilidade entre os genótipos testados quanto à inibição ou estimulação do desenvolvimento de picão-preto. Os efeitos estimulatórios à germinação foram mais freqüentes do que os inibitórios.

Apenas um dos vinte e três genótipos de girassol testados foi estimulatório ao crescimento radicular de picão-preto, enquanto todos os demais foram inibitórios (Tabela 3.2). AG 972 proporcionou comprimento do sistema radicular de picão-preto de 4,7 cm, superando em 38,9% a testemunha sem girassol (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 - Comprimento radicular e estímulo/inibição do comprimento radicular de *Bidens* spp. por diferentes genótipos de *H. annuus*. UTFPR, campus Pato Branco, 2008.

| Cultivar | Comprimento da raiz (cm) | Estímulo/Inibição do comprimento da raiz ² (%) |
|-------------|--------------------------|---|
| AG 972 | 4,7 a ¹ | 38,9 |
| HLE 03 | 2,9 c | - 14,3 |
| AG 967 | 2,9 c | -15,3 |
| HLE 07 | 2,6 c | - 23,0 |
| V 30005 | 2,5 c | - 25,3 |
| AG 930 | 2,5 c | - 25,7 |
| Paraíso 20 | 2,5 c | - 27,5 |
| ACA 864 DM | 2,4 c | - 28,5 |
| HLE 04 | 2,4 c | - 29,7 |
| Hélio 360 | 2,3 c | - 31,4 |
| Hélio 252 | 2,3 c | - 31,7 |
| BRS 122 | 2,3 c | - 32,7 |
| Nutrisol | 2,3 c | - 33,4 |
| MG 50 | 2,1 d | - 37,1 |
| Hélio 251 | 2,1 d | - 37,3 |
| BRHS 05 | 2,1 d | -39,2 |
| AG 962 | 1,9 d | - 42,6 |
| Hélio 358 | 1,9 d | - 44,8 |
| V 80198 | 1,9 d | - 45,1 |
| Aguara 04 | 1,8 d | - 46,0 |
| HLA AC 4861 | 1,8 d | - 46,2 |
| Multissol | 1,7 d | - 49,3 |
| HLE 05 | 1,7 d | - 51,2 |
| Testemunha | 3,4 b | 0,00 |

CV: 22,7

¹Médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott ao nível de 5%.

²Calculada em relação ao comprimento radicular da testemunha. Sinal positivo significa promoção e sinal negativo inibição da germinação pelo girassol.

O genótipo HLE 05 foi o que mais inibiu o crescimento radicular de picão-preto, apresentando desenvolvimento radicular médio de 1,66 cm e inibição de 51,2% em relação à testemunha (Tabela 3.2). Através do método de semeadura em substituição, He *et al.* (2004), avaliaram 57 genótipos de arroz, observando que cinco genótipos proporcionaram mais de 50% de redução do comprimento de raiz de capim arroz (*Echinochloa crusgalli*), enquanto que outros seis genótipos proporcionaram redução inferior a 20%.

O genótipo de girassol Multissol foi o mais estimulatório ao crescimento da parte aérea de picão preto (comprimento médio de 4,48 cm), (Tabela 3.3)

Tabela 3.3 – Comprimento da parte aérea e estímulo/inibição do comprimento da parte aérea de *Bidens* spp. por diferentes genótipos de *H. annuus*. UTFPR, campus Pato Branco, 2008.

| Cultivar | Comprimento da parte aérea (cm) | Inibição do comprimento da parte aérea (%) ² |
|-------------|---------------------------------|---|
| Multissol | 4,48 a ¹ | 38,54 |
| AG 962 | 4,45 a | 37,93 |
| Hélio 251 | 4,18 a | 29,41 |
| V 80198 | 3,86 b | 19,58 |
| BRHS 05 | 3,76 b | 16,49 |
| Hélio 252 | 3,75 b | 15,94 |
| Hélio 358 | 3,65 b | 12,85 |
| ACA 864 DM | 3,61 b | 11,69 |
| HLA AC 4861 | 3,60 b | 11,46 |
| BRS 122 | 3,20 c | -0,85 |
| MG 50 | 3,15 c | -2,48 |
| AG 967 | 3,11 c | -3,64 |
| Paraíso 20 | 3,08 c | -4,57 |
| AG 930 | 3,03 c | -6,27 |
| Hélio 360 | 2,90 d | -10,37 |
| HLE 04 | 2,88 d | -10,91 |
| AG 972 | 2,82 d | -12,69 |
| Nutrissol | 2,82 d | -12,77 |
| Aguara 04 | 2,79 d | -13,70 |
| HLE 05 | 2,71 d | -16,18 |
| HLE 07 | 2,67 d | -17,34 |
| HLE 03 | 2,42 d | -25,23 |
| V 30005 | 2,33 d | -27,86 |
| Testemunha | 3,23 c | 0,00 |

CV: 11,5

¹Médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott ao nível de 5%.

²Calculada em relação ao comprimento da parte aérea da testemunha.

no entanto não diferiu significativamente dos genótipos AG 962 e Hélio 251 (comprimentos médios de 4,46 e 4,18cm, respectivamente) (Tabela 3.3). O genótipo V30005 resultou no menor comprimento da parte aérea de picão-preto (média de 2,33 cm), com inibição percentual do crescimento epígeo de 27,9%, em relação à testemunha (Tabela 3.3).

Ao calcular-se a média ponderada dos valores inibitórios da germinação (peso 4), sistema radicular (peso 2,5) e parte aérea (peso 3,5) (Tabela 3.4), observou-se que o genótipo Aguará 04 obteve o maior índice de inibição, correspondente a 20%. O genótipo AG 972 obteve o maior índice de estímulo, de 23,17%.

Tabela 3.4 – Estimulo/Inibição da germinação, sistema radicular e parte aérea de *Bidens* spp. e média ponderada dos estímulos/inibições, por diferentes genótipos de *H. annuus* UTFPR, campus Pato Branco, 2008.

| Cultivar | Est./Inib. ¹ Germinação (%) | Est./Inib. ² Comp.Raiz (%) | Est./Inib. ³ P. Aérea (%) | Est./Inib. ⁴ Média (%) |
|-------------|---|--|---|--------------------------------------|
| AG 972 | 44 | 38,90 | -11,88 | 23,17 |
| V 80198 | 60 | -45,15 | 20,70 | 19,96 |
| AG 962 | 38 | -42,65 | 39,22 | 18,26 |
| Multissol | 36 | -49,34 | 39,84 | 16,01 |
| Hélio 251 | 36 | -37,28 | 30,63 | 15,80 |
| MG 50 | 60 | -37,13 | -1,56 | 14,17 |
| Hélio 358 | 46 | -44,78 | 13,91 | 12,07 |
| BRS 122 | 44 | -32,72 | 0,08 | 9,45 |
| ACA 864 DM | 20 | -28,53 | 12,73 | 5,32 |
| AG 930 | 32 | -25,66 | -5,39 | 4,50 |
| BRHS 05 | 20 | -39,19 | 17,58 | 4,35 |
| AG 967 | 20 | -15,29 | -2,73 | 3,22 |
| Hélio 252 | 12 | -31,69 | 17,03 | 2,84 |
| Hélio 360 | 24 | -31,40 | -9,53 | -1,59 |
| Nutrissol | 26 | -33,38 | -11,95 | -2,13 |
| Paraiso 20 | 8 | -27,50 | -3,67 | -4,96 |
| HLA AC 4861 | 0 | -46,18 | 12,50 | -7,17 |
| HLE 03 | 10 | -14,34 | -24,53 | -8,17 |
| V 30005 | 18 | -25,29 | -27,19 | -8,64 |
| HLE 05 | 22 | -51,18 | -15,39 | -9,38 |
| HLE 07 | -8 | -23,01 | -16,56 | -14,75 |
| Aguara 04 | -10 | -45,96 | -12,89 | -20,00 |
| Testemunha | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

1. Diferença percentual de germinação de plantas de *Bidens* spp. em relação à testemunha. Sinal positivo (+) indica estímulo, sinal negativo (-) inibição.

2. Diferença percentual de comprimento radicular de plantas de *Bidens* spp. em relação à testemunha. Sinal positivo (+) indica estímulo, sinal negativo (-) inibição.

3. Diferença percentual comprimento da parte aérea de plantas de *Bidens* spp. relação à testemunha. Sinal positivo (+) indica estímulo, sinal negativo (-) inibição.

4. Diferença percentual, referente à média ponderada das variáveis avaliadas. Sinal positivo (+) indica estímulo, sinal negativo (-) inibição.

Ou seja, os resultados demonstram haver grande variabilidade de potencial alelopático entre genótipos de girassol sobre o desenvolvimento inicial de *Bidens* spp. A habilidade de genótipos de espécies cultivadas em produzir efeitos inibitórios distintos entre si é conhecida há bastante tempo. A análise de 526 genótipos de pepino indicou que um genótipo inibiu em 87% o desenvolvimento de *Panicum milliaceum* L., enquanto outros 25 inibiram em 50% o desenvolvimento daquela espécie (Putnam & Duke, 1974). Jacobi & Fleck, (2000), avaliaram 20 genótipos de aveia e observaram que quatro materiais produziram valores mais altos de escopoletina, sendo considerados mais alelopáticos, pois proporcionaram maior fitotoxicidade ao azevém (*Lolium multiflorum*).

Essa habilidade diferencial de inibição ou estimulação poderá ser utilizada em programas de melhoramento genético, pois os genótipos mais inibitórios poderão ser utilizados em cruzamentos, com o intuito de se obter aqueles com maior habilidade alelopática sobre plantas daninhas. No entanto, é interessante, primeiramente, que novas pesquisas sejam desenvolvidas, para avaliar se os genótipos que apresentaram maior habilidade alelopática em laboratório também apresentam essas características em condições de campo.

3.4 CONCLUSÕES

A técnica da semeadura em substituição é adequada para discriminar genótipos de girassol quanto à habilidade em inibir ou estimular plântulas de *Bidens* spp.

Há grande variabilidade de potencial alelopático entre genótipos de girassol, avaliadas através da germinação, do crescimento radicular e parte aérea de *Bidens* spp.

Os genótipos de girassol V 80198 e MG 50 proporcionaram os maiores índices de germinação de *Bidens* spp., enquanto que o genótipo Aguará 04 apresentou, numericamente, a maior inibição percentual, das sementes de picão-preto, quando comparado à testemunha.

O genótipo de girassol AG 972 apresentou o maior comprimento do sistema radicular de *Bidens spp*, enquanto o genótipo HLE 05 foi o que mais inibiu o crescimento radicular dessa planta daninha.

O genótipo de girassol Multissol foi o mais estimulatório ao crescimento da parte aérea de *Bidens spp*, enquanto o genótipo V30005 resultou no menor comprimento da parte aérea dessa planta daninha.

Através do cálculo de médias ponderadas, classificou-se os genótipos Aguará 4 e AG 972, como o mais inibitório e mais estimulatório, respectivamente, entre os genótipos de girassol testados.

4. CAPÍTULO III - AVALIAÇÃO DO POTENCIAL SUPRESSIVO DE DIFERENTES NÍVEIS DE PALHA DE GIRASSOL

4.1 INTRODUÇÃO

O uso de cobertura morta com a finalidade de supressão de plantas daninhas é uma prática conhecida há muitos anos, sendo que inúmeras espécies cultivadas podem ser utilizadas com essa finalidade (TEASDALE & MOHLER, 1993; ALMEIDA; GARCIA; CHAVES, 1996; VIDAL & BAUMAN, 1996; TREZZI et al. 2006).

A campo, a alelopatia pode ocorrer através da liberação de substâncias durante o ciclo de desenvolvimento das plantas e também após o final do ciclo, com a decomposição da palhada, que libera compostos alelopáticos. Em ambos os casos, é muito difícil separar os efeitos de alelopatia do processo de competição. Durante o ciclo das plantas, a competição ocorre principalmente por água, radiação solar e nutrientes, coexistindo com efeitos de substâncias alelopáticas liberadas das plantas, através de processos como lixiviação, volatilização e exsudação radicular (RICE, 1984). Após a morte das plantas, podem coexistir os efeitos físicos e alelopático, ambos gerados pela presença da palha na superfície do solo.

Dentre os processos físicos mais importantes, estão reduções na passagem de radiação solar, alterações da umidade e da amplitude térmica na camada superficial do solo (TEASDALE & MOHLER, 1993; VIDAL, 1995; CORREIA; SOUZA; KLINK, 2006). Além da interação alelopática, os efeitos químicos e biológicos das coberturas mortas compreendem mudanças no pH e na dinâmica de nutrientes no solo (DA ROS & AITA, 1996; ARGENTA; SILVA; RIZZARDI, 1999).

Vários trabalhos indicam que, na medida em que são aumentados os níveis de palha na superfície do solo, a magnitude dos efeitos é elevada, o que resulta em redução progressiva da infestação de plantas daninhas (VIDAL, 1995; THEISEN; VIDAL; FLECK, 2000). Foram necessárias 6 t ha⁻¹ de palha de trigo para reduzir em 50% a infestação de *Setaria faberi* (VIDAL & BAUMAN, 1996). O incremento de níveis de palha de três cultivares de sorgo com potencial alelopático distinto reduziram linearmente a emergência de plântulas de guanxuma e capim marmelada (TREZZI & VIDAL, 2004). A redução de atributos germinativos depende de características das espécies cultivada e da espécie alvo. Por exemplo, o incremento

dos níveis de palha de sorgo, milho e aveia provocaram redução do índice de velocidade de emergência, no entanto apenas milho e sorgo foram eficazes em reduzir a população de plantas de *Euphorbia heterophylla* (TREZZI et al., 2006).

Em função de características de espécies cultivadas e daninhas, mencionadas acima, muitas vezes os níveis de palha necessários para suprimir totalmente as infestações de plantas daninhas são muito elevados, quase impossíveis de se obter na prática, o que exige a adoção de outras formas de controle complementar. Por exemplo, 10 t ha⁻¹ de palha de *Avena strigosa* não foram suficientes para impedir totalmente o estabelecimento de plantas de *Brachiaria plantaginea* em soja (THEISEN; VIDAL; FLECK, 2000). Em outro experimento, estimou-se em 28,6 t ha⁻¹ o nível de palha de sorgo necessário para reduzir em 50% a emergência de *Euphorbia heterophylla* (TREZZI et al., 2006).

Com aumento dos níveis de palha, há redução da amplitude térmica, redução da luminosidade e aumento da umidade, especialmente na camada superficial do solo, onde se situa a maior parte do banco de sementes de plantas daninhas. As variações dessas características influenciaram diretamente no rompimento da dormência, germinação e desenvolvimento de algumas espécies (CORREIA & DURIGAN, 2004).

Objetivando avaliar os efeitos das coberturas mortas de crotalária (*Crotalaria juncea*), milheto (*Pennisetum americanum*) e girassol (*Helianthus annuus*), cultivares Stanzuela e BRS 122, sobre o controle de plantas daninhas na cultura do milho (*Zea mays*), Almeida; Garcia; Chaves, (1996) observaram que o milheto foi a cobertura mais eficiente, diferindo significativamente dos demais tratamentos, os quais não diferiram entre si. No entanto, diversos estudos demonstram que a cultura do girassol, *H. Annuus*, apresenta potencial alelopático na supressão de diversas espécies daninhas (IRONS & BURNSIDE, 1982; LEATHER, 1987; MORRIS & PARRISH, 1992).

O presente trabalho tem como finalidade avaliar o potencial de diferentes níveis de cobertura morta de genótipos de girassol em suprimir a emergência e o crescimento de *Bidens* spp.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho compreendeu as etapas de campo e casa de vegetação. A primeira etapa foi realizada a campo, na Área Experimental da UTFPR, Campus Pato Branco, onde foi realizado o cultivo de três cultivares de girassol, selecionados em função do potencial alelopático apresentado no experimento de semeadura de substituição, no capítulo II dessa dissertação. Neste capítulo, constatara-se que os genótipos Aguará 4, BRS 122 e AG 972 apresentaram, respectivamente, potencial alelopático superior, intermediário e inferior sobre a germinação e desenvolvimento de plântulas de *Bidens* spp. A avaliação do potencial alelopático dos genótipos foi procedida com base no cálculo de média ponderada com diferentes pesos para cada variável avaliada: germinação (4,0), comprimento radicular (2,5) e comprimento da parte aérea (3,5). A semeadura dos genótipos foi realizada manualmente, no dia 19 de dezembro de 2007. O espaçamento entre linhas utilizado foi de 0,7 m, com uma densidade de 40.000 plantas ha⁻¹. A adubação e demais tratamentos culturais seguiram orientações para o cultivo do girassol (LEITE; BRIGHENTI; CASTRO, 2005).

As partes aéreas (colmo e folhas) de plantas em estágio de pleno florescimento foram coletadas a campo e transportadas para casa de vegetação do Curso de Agronomia da UTFPR, local onde foram trituradas, com uso de moinho forrageiro elétrico. A matéria obtida foi seca ao sol, em casa de vegetação.

A segunda fase foi realizada em casa de vegetação do Centro de Biotecnologia Agroindustrial do Paraná (CENBAPAR), que é dotada de sistema de arrefecimento, onde se buscou faixa de amplitude de temperatura entre 12 e 30°C. O experimento foi iniciado dia 24 de outubro de 2008, sendo conduzido em vasos plásticos com capacidade para 8 L. O solo utilizado para compor os vasos foi coletado na área experimental da UTFPR Campus Pato Branco. A análise desse solo foi realizada no laboratório de solos da UTFPR, e após a interpretação optou-se pela incorporação de calcário dolomítico filler, na dose de 4.000 Kg.ha⁻¹, em virtude dos valores de saturação de Al⁺³ (Tabela 4.1) Além disso, incorporou-se ao solo 250 Kg.ha⁻¹ de P₂O₅, em virtude do baixo teor de fósforo.

Antes da realização da adubação e correção do solo, o mesmo foi trazido para a casa de vegetação e submetido a um processo de esterilização com o uso de

Tabela 4.1 – Resultados de análise de solo. UTFPR, *campus* Pato branco, 2008.

| M.O | P | K | Cu | Fe | Zn | Mn | |
|--------------------|--|---------------------------------------|--------------------------------|-------|------|---------------|--------|
| g.dm ⁻³ | mg.dm ⁻³ | cmol _(C) .dm ⁻³ |mg.dm ⁻³ | | | | |
| 21,44 | 2,53 | 0,70 | 4,56 | 29,49 | 1,45 | 51,34 | |
| pH | Al | H+Al | Ca | Mg | SB | V | Sat.Al |
| CaCl ₂ |cmol _(C) .dm ⁻³ | | | | |(%)..... | |
| 4,60 | 0,18 | 7,20 | 2,85 | 0,91 | 4,46 | 38,25 | 3,88 |

vapor d'água, com a finalidade de reduzir a germinação de plantas daninhas nativas; posteriormente, o material foi peneirado para a retirada de torrões e manualmente incorporou-se o calcário e o fósforo, sendo o solo preparado colocado nos vasos utilizados no experimento.

O experimento foi arranjado em um fatorial 3 x 5, em que o primeiro fator foi constituído dos três genótipos de girassol (Aguará 4, BRS 122 e Ag 972) e o segundo fator de cinco quantidades de resíduos da parte aérea de girassol, equivalentes a 0, 50, 100, 200 e 400% da quantidade de matéria seca de colmo+folhas originalmente produzida a campo, na média dos três genótipos. Esses níveis corresponderam a 0, 1.649, 3.298, 6.596 e 13.192 Kg.ha⁻¹ de palha de girassol depositada na superfície do solo.

A determinação do valor de 100% de matéria seca foi feita através da coleta de três amostras da parte aérea de cada genótipo de girassol a campo, em área de 0,5 x 0,5 m, um dia antes do corte definitivo dos resíduos, com posterior secagem em estufa a 60°C, até atingir peso constante.

Diariamente, foi procedida a contagem de plântulas de *Bidens* spp. emergidas, até o vigésimo primeiro dia após a semeadura, para o cálculo do índice de velocidade de emergência (IVE) e do percentual de emergência. O IVE foi obtido pelo número de plantas emergidas a cada dia de observação, multiplicado pelo inverso do número de dias decorrido após a semeadura (POPINIGIS, 1977).

Aos doze dias após a semeadura realizou-se determinação da estatura de todas as plântulas germinadas. No vigésimo primeiro dia após a semeadura, determinaram-se o comprimento máximo do caule e do sistema radicular das mesmas e a matéria seca da parte aérea e da raiz.

Foi procedida a análise da variância dos dados pelo teste F e, em caso de significância, médias de fatores qualitativos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; a relação entre níveis de fatores quantitativos e variáveis dependentes foi ajustada por regressão polinomial.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da variância da variável emergência de plantas de *Bidens* spp., demonstrou significância apenas do fator níveis de palha, não havendo significância do fator genótipo nem da interação entre genótipo e níveis de palha.

A resposta inibitória se ajustou a um modelo quadrático, apresentando a maior emergência de plântulas na ausência de palha sobre o solo e a menor emergência com a deposição da maior quantidade de palha, de 13.192 Kg.ha⁻¹ (Figura 4.1). Este nível superior de palha sobre o solo foi responsável por uma emergência de apenas 26,5% de *Bidens* spp., em comparação à emergência de 50,6% na ausência de palha sobre o solo. As quantidades de palha de 1.649, 3.298 e 6.596 Kg.ha⁻¹ apresentaram comportamento similar entre si, com diferença de apenas 3% entre elas.

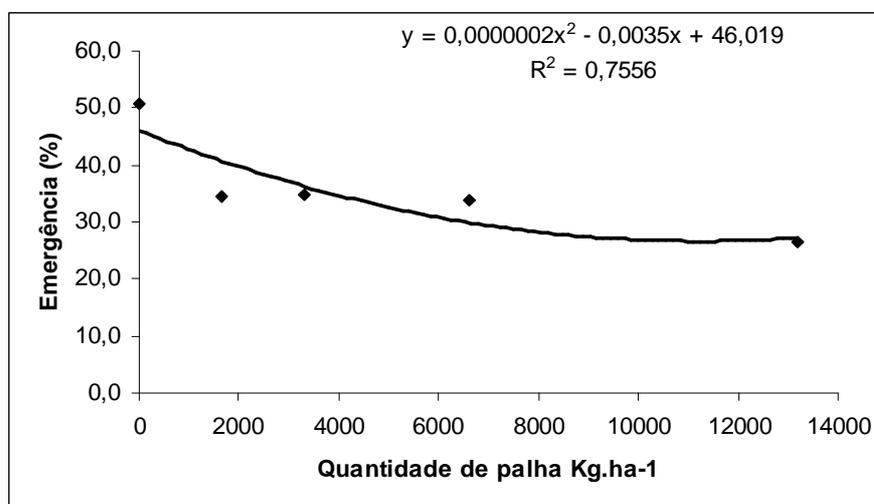


Figura 4.1 – Percentual de emergência de plantas de picão-preto aos vinte e um dias após a semeadura, em função dos níveis de palha de girassol sobre o solo. UTFPR, campus Pato Branco, 2008.

Em experimento realizado com coberturas de sorgo (*Sorghum bicolor* x *S. sudanensis*), milho forrageiro (*Pennisetum americanum*) capim-pé-de-galinha (*Eleusine coracana*) e braquiária (*Brachiaria brizantha*), nas quantidades de 3,0 e 5,5 t. ha⁻¹ para cada uma das espécies, observou-se redução no número de plântulas

emergidas de *Amaranthus* spp., *Bidens pilosa*, *Commelina benghalensis* (CORREIA; DURIGAN; KLINK, 2006).

A determinação do índice de velocidade de emergência das plantas (IVE) demonstrou significância estatística para o fator níveis de palha, contudo não houve efeito significativo para o fator genótipo, nem para a interação entre genótipo e níveis de palha (Figura 4.2). Com a utilização de 13.192 Kg de palha ha⁻¹ observou-se um IVE de 6,24, sendo 52,8% inferior à testemunha, que apresentou IVE de 13,22.

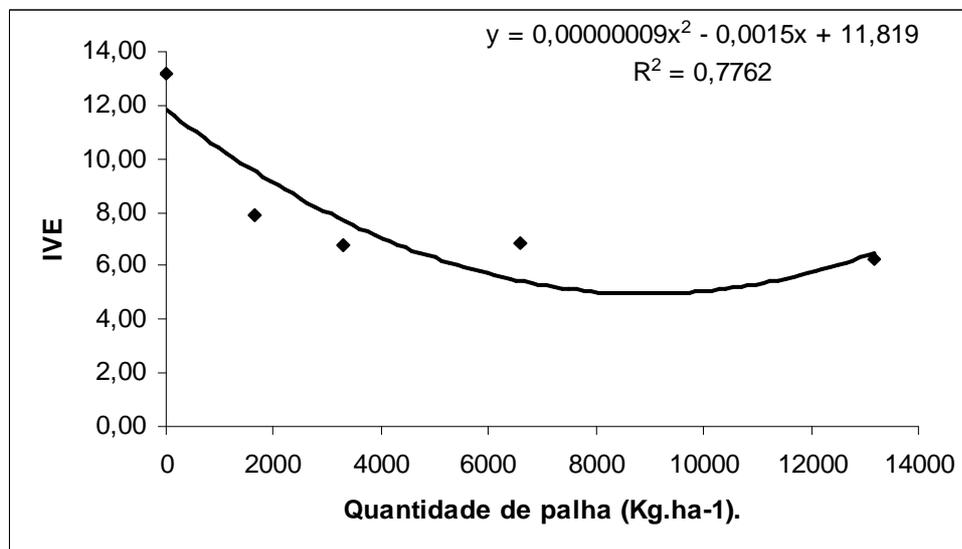


Figura 4.2 – Índice de velocidade de emergência de plantas de picão-preto aos vinte e um dias após a semeadura, em função dos níveis de palha de girassol sobre o solo. UTFPR, campus Pato Branco, 2008.

A velocidade de germinação é uma variável importante para estabelecimento das plântulas, pois é um indicativo da capacidade de emergência das mesmas, sendo assim, sementes com germinação mais lenta demoram mais a emergir e são mais propensas ao ataque de predadores pragas e patógenos (TREZZI, 2002). A redução da emergência de plântulas daninhas com o incremento de níveis de palha pode ocorrer devido à presença de compostos alelopáticos produzidos em maior quantidade nos níveis mais elevados. Também pode ser devido a efeitos físicos, ou seja, à redução da passagem de radiação solar às sementes de picão-preto ou à menor variação da amplitude térmica nos níveis maiores de palha de girassol na superfície do solo.

Para a variável população final de plantas, observou-se redução significativa no número de plantas de picão-preto com o incremento da quantidade de palha de girassol depositada sobre o solo (Figura 4.3). Não houve significância do fator genótipo nem da interação entre genótipo e níveis de palha. Com a utilização de 13.192 kg.ha⁻¹ de palha de girassol, observou-se uma população final de 193 plantas por metro quadrado, valor 49,38% inferior ao tratamento com solo descoberto (381 plantas por metro quadrado).

Redução de 75% no número de plantas daninhas (predominância de *Ambrosia artemisiifolia* L. e *Amaranthus retroflexus* L) foi observada por Morris & Parrish (1992) quando da utilização de 15 t.ha⁻¹ de resíduo de folhas de girassol em cobertura; além disso, os autores observaram redução de 50% no número de plantas daninhas por vaso quando da utilização de 6,9 t.ha⁻¹ de resíduo de girassol incorporado ao solo.

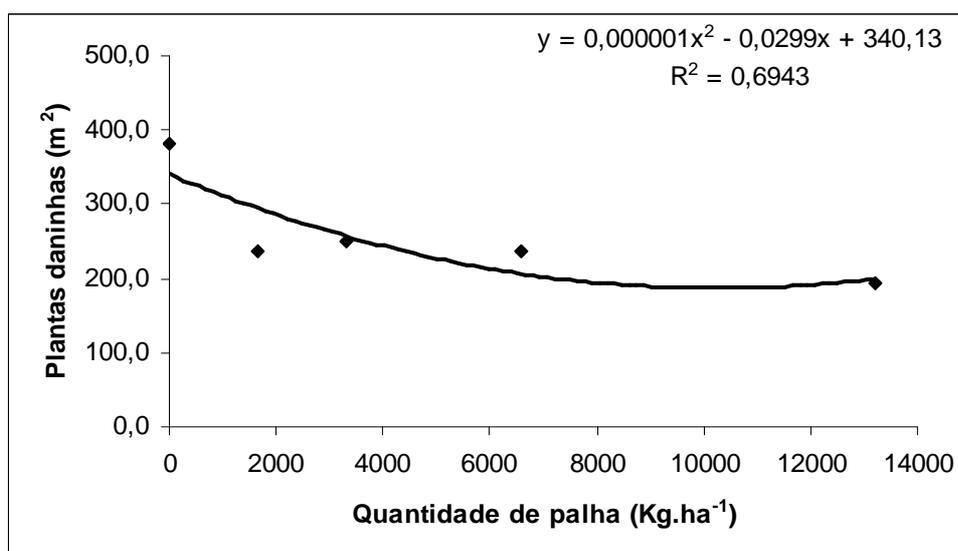


Figura 4.3 – Densidade de picão-preto, vinte e um dias após a semeadura, em função de níveis de palha de girassol depositados sobre o solo. UTFPR, *campus* Pato Branco, 2008.

Para a variável comprimento da parte aérea de picão-preto, avaliada 12 dias após a semeadura (DAS) foi observado efeito estatístico significativo para a interação entre genótipo e níveis de palha, sendo que o comprimento da parte aérea de *Bidens* spp foi reduzido linearmente com o incremento de níveis de palha do genótipo Aguará 4 sobre o solo (Figura 4.4), fato não demonstrado com a utilização

de palha dos demais genótipos de girassol. Esses resultados respaldam os obtidos no capítulo II, quando se avaliou o comprimento de parte aérea dos genótipos e se observou que o material Aguará 4 apresentou em média 2,79 cm de comprimento da parte aérea, 13,7% inferior a testemunha. Além disso, foi o genótipo que apresentou o menor comprimento de parte aérea se comparado ao BRS 122 (3,23 cm) e o AG 972 (2,82 cm).

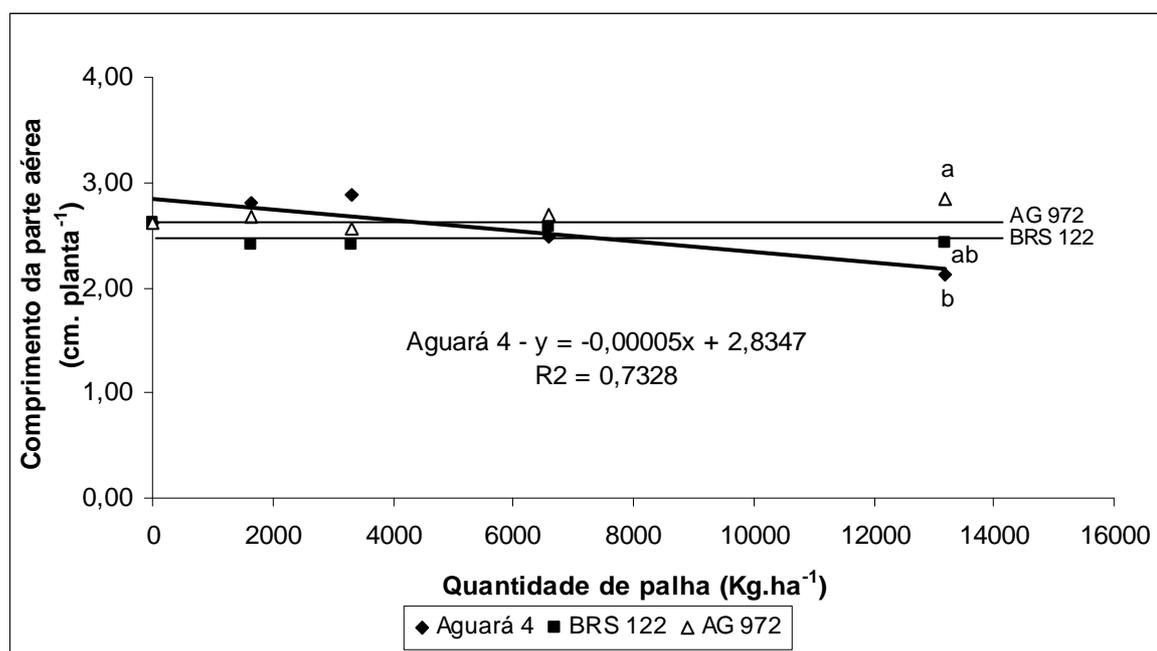


Figura 4.4 – Comprimento da parte aérea de plântulas de picão-preto, doze dias após a semeadura, em função de níveis de palha de girassol depositados sobre o solo. UTFPR, campus Pato Branco, 2008.

* Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na vertical, diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Na avaliação do comprimento da parte aérea realizada aos 21 DAS não houve significância para os fatores genótipo e níveis de palha, nem tampouco para a interação entre eles (Figura 4.5). Esse fato demonstra que, com o passar do tempo, as plantas de *Bidens* spp. são capazes de se recuperar dos efeitos físicos ou alelopáticos responsáveis pelo atraso na emergência e no crescimento inicial das plantas.

Para o parâmetro comprimento radicular foi observada significância estatística da interação entre genótipo e níveis de palha (Figura 4.6). O comprimento radicular de *Bidens* spp. demonstrou resposta quadrático com o incremento dos

resíduos do genótipo de girassol Aguará 4. Entre os níveis de 3.298 e 6.596 Kg.ha⁻¹, a palha deste genótipo provocou pequeno efeito inibitório a partir do qual o

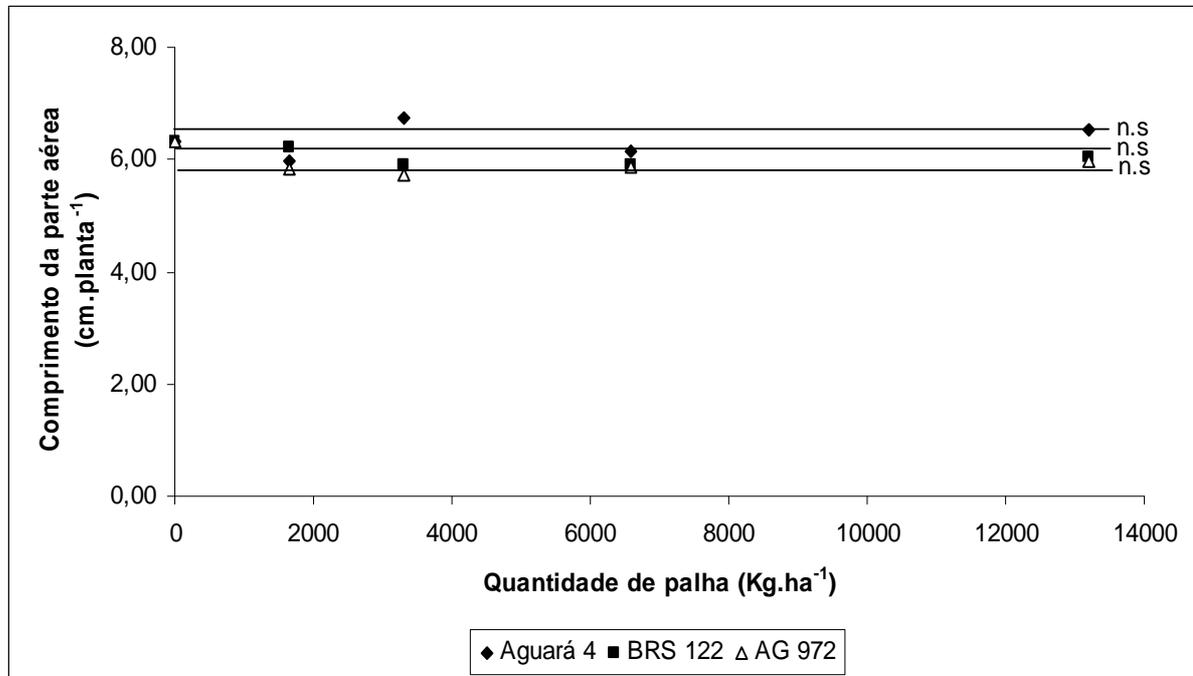


Figura 4.5 – Comprimento da parte aérea de plântulas de picão-preto, vinte e um dias após a semeadura, em função de níveis de palha de girassol depositados sobre o solo. UTFPR, campus Pato Branco, 2008.

n.s. não significativo pelo teste F ($P \leq 0,05$).

comprimento radicular sofreu pequeno incremento, atingindo comprimento máximo com o nível mais elevado de palha na superfície do solo, de 13.192 Kg.ha⁻¹ (Figura 4.6). A resposta ao genótipo Ag 972 somente se ajustou à regressão cúbica, demonstrando pequena redução do comprimento radicular na faixa entre 1.649 até 3.298 Kg.ha⁻¹, a partir da qual houve pequeno incremento até o nível de 6.596 Kg.ha⁻¹, com subsequente redução no comprimento radicular a partir daí (Figura 4.6). O comprimento radicular de *Bidens* spp, no entanto, não foi afetado pelo incremento dos níveis de palha do genótipo BRS 122.

Obviamente, os comportamentos quadrático e cúbico provocados pelos resíduos dos híbridos Aguará 4 e AG 972 não são fáceis de ser explicados biologicamente e diferem também da resposta apresentada pela parte aérea de *Bidens* spp.

Objetivando determinar o efeito da presença de resíduos de sorgo-de-guiné e sorgo forrageiro sobre a formação do sistema radicular da cultura da soja, Olibone *et al.* (2006) observaram que o comprimento radicular acumulado no período de avaliação sofreu efeito depressivo de cerca de 40% na presença da palha de sorgo

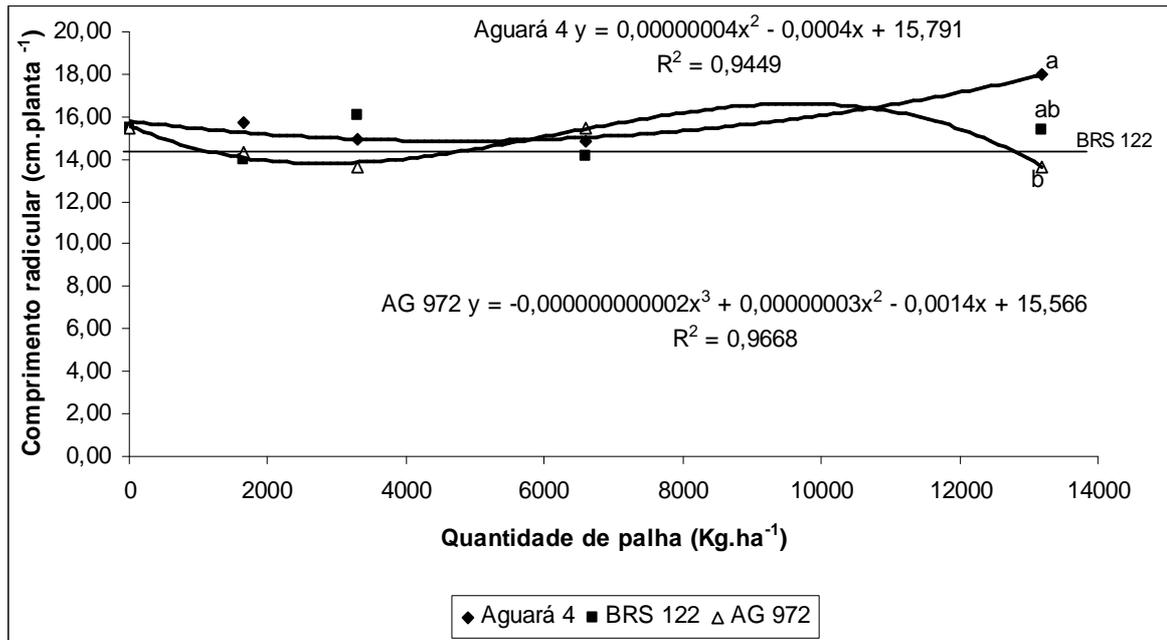


Figura 4.6 – Comprimento radicular de plântulas de picão-preto, vinte e um dias após a semeadura, em função de níveis de palha de girassol depositados sobre o solo. UTFPR, *campus* Pato Branco, 2008.

* Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na vertical, diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

forrageiro; já, a palha do sorgo-de-guiné apresentou uma redução de até 61,6% do comprimento de raízes da soja. Portanto, os efeitos de sorgo sobre soja foram de magnitude muito superior e demonstraram comportamento apenas inibitório, ao contrário do apresentado no presente experimento.

Em experimento realizado com cobertura morta, a casca de café propiciou maior estímulo ao crescimento das plantas de *Amaranthus viridis* do que a casca de arroz, quando avaliadas por Santos *et al.* (2001), sendo verificado que o maior incremento no crescimento das plantas ocorreu no período dos 20 aos 40 dias da aplicação dos tratamentos. A possível explicação, segundo o autor, estaria nas concentrações de nitrogênio e potássio presentes na cafeína, encontrada na casca

do café, que seria liberada para o meio servindo de aporte ao crescimento das plantas daninhas.

Considerando-se a média de todos os níveis de palha, plantas de *Bidens* spp. afetadas pelo genótipo AG 972 apresentaram o menor comprimento radicular, com 14,5 cm, não diferindo estatisticamente do BRS 122. As plantas de *Bidens* spp. afetadas pelo genótipo Aguará 4 apresentaram o maior comprimento radicular, com 15,79 cm, não diferindo de plantas de *Bidens* spp. afetadas pelo genótipo BRS 122.

No capítulo II quando se comparou os genótipos quanto ao potencial de interferência ao comprimento radicular de plantas de *Bidens* spp., observou-se o genótipo Aguará 4 como sendo o mais inibitório sobre o parâmetro avaliado, em relação os genótipos BRS 122 e AG 972, sendo que em média o comprimento radicular para esse genótipo foi de 1,8 cm, 46% inferior a testemunha; o genótipo BRS 122 apresentou comprimento médio de 2,3 cm, enquanto que o genótipo AG 972 apresentou o maior valor, de 4,7cm em média, sendo 38,9% superior à testemunha.

Não houve significância estatística dos fatores genótipo, níveis de palha, nem de genótipo x níveis de palha na avaliação das variáveis massa seca da parte aérea (Figura 4.7) e matéria seca das raízes (Figura 4.8).

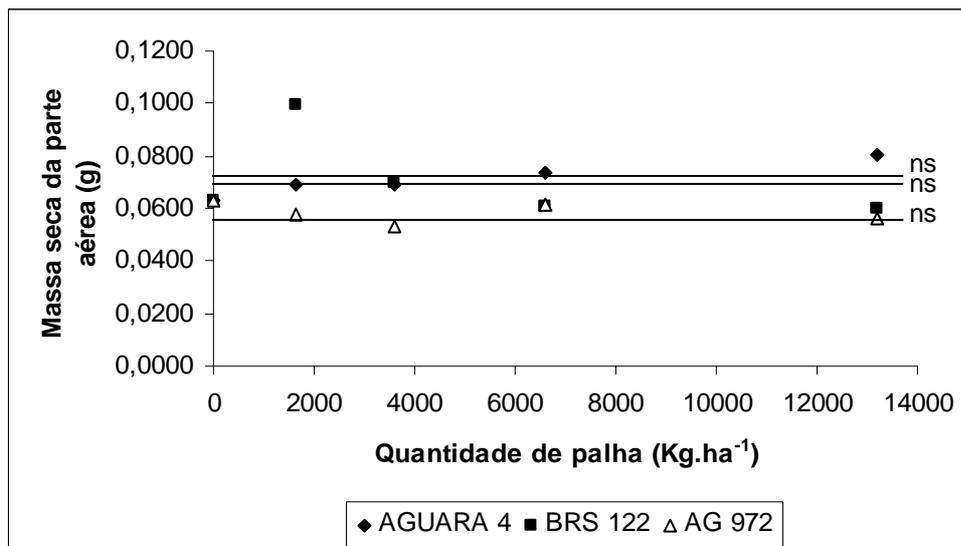


Figura 4.7 – Massa seca da parte aérea, vinte e um dias após a semeadura, em função de níveis de palha de girassol depositados sobre o solo. UTFPR, *campus* Pato Branco, 2008.

^{n.s.} não significativo pelo teste F ($P \leq 0,05$).

Neste experimento, ocorreram resultados contrastantes em relação aos experimentos conduzidos em laboratório, em que foram constatadas variações entre genótipos de girassol quanto à capacidade supressiva de espécies alvo.

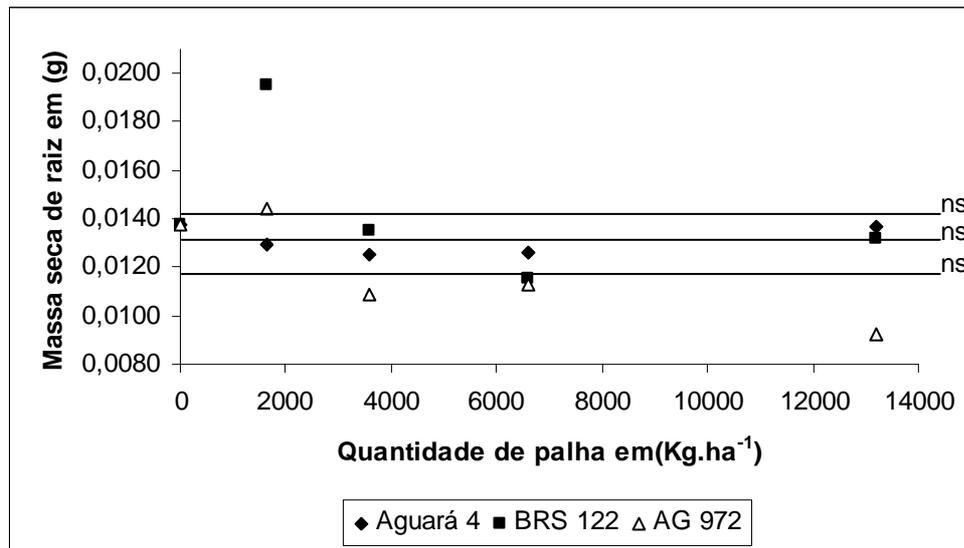


Figura 4.8 – Massa seca do sistema radicular de picão-preto, vinte e um dias após a semeadura, em função de níveis de palha de girassol depositados sobre o solo. UTFPR, campus Pato Branco, 2008.
n.s. não significativo pelo teste F ($P \leq 0,05$).

Os genótipos de girassol selecionados para fazerem parte do experimento em casa de vegetação (Aguará 4, Ag 972 e BRS 122) haviam produzido efeitos alelopáticos contrastantes no experimento conduzido no capítulo II, portanto, esperava-se que apresentassem resultados distintos no ambiente de casa de vegetação, o que não ocorreu para a maioria das variáveis avaliadas. Apenas em relação ao comprimento radicular e comprimento da parte aérea observaram-se efeitos distintos entre os genótipos. Os efeitos inibitórios sobre a parte aérea concordaram com os resultados obtidos em laboratório, em caixa gerbox (Capítulo II), onde o genótipo Aguará 4 também produziu a inibição mais expressiva. Os efeitos inibitórios da palha de girassol sobre a parte aérea de *Bidens* spp., no entanto, só foram detectados na avaliação mais precoce (12 DAS), desaparecendo com o decorrer do tempo (21 DAS) o que pode indicar a metabolização de compostos alelopáticos liberados pela palha, ou mesmo a redução de efeitos físicos gerados pela palha com o processo de degradação da mesma. Os resultados em

casa de vegetação da avaliação do comprimento radicular das plantas de *Bidens* spp., no entanto, não concordam com os obtidos em laboratório, onde foi utilizado o método de semeadura de substituição.

É importante ressaltar que sendo a espécie *B. pilosa* classificada como fotoblástica positiva essa seria influenciada pela quantidade de cobertura morta na superfície do solo em relação a sua germinação. No entanto, Klein & Felipe (1991) relatam que, mesmo na ausência de luz essa apresenta germinação de um bom número de sementes, sendo possível considerá-la fotoblástica preferencial, o que reduziria o efeito da quantidade da palha em relação à redução da luminosidade do solo sobre a germinação dessa espécie.

Alguns fatores podem ter contribuído para a existência de pequenas diferenças entre genótipos em relação ao conjunto das variáveis avaliadas. Uma possível explicação para isso é que os efeitos físicos da presença da palha sobre a superfície do solo sejam mais importantes que os efeitos alelopáticos. Isso pode explicar também o fato de não haver total correspondência dos resultados obtidos neste experimento com aqueles obtidos no experimento de semeadura de substituição. Além disso, as substâncias alelopáticas produzidas pelas plântulas de girassol (semeadura em substituição, em experimento em laboratório) e suas taxas de produção e liberação, podem ser diferentes em relação à condição de depósito de massa seca de plantas adultas acima do solo, da forma como foi concebido o presente experimento.

4.4 CONCLUSÕES

O incremento dos níveis de palha de girassol na superfície do solo, independentemente do genótipo utilizado, até o nível de 13.192 Kg.ha⁻¹, provocou redução significativa no percentual de emergência e índice de velocidade de emergência de *Bidens* spp.

De uma forma geral, não foram constatadas diferenças significativas entre genótipos de girassol em relação às variáveis percentual de emergência e índice de velocidade de emergência de plantas de *Bidens* spp.

O incremento dos níveis de palha do genótipo Aguará 4 na superfície do solo resultou em redução linear do comprimento da parte aérea de plantas de *Bidens* spp, na avaliação realizada aos doze dias após a semeadura, o que contrastou com os demais genótipos de girassol.

As equações quadráticas e cúbicas foram as que melhor ajustaram os efeitos de níveis de resíduos dos genótipos Aguará 4 e Ag 972 sobre o comprimento radicular das plantas de *Bidens* spp.

As variáveis massa seca de raiz e parte aérea de *Bidens* spp. não foram afetadas pelos fatores genótipo, níveis de palha e tampouco pela interação entre eles.

5. CAPÍTULO IV – DETERMINAÇÃO DO EFEITO RESIDUAL DA PALHA DE GIRASSOL

5.1 INTRODUÇÃO

Com a crescente preocupação com o ambiente e a saúde humana, o setor agrícola, nos últimos anos, busca alternativas para a redução do uso de pesticidas. Dessa forma, novas práticas e produtos menos tóxicos estão em constante desenvolvimento buscando atender essa demanda.

Sistema amplamente utilizado na agricultura brasileira, o plantio direto se caracteriza pelo revolvimento do solo apenas na linha de semeadura ou plantio. O tempo de permanência dos resíduos vegetais é inversamente proporcional à intensidade de revolvimento do solo. Esse sistema traz inúmeros benefícios à agricultura, entre eles a supressão de plantas daninhas, ocasionada por uma associação entre efeitos físicos e alelopatia da palhada, manutenção e incorporação de matéria orgânica ao solo, propiciando melhorias na fertilidade e estrutura dos solos, além da redução de perdas por erosão (PEIXOTO, 1999). Esses fatores em conjunto tendem a propiciar aumentos de produtividade em diversas culturas. No entanto, para que o sistema produza esses resultados positivos, a produção e a manutenção da palhada são fundamentais (SCALÉA, 2009).

No sistema de plantio direto, a velocidade de decomposição dos restos culturais não incorporados é menor do que no sistema convencional, uma vez que no plantio direto apenas uma parte da palha fica em contato direto com o solo (ALMEIDA, 1988). A região de maior contato da palha com o solo apresenta maior atividade microbiana e, conseqüentemente, tende a apresentar degradação da palha mais acelerada, se comparada à camada superior, que não fica diretamente em contato com o solo (ROTH; SHROYER; PAULSEN, 2000).

O girassol (*Helianthus annuus*) é uma espécie com alto interesse comercial, além de apresentar potencial alelopático, uma vez que é capaz de produzir diversos compostos terpênicos, como os heliannuol, annuolides e helivipolide (SCHON & EINHELLIG 1982, MACÍAS *et al.*, 1994; MACÍAS *et al.*, 2003). A liberação de compostos alelopáticos pela palha de girassol é variável em função de vários fatores, tais como: o genótipo utilizado, a parte da planta e a proporção entre os

diferentes órgãos das plantas. Uma planta de girassol é capaz de produzir entre 3.400 e 7.030 kg de matéria seca ha⁻¹, distribuídos entre caule (22,47%), folhas (19,66%), capítulo (54,86%), sendo que a relação C/N do caule de girassol é de 80,8, enquanto que para folha e inflorescência a relação é de 13,0 (REZENDE *et al.*, 2003b; MELLO; NÖRNBERG; ROCHA, 2004; CARVALHO & SODRÉ FILHO, 2000 apud SODRÉ FILHO *et al.*, 2004). Assim, considerando-se as diferentes partes das plantas, o caule apresenta-se, em geral, mais lignificado do que as folhas, resultando em uma decomposição mais lenta da matéria em relação à folha. Como existem diferenças entre genótipos quanto à produção de matéria por diferentes órgãos nas plantas, as proporções referidas acima são variáveis entre eles e, assim, poderiam determinar taxas de decomposição da matéria seca e de liberação de compostos alelopáticos diferentes.

A barreira física promovida pelos resíduos culturais na superfície do solo altera a umidade, luminosidade e temperatura do solo, afetando os processos de germinação de sementes, prejudicando o desenvolvimento das plântulas (CORREIA & DURIGAN, 2004). Dessa forma, a utilização de cobertura vegetal no solo pode promover a supressão ou proporcionar o atraso da emergência das plantas daninhas, proporcionando um tempo maior para que a cultura se desenvolva livre de interferência, resultando em aumentos de produtividade (RIZZARDI; SILVA; VARGAS, 2006). No entanto, as plantas que sobreviverem às dificuldades iniciais de desenvolvimento poderão ser favorecidas uma vez que a baixa população inicial acarretará em maior disponibilidade de recursos hídricos e nutrientes, para cada indivíduo, favorecendo seu desenvolvimento (THEISEN & VIDAL, 1999).

Cabe ressaltar que, a campo, é muito difícil diferenciar alelopatia de competição, pois, os dois fenômenos, em geral, ocorrem simultaneamente no ambiente. No entanto, enquanto a ausência de uma substância ou fator é que desencadeia o processo competitivo, a alelopatia é desencadeada pela presença de uma substância no meio (WEIDENHAMER, 1996). Por exemplo, o fenômeno de imobilização de N pode gerar inibição do desenvolvimento de plantas, assim como a liberação de substâncias alelopáticas, e por isso os dois fenômenos podem se confundir. Também, é possível que efeitos alelopáticos pouco intensos no estágio de plântula possam ser superestimados pelo efeito competitivo (TREMBATH, 1974 apud WEIDENHAMER, 1996). Por outro lado, efeitos estimulatórios gerados pela

mineralização de nutrientes podem fazer com que a ação de substâncias alelopáticas inibitórias passe despercebida.

Os objetivos desse trabalho foram: avaliar o efeito residual deixado pela cobertura morta da cultura do girassol (*H. annuus*) sobre o desenvolvimento de *Bidens* spp.; determinar se existem diferenças entre genótipos quanto ao efeito residual da palhada de girassol; determinar se há relação entre o efeito residual da palha e a disponibilidade de nitrato e amônio no solo.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi constituído de duas etapas: a primeira preparatória, a campo, na área experimental da UTFPR *campus* Pato Branco; a segunda de implantação efetiva, em vasos, em casa de vegetação do Centro de Biotecnologia Aplicada do Sudoeste do Paraná (CEMBAPAR). A casa de vegetação é dotada de sistema de arrefecimento e irrigação por aspersão.

A etapa preparatória foi constituída da semeadura e condução, na Área Experimental da UTFPR, em dezembro de 2007, de três genótipos de girassol (Aguará 4, BRS 122 e AG 972) selecionados a partir de comportamento alelopático contrastante, como foi descrito no capítulo II dessa dissertação. As práticas de manejo da cultura para obtenção das palhas dos genótipos foram descritas no capítulo IV.

O experimento foi implantado em delineamento completamente casualizado, arranjado em fatorial 3 x 5 x 2, em que o primeiro fator representou os três cultivares de girassol cultivados a campo; o segundo fator representou cinco intervalos de permanência da palha da parte aérea das cultivares na superfície do solo (60, 30, 15, 10 e 5 dias antes da semeadura da espécie receptora *Bidens* spp.), além da testemunha sem palha na superfície do solo; e o terceiro fator, constituído por dois níveis de palha, correspondentes à média da matéria seca produzida a campo pelos genótipos de girassol (3.298 Kg.ha⁻¹) e uma quantidade 4 vezes superior à média (13.192 Kg.ha⁻¹).

O experimento foi iniciado em 24 de outubro de 2008, sendo conduzido em vasos plásticos com capacidade para 8 L. O solo utilizado para preencher os vasos

foi coletado na Área Experimental da UTFPR, *Campus* Pato Branco, sendo as práticas para o preparo desse idênticas às descritas no capítulo II dessa dissertação.

Os resíduos de girassol permaneceram acima da superfície do solo até cinco dias antes das sementeiras da espécie receptora, momento em que os mesmos foram retirados dos vasos, permitindo que as plantas se desenvolvessem sem a interferência física ocasionada pela palha. Com isso foi possível avaliar somente o efeito residual da palha sobre o desenvolvimento da espécie receptora, após diferentes períodos em que a mesma ficou depositada sobre o solo. A sementeira da espécie receptora ocorreu a uma profundidade média de 3 cm.

Durante o período experimental, buscou-se manter o ambiente em amplitude de temperatura do ar em faixa entre 12 e 30°C e as plantas sob ausência de estresse hídrico. A avaliação da umidade do solo ocorreu de forma visual e através de manipulação da camada superficial do solo. Nos apêndices AE e AF, encontram-se os valores de temperatura e umidade relativa do ar observados durante a realização do experimento.

No dia da implantação da espécie receptora, que ocorreu 60 dias após a deposição dos primeiros tratamentos com palha, coletou-se uma amostra de aproximadamente 50 g de solo da camada de 0-5 cm de cada vaso para determinação das quantidades de nitrato e amônio, seguindo metodologia adaptada de Silva (1999). Nesse mesmo dia, a palha retirada dos vasos foi levada a estufa com circulação forçada de ar, para secagem até peso constante, sendo posteriormente obtido a porcentagem de decomposição da palhada, através da equação:

$$\%D = (((PF*100)/PI)-100)$$

em que: %D = porcentagem de decomposição; PI = peso inicial da matéria seca depositada sobre os vasos (3.298 e 13.192 Kg.ha⁻¹); PF = peso da matéria seca após os diferentes períodos de permanência sobre o solo (60, 30, 15, 10 e 5 dias).

Diariamente, foi procedida a contagem de plântulas de *Bidens* spp. emergidas, até o vigésimo primeiro dia após a sementeira, para o cálculo do índice de velocidade de emergência (IVE) e do percentual de emergência. O IVE foi obtido pelo número de plantas emergidas a cada dia de observação, multiplicado pelo inverso do número de dias decorrido após a sementeira (POPINIGIS, 1977).

Doze dias após a implantação da espécie receptora, realizou-se a primeira avaliação do comprimento da parte aérea das plantas de *Bidens* spp., utilizando-se

todas as plantas em cada vaso. No vigésimo primeiro dia, os vasos foram desmontados, quando determinou-se a emergência final, comprimento máximo da parte aérea e do sistema radicular das plantas de *Bidens* spp., sendo posteriormente levadas à estufa de secagem para determinação da matéria seca da parte aérea e do sistema radicular.

Foi procedida a análise da variância dos dados pelo teste F e, em caso de significância, médias de fatores qualitativos foram comparadas pelo teste de D.M.S a 5% de probabilidade; a relação entre níveis de fatores quantitativos e variáveis dependentes foi ajustada por regressão polinomial.

5.3 RESULTADOS

Para a variável porcentagem de emergência de *Bidens* spp., a comparação entre os tratamentos em que havia palha, sem considerar a testemunha sem palha, determinou significância ($P \leq 0,14$) da interação entre intervalos de permanência de palha e níveis de palha (Figura 5.1). A emergência de *Bidens* spp., não variou entre os diferentes períodos de deposição para o nível de 3.298 Kg.ha⁻¹, para o nível de 13.192 Kg.ha⁻¹ observou-se um comportamento cúbico havendo redução na emergências de plantas de *Bidens* spp. até o tratamento com intervalo de permanência da palha de 15 dias, ocorrendo um aumento no intervalo de 30 dias que permanece estável até o tratamento de 60 dias de intervalo de permanência da palha sobre o solo.

No intervalo de deposição de 15 dias, o nível 13.192 Kg palha ha⁻¹ proporcionou o menor valor de emergência (27,7%), 35,4% menor que o obtido com o nível de 3.298 Kg de palha ha⁻¹. Não houve diferenças entre os dois níveis de palha nos demais intervalos de deposição. Na testemunha sem interferência residual da palha, ocorreu o valor máximo de emergência, de 54,4%. A testemunha apresentou emergência numericamente superior a todos os tratamentos, sendo que na combinação entre 13.192 kg ha⁻¹ e 15 dias de intervalo de permanência da palha de girassol antes da semeadura de *Bidens* spp. observou-se uma redução de 50% na germinação diferindo significativamente da testemunha. Esse resultado indica

que a presença de palha interfere negativamente com a emergência de plantas de *Bidens* spp.

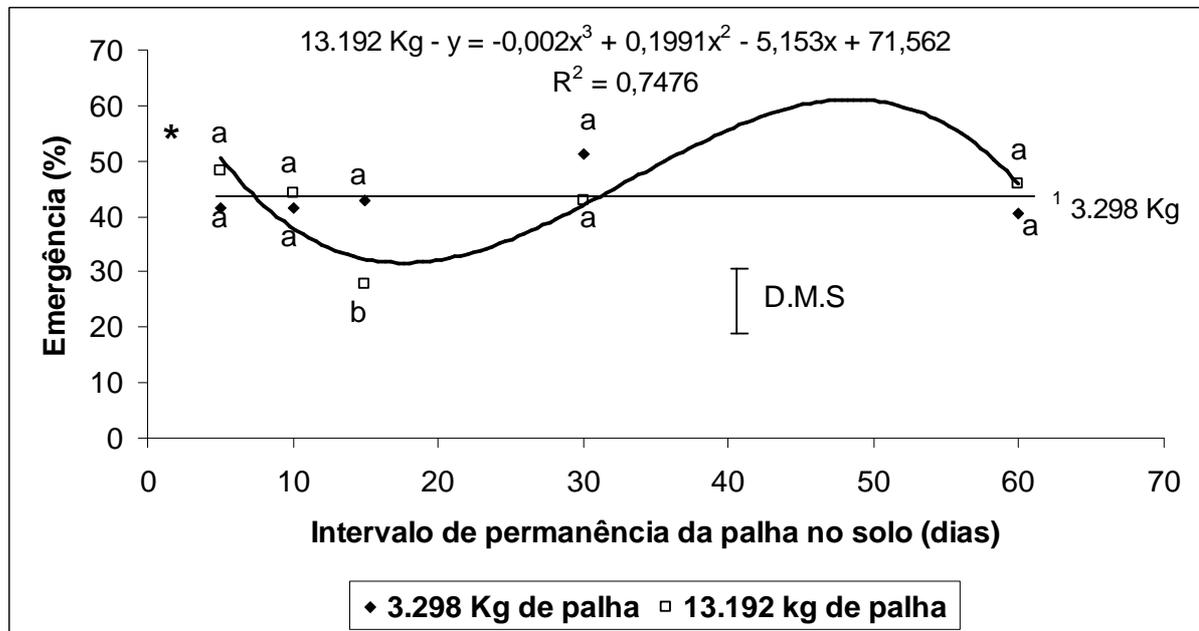


Figura 5.1 – Percentual de emergência de plantas de *Bidens* spp., vinte e um dias após a semeadura, em função de níveis e intervalo de permanência da palha sobre o solo. UTFPR, Campus Pato Branco, 2008.

Valores transformados para $(x+1)^{1/2}$.

*. Média da testemunha sem palha na superfície. Comparação entre testemunha e demais tratamentos realizada através do valor correspondente à barra D.M.S. = 13,00.

Médias com mesma letra na vertical não diferem significativamente pelo teste D.M.S. = 14,12.

¹ Médias diferem significativamente pelo teste F ($P \leq 0,14$)

Em experimento com diferentes níveis de resíduos de palha de cana de açúcar (5, 10 e 15 t ha⁻¹), utilizando metodologia semelhante ao do presente experimento, Correia e Durigan (2004) observaram que até 60 dias após a remoção da palha, não houve diferença significativa com relação ao número de plântulas emergidas de *Digitaria horizontalis* entre os tratamentos anteriormente citados; contudo, após 90 dias, houve um aumento no número de plantas para todos os tratamentos. Além disso, quando os autores compararam o número de plântulas emergidas de *Digitaria horizontalis* nos níveis de 5, 10 e 15 t ha⁻¹ com a testemunha sem palha, observaram não haver diferença significativa entre o nível mais baixo e a testemunha, porém para os níveis 10 e 15 t ha⁻¹ foram registradas reduções de 58 e 76% respectivamente, 90 dias após a retirada da palhada.

Martins et al. (1999) observaram que, para a espécie *Sida rhombifolia*, a remoção da cobertura morta de cana de açúcar após 64 dias promoveu a emergência das plântulas, principalmente nos tratamentos de 4 a 10 t ha⁻¹, enquanto o tratamento com 15 t.ha⁻¹ apresentou o menor número de sementes emergidas, o que foi atribuído ao efeito de substâncias alelopáticas liberadas pela palhada. No entanto, a espécie *B. pilosa* não apresentou dormência causada ou mantida pela cobertura morta de cana de açúcar, uma vez que com a retirada da cobertura de palha (2, 4, 6, 8, 10, 15 t.ha⁻¹), a emergência das plântulas ocorreu em todos os tratamentos testados (MARTINS et al., 1999).

Com relação ao índice de velocidade de emergência (IVG), a análise entre os tratamentos com palha não identificou significância de nenhum dos fatores avaliados (genótipo, intervalo de permanência da palha e níveis de palha), nem de suas interações (Figura 5.2). Não houve também diferenças entre a testemunha e os tratamentos contendo palha.

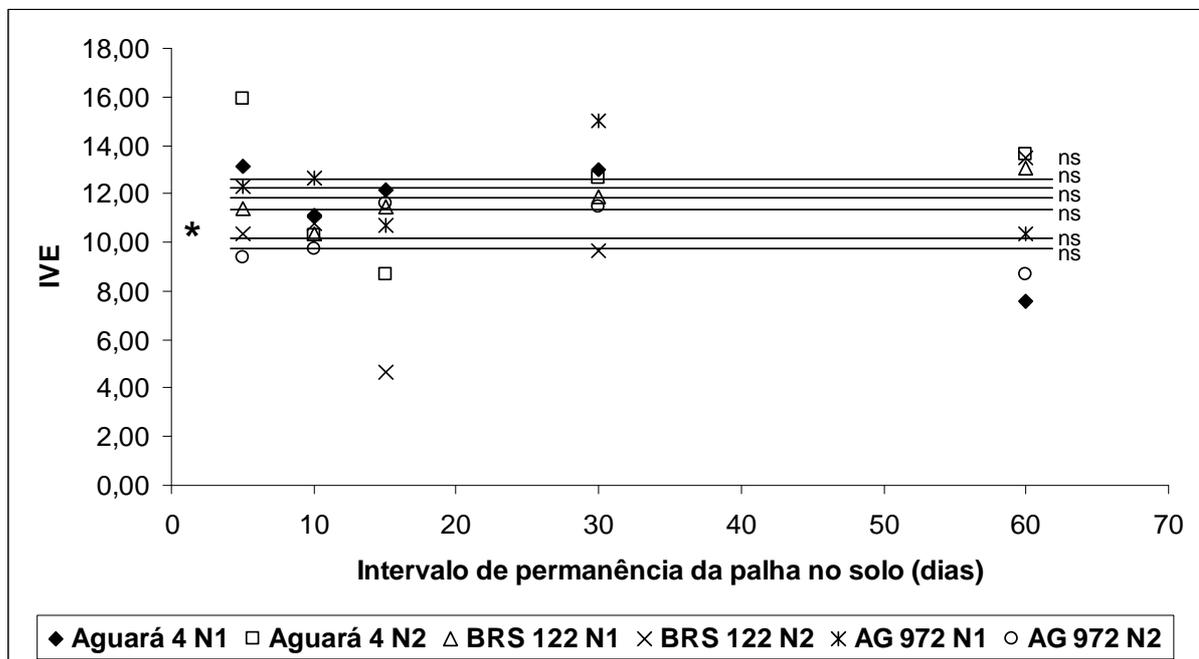


Figura 5.2 – Índice de velocidade de emergência (IVE) de plantas de *Bidens* spp. vinte e um dias após a sementeira, em função do intervalo de níveis e períodos de permanência da palha sobre o solo, em três genótipos de girassol. UTFPR, Campus Pato Branco, 2008.

N1 representa o nível de palha 3.298 Kg.ha⁻¹.

N2 representa o nível de palha 13.192 Kg.ha⁻¹.

*. Média da testemunha sem palha na superfície.

Medias não diferem significativamente pelo teste F ($P \leq 0,05$).

Para a avaliação de comprimento da parte aérea de *Bidens spp.*, realizada aos 12 DAS (Figura 5.3), houve significância ($P \leq 0,09$) dos fatores níveis de palha e intervalo de permanência no solo. A relação entre os intervalos de permanência de 13.192 Kg palha ha^{-1} e o comprimento da parte aérea foram ajustados através de regressão cúbica. O nível de 13.192 Kg de palha ha^{-1} resultou em comprimento da parte aérea 19,05% inferior ao de 3.192 Kg ha^{-1} , apenas com 15 dias de intervalo de deposição (Figura 5.3). A combinação de nível de palha superior e 15 dias de deposição também foi à única que diferiu significativamente da testemunha sem palha, sendo 17,5% inferior a essa. Todos os demais tratamentos não diferiram da testemunha pelo teste DMS. No entanto, não foram constatadas diferenças entre os intervalos de permanência de palha na superfície do solo com o uso de 3.298 Kg palha ha^{-1} .

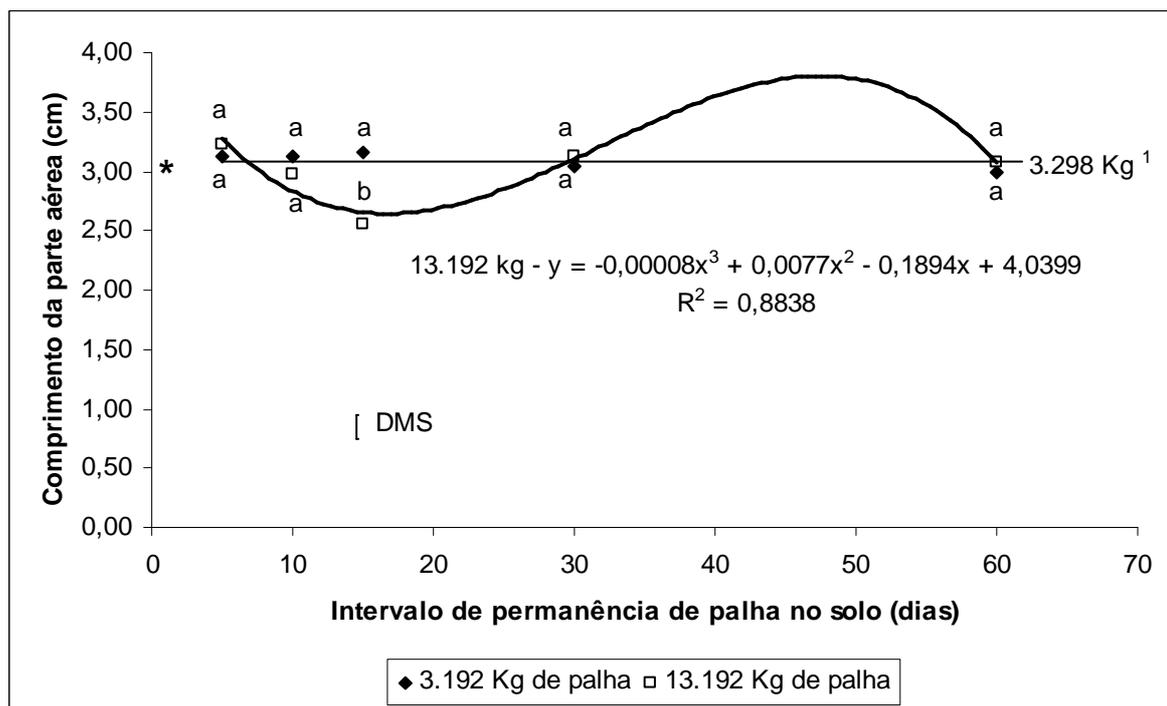


Figura 5.3 – Comprimento de parte aérea de plantas de *Bidens spp.*, avaliado doze dias após a semeadura, em função dos níveis e períodos de permanência da palha sobre o solo. UTFPR, Campus Pato Branco, 2008.

*. Média da testemunha sem palha na superfície. Comparação entre testemunha e demais tratamentos realizada através do valor correspondente à barra D.M.S. = 0,36.

Letras idênticas na vertical não diferem pelo teste D.M.S. = 0,39.

¹ Médias diferem pelo teste F ($P \leq 0,08$).

O modelo de regressão cúbica, no entanto, não representou adequadamente o comportamento biológico da variável comprimento da parte aérea, pois, entre 30 e 60 dias de permanência da palha sobre a superfície, a interpretação biológica mais provável seria a inexistência de diferenças entre esses intervalos de deposição (Figura 5.3).

Para as avaliações de comprimento de parte aérea, realizadas aos 21 DAS (Figura 5.4) de *Bidens* spp., não observou-se significância dos fatores isolados nem das interações. A comparação dos tratamentos com palha com a testemunha sem palha também não demonstrou diferenças significativas (Figura 5.4).

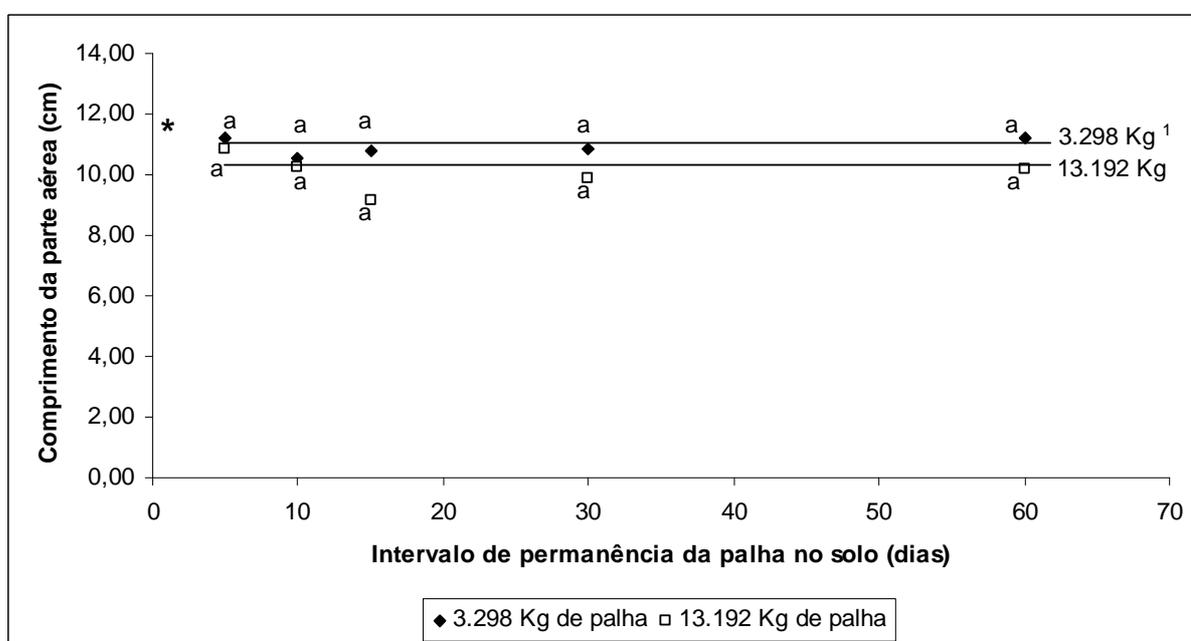


Figura 5.4 – Comprimento de parte aérea de plantas de *Bidens* spp., avaliado vinte e um dias após a semeadura, em função de níveis e períodos de permanência de palha sobre o solo. UTFPR, Campus Pato Branco, 2008.

*. Média da testemunha sem palha na superfície. Médias não diferem pelo teste F ($P \leq 0,05$).

Pode-se inferir que o nível de palha de 13.192 Kg ha⁻¹ e o intervalo de 15 dias de permanência da palha sobre o solo resultaram em efeitos mais pronunciados sobre a emergência de plantas de *Bidens* spp. e sobre o comprimento da parte aérea, avaliado aos 12 DAS (Figuras 5.1 e 5.3). Como após a semeadura de *Bidens* spp. não havia presença de palha sobre a superfície do solo, deduz-se que os efeitos gerados não são devidos à redução da passagem da radiação solar ou devido à redução na amplitude térmica na camada superficial do solo, considerados

efeitos “físicos” da presença da palha sobre o solo (BRAGAGNOLO & MIELNICKZUK, 1990 apud THEISEN & VIDAL, 1999). Portanto, os efeitos gerados devem estar relacionados à liberação de compostos alelopáticos no solo ou mesmo a diferenças de disponibilidade de N na superfície do mesmo. Se a presença de compostos alelopáticos no solo é a responsável pela inibição da emergência e crescimento das plantas de *Bidens* spp., pode-se dizer que a disponibilidade dessas substâncias para absorção pelas plantas ocorre com maior intensidade no tratamento em que a palha permaneceu 15 dias sobre a superfície do solo. A mesma inferência pode ser feita em relação à disponibilidade reduzida de N para as plantas, se este for o fator preponderante sobre a inibição do desenvolvimento das plantas de *Bidens* spp.

Em relação ao comprimento radicular, determinado aos 21 DAS, a análise entre os tratamentos em que havia palha antes da semeadura da planta alvo, identificou significância apenas do fator níveis de palha (Tabela 5.1), não havendo diferença significativa para os demais efeitos principais e interações. O nível de resíduos de 13.192 Kg.ha⁻¹ de girassol resultou em comprimento radicular 7,8% menor que o nível com 3.298 Kg.ha⁻¹, na média de genótipo e intervalos de permanência.

Tabela 5.1 – Comprimento radicular de plantas de *Bidens* spp., vinte e um dias após a semeadura, em função de níveis de palha de girassol sobre o solo. UTFPR, campus Pato Branco, 2008.

| Nível de palha (Kg ha ⁻¹). | Comprimento radicular (cm) |
|--|----------------------------|
| 3.298 | 10,92 a ¹ |
| 13.192 | 10,07 b |

CV: 19,5

¹médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de D.M.S. ($P \leq 0,05$) = 0,74.

É possível que maiores quantidades de matéria seca depositadas sobre o solo possam liberar quantidades maiores de aleloquímicos, ocasionando as diferenças de inibição das raízes de *Bidens* spp. Em estudos realizados com extratos obtidos de folhas de *H. annuus*, observou-se que esses foram capazes de inibir o crescimento de coleóptilo de trigo em até 33%, além disso, é relatado que a espécie *H. annuus* apresenta grande potencial alelopático, sendo capaz de inibir o

crescimento de espécies daninhas como *Ipomoea* spp., *Brassica kaber*, entre outras (LEATHER, 1987; MACÍAS et al., 2002).

A variável massa seca da raiz não apresentou diferença significativa entre os tratamentos avaliados (Figura 5.5). É possível que tenham sido detectadas diferenças no comprimento radicular e não na matéria seca de raízes, pois, em geral, em trabalhos envolvendo alelopatia, a primeira variável apresenta maior sensibilidade.

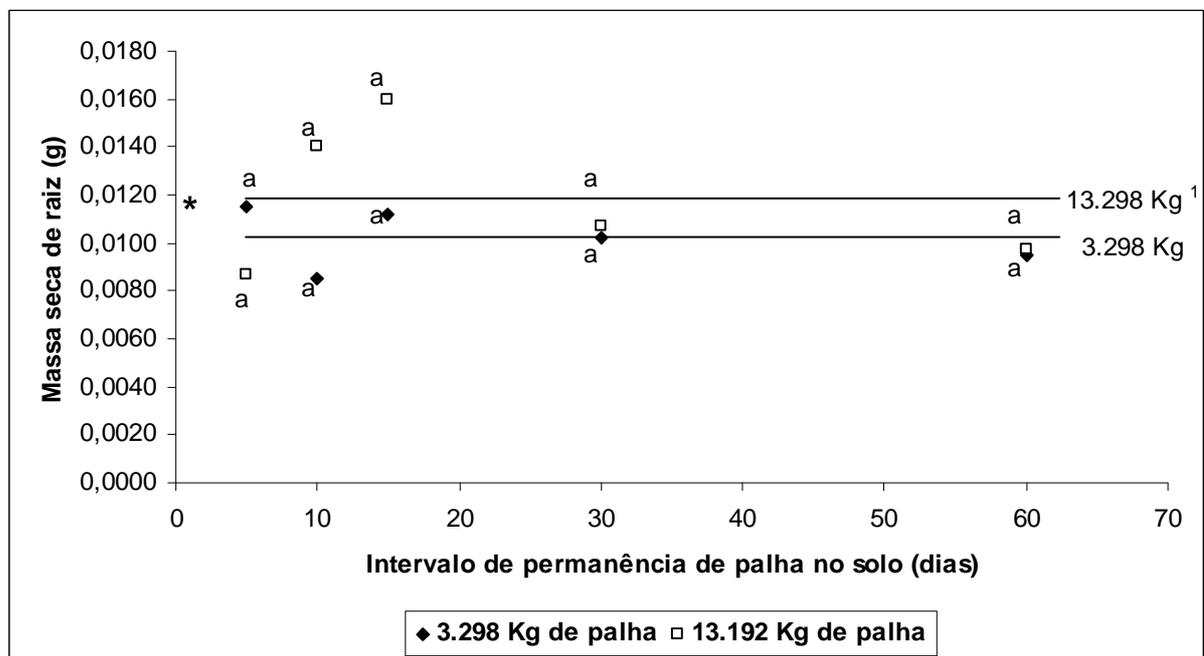


Figura 5.5 – Massa seca do sistema radicular de planta de *Bidens* spp., medido vinte dias após a semeadura, em função de níveis e períodos de permanência de palha na superfície do solo. UTFPR, Campus Pato Branco, 2008.

*. Média da testemunha sem palha na superfície.

¹ Não difere pelo teste F ($P \leq 0,05$).

A variável massa seca da parte aérea de *Bidens* spp. apresentou efeito significativo para a interação genótipo e intervalo de permanência da palha no solo (Figura 5.6). No intervalo de 15 dias de permanência da palha no solo, o genótipo Aguará 4 resultou em maior inibição, sendo 53,5% inferior ao AG 972. O genótipo BRS 122 não diferiu dos demais genótipos nesse intervalo. A partir dos 15 dias, houve um aumento linear da matéria seca da parte aérea de *Bidens* spp. no tratamento com Aguará 4, efeito inversamente demonstrado pelo genótipo BRS 122.

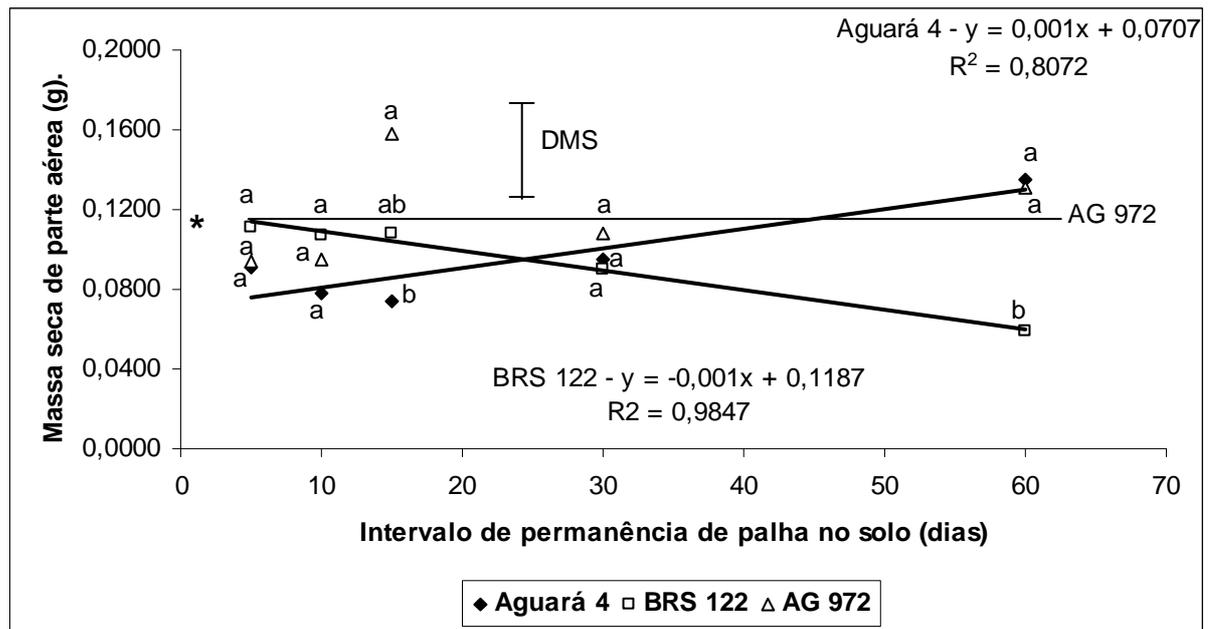


Figura 5.6 – Massa seca da parte aérea de planta de *Bidens* spp., medido vinte dias após a semeadura, em função do período de permanência da palha na superfície do solo, em três genótipos de girassol. UTFPR, Campus Pato Branco, 2008.

*. Média da testemunha sem palha na superfície. Comparação entre testemunha e demais tratamentos realizada através do valor correspondente à barra D.M.S. = 0,050

Letras iguais na vertical não diferem pelo teste D.M.S. = 0,062.

Para o intervalo de 60 dias de permanência, observou-se que o genótipo BRS 122 apresentou o menor valor de matéria seca da parte aérea de *Bidens* spp. (0,059 g), diferindo dos demais genótipos, enquanto Aguará 4 apresentou o maior valor (0,1352g). Para os demais períodos avaliados, não houve diferenças entre os genótipos. Apenas a combinação entre genótipo AG 972 aos 15 dias de permanência diferiu significativamente da testemunha sem palha, de girassol sobre a superfície, apresentando incremento de 53,25% em relação a essa.

Alguns dos efeitos inibitórios demonstrados acima podem ser melhor explicados através da análise da decomposição das palhas durante os diferentes períodos de deposição. O percentual de decomposição da palha apresentou significância para a interação entre intervalo de permanência da palha no solo e níveis de palha (Figura 5.7), demonstrando comportamento quadrático para ambos os níveis de palha em função do maior tempo de permanência no solo, sendo registrado aos 60 dias o maior percentual de decomposição, para ambos os níveis.

Foram detectadas diferenças significativas entre os níveis de palha testados apenas aos 5 e aos 60 dias (Figura 5.7), ambas com superioridade por parte do menor nível de palha (3.298Kg.ha⁻¹). Embora detectado em apenas dois períodos, o

percentual mais elevado de decomposição no nível mais baixo de palha pode ser explicado porque, proporcionalmente, os níveis mais baixos apresentam maior contato direto palha/solo, sendo assim a palha foi decomposta mais rapidamente do que os níveis mais elevados, que apresentam, proporcionalmente, maior contato de palha/palha. Segundo Almeida (1988), a manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo faz com estes sejam degradados mais lentamente do que quando incorporados, devido ao menor contato com o solo.

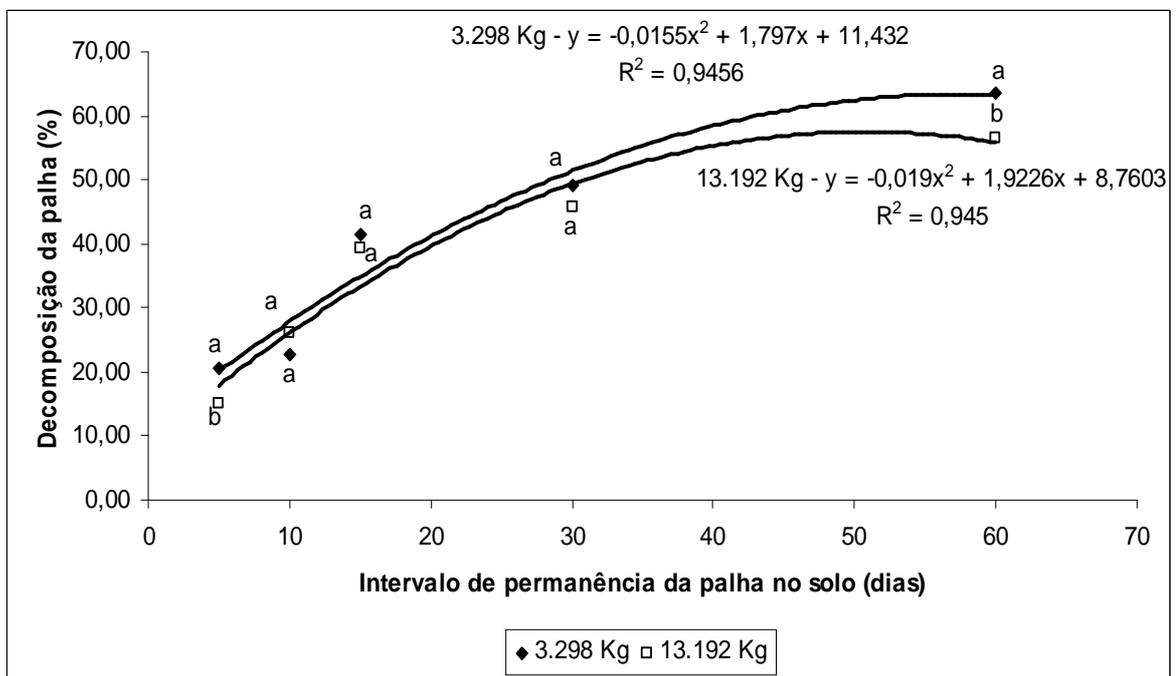


Figura 5.7 – Porcentagem de decomposição da palha de girassol, em função de níveis e períodos de permanência de palha na superfície do solo. UTFPR, Campus Pato Branco, 2008. Letras distintas na vertical diferem pelo teste D.M.S. ($P \leq 0,05$) = 4,22.

Houve diferença significativa de percentual de decomposição da palha de girassol entre os genótipos testados, sendo que Aguará 4 apresentou maior porcentagem de decomposição do que o AG 972 e o BRS 122 (Tabela 5.2). Esse fato parece estar relacionado ao efeito diferencial entre genótipos, demonstrado na avaliação da matéria seca da parte aérea, em que o genótipo Aguará 4 apresentou o efeito inibitório superior em períodos de permanência da palha sobre o solo entre 10 e 15 dias, enquanto BRS 122 apresentou o efeito inibitório superior aos 60 dias de permanência da palha sobre o solo. Isso pode indicar que características morfo-

fisiológicas dos genótipos influenciam as taxas de decomposição da palha e a liberação de substâncias alelopáticas. Como os genótipos AG 972 e o BRS 122

TABELA 5.2 – Porcentagem de decomposição da palha de girassol sobre o solo, em função dos diferentes genótipos. UTFPR, *campus* Pato Branco, 2008.

| Genótipos | % de decomposição da palha ¹ |
|-----------|---|
| Aguará 4 | 40,01 a |
| AG 972 | 37,46 b |
| BRS 122 | 36,51 b |

¹Médias seguidas de letras distintas, minúscula na coluna, diferem entre si pelo teste de D.M.S. ($P \leq 0,05$) = 2,31.
C.V. 13,6.

apresentam relação folha/colmo inferior a Aguará 4 (dados não mensurados frutos de avaliação visual) e, portanto, velocidade inicial de decomposição inferior (Tabela 5.2), a associação de maior concentração de substâncias alelopáticas nas folhas do que em outros órgãos da planta de girassol (ANJUM, et al. 2005) a taxa de decomposição mais rápida destes órgãos beneficiaria liberações precoces de substâncias alelopáticas em Aguará 4, o que resultaria em maior efeito inibitório desses genótipos com menores períodos de deposição, comparativamente aos genótipos AG 972 e BRS 122.

As análises do solo coletado na camada superficial (0-5 cm) revelaram concentração de amônio 17,7% superior no tratamento com o maior nível de palha (13.192 Kg), em relação ao nível mais baixo (Tabela 5.3).

TABELA 5.3 – Concentração de NH_4^+ no solo, em função dos níveis de palha de girassol depositados na superfície. UTFPR, *campus* Pato Branco, 2008.

| Níveis ($\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de palha) | mg.Kg solo de NH_4^+ |
|---|-------------------------------|
| 3.596 | 19,47 a |
| 13.192 | 23,65 b |

¹Médias seguidas de letras distintas, minúscula na coluna, diferem entre si pelo teste de D.M.S. ($P \leq 0,05$) = 2,24.
C.V. 28,48

Ao comparar-se os intervalos de permanência da palha na superfície do solo observou-se que 15 dias de permanência da palha apresentou a maior concentração de NH_4^+ no solo (24 mg.Kg de solo), sendo 31,5% superior ao intervalo de 60 dias de permanência da palha no solo, ocorrendo menor concentração (18,25 mg.Kg de solo de NH_4^+).

Observa-se que a partir dos 15 dias ocorre uma redução nas concentrações de NH_4^+ no solo (Figura 5.8). Isso pode ter ocorrido por lixiviação, uma vez que os vasos receberam irrigação durante todo o período do experimento, dessa forma quanto maior o tempo de permanência da palha maior foi número de vezes em que o processo de irrigação foi efetuado.

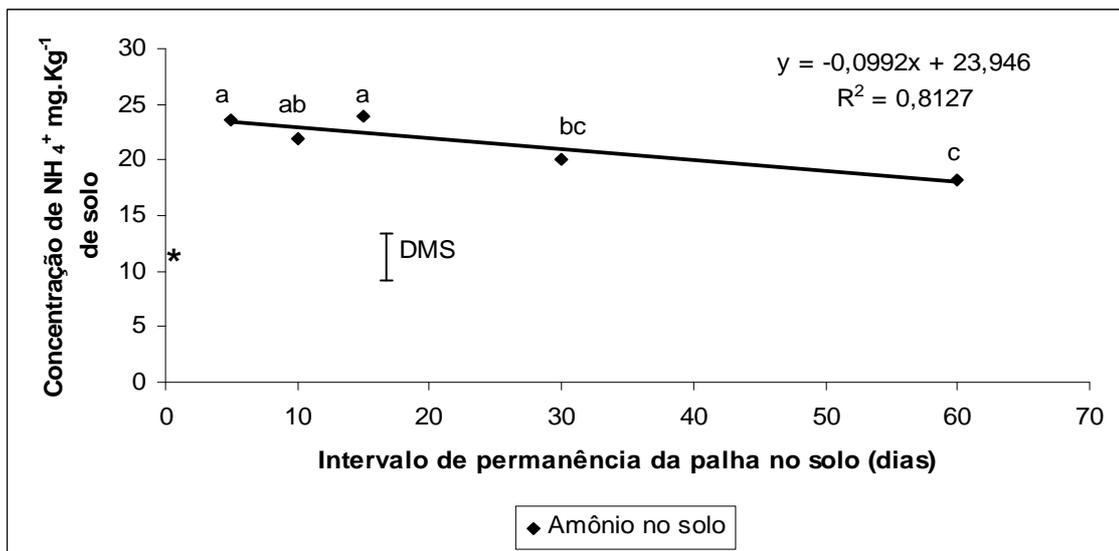


Figura 5.8 – Concentração de amônio (mg.Kg^{-1} de solo), em função de períodos de permanência da palha sobre o solo. UTFPR, Campus Pato Branco, 2008.

*. Média da testemunha sem palha na superfície. Comparação entre testemunha e demais tratamentos realizada através do valor correspondente à barra D.M.S. = 3,2. Letras distintas diferem pelo teste D.M.S. = 3,54.

Os solos coletados em todos os intervalos de deposição de palha apresentaram concentrações de NH_4^+ superiores à testemunha que não recebeu palha de girassol sobre a superfície. Solos avaliados após intervalo de 15 dias apresentou o maior incremento, sendo 51,6% superior à testemunha sem palha, que apresentou 11 mg NH_4^+ Kg de solo⁻¹). Observa-se que os teores de NH_4^+ em todos os intervalos diferiram da testemunha pelo teste DMS. Essa diferença tão grande pode ter sido intensificada, por processos de lixiviação, uma vez que os vasos que

receberam as testemunha permaneceram no local do experimento desde o início do mesmo, 60 dias antes da semeadura. Dessa forma, parte dos nutrientes podem ter sido perdidos por esse processo. A menor concentração de NH_4^+ no solo da testemunha sem palha, em relação ao tratamento com intervalo de permanência de 60 dias indica que, neste último, parte das perdas de NH_4^+ foram compensadas pelo processo de mineralização.

Ao determinarem a decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de aveia preta (*Avena strigosa*), ervilhaca comum (*Vicia sativa* L.) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) durante 182 dias, Aita & Giacomini (2003) também constataram que a maior parte da quantidade total de nitrogênio foi liberada nos primeiros 15 dias.

Com relação às concentrações de nitrato (NO_3^-) no solo, observou-se haver significância das interações níveis de palha x intervalo de permanência da palha no solo (Figura 5.9) e genótipo x intervalo de permanência da palha no solo (Figura 5.10).

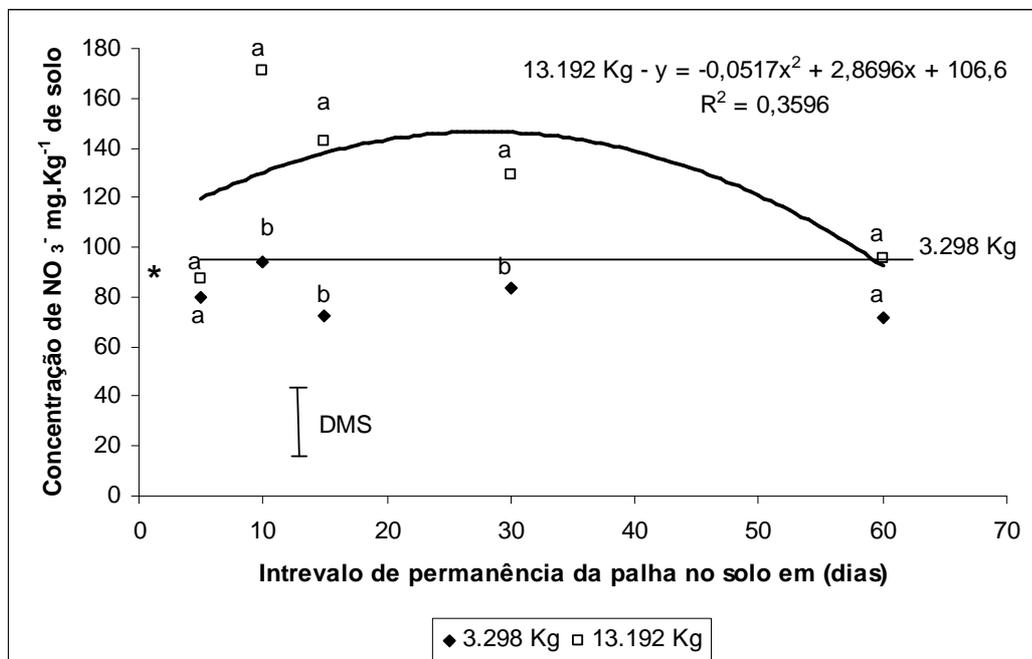


Figura 5.9 – Concentração de nitrato no solo (mg.Kg^{-1} de solo), em função da época de colocação de palha. UTFPR, Campus Pato Branco, 2008.

*. Média da testemunha sem palha na superfície. Comparação entre testemunha e demais tratamentos realizada através do valor correspondente à barra D.M.S. = 33,8.

.Letras distintas na vertical diferem significativamente pelo teste D.M.S. = 32,8.

O teor médio no solo com nível de 13.192 Kg de palha apresentou diferença superiores de 35,3; 49,1 e 45,2%, respectivamente, para os intervalos de 10, 15 e 30 dias em relação ao nível de 3.298 Kg.ha⁻¹ de palha.

A maior diferença de teores de (NO₃⁻) entre níveis de palha foi registrada no intervalo de 15 dias de permanência da palha sobre o solo (Figura 5.9).

Comparados à testemunha, os intervalos de 30, 15 e 10 dias, no nível 13.192 Kg palha ha⁻¹ apresentaram incrementos de concentração de NO₃⁻ no solo de 35,4, 49,5 e 79,3%, respectivamente (Figura 5.9). Numericamente a maior concentração de nitrato no solo foi registrado no intervalo de 10 dias (171,35 mg.Kg de solo), valor 91,3% superior ao valor da testemunha sem palha (95,58 mg.Kg de solo) (Figura 5.9).

Aos 10 dias, Aguará 4 resultou em incremento de 12,5% no teor de NO₃⁻ no solo em relação a BRS 122. Aos 30 dias, BRS 122 proporcionou teor de NO₃⁻ no solo 36,9% superior ao proporcionado por AG 972 (Figura 5.10).

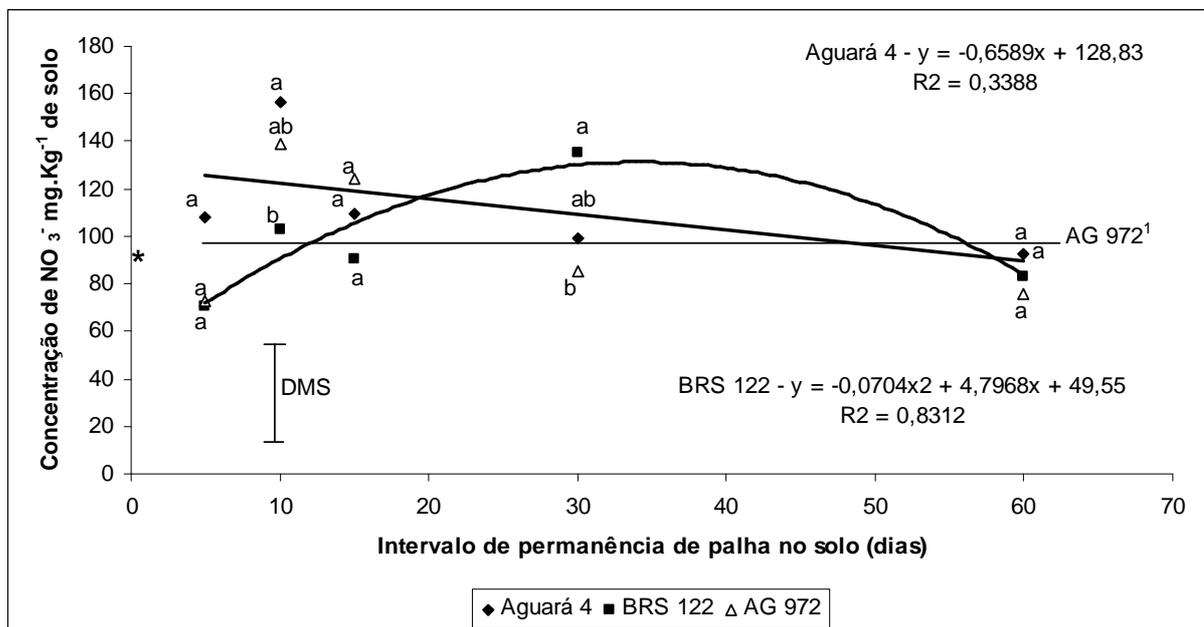


Figura 5.10 – Concentração de nitrato no solo (mg.Kg⁻¹), em função da época de colocação de palha. UTFPR, Campus Pato Branco, 2008.

*. Média da testemunha sem palha na superfície. Comparação entre testemunha e demais tratamentos realizada através do valor correspondente à barra D.M.S. = 41,4.

Letras iguais na vertical não diferem pelo teste D.M.S = 48,24.

¹ Médias diferem pelo teste F ($P \leq 0,05$).

O genótipo Aguará 4 apresentou a partir dos 10 dias redução linear na concentração de nitrato no solo, em relação ao aumento do tempo de permanência da palha sobre o solo. No entanto o menor valor observado para esse genótipo, ocorrido aos 60 dias de deposição da palha não diferiu das concentrações registradas pelos demais genótipos (Figura 5.10).

Comparados a testemunha sem palhas apenas no intervalo de 10 dias houve diferença significativa, ocorrendo incremento na concentração de nitrato no solo para os genótipos aguará 4 e AG 972

Os níveis de NO_3^- e NH_4^+ no solo, registrados no momento da semeadura da espécie alvo reforçam a hipótese de que aleloquímicos estejam interferindo no desenvolvimento de plantas de *Bidens* spp., uma vez que os intervalos de deposição de palha em que foram atingidas as maiores concentrações de N coincidiram com intervalos que proporcionaram maiores inibições da germinação e desenvolvimento das plantas de *Bidens* spp., enquanto se esperava resposta contrária, uma vez que esse nutriente em maior concentração deveria incrementar o potencial de germinação e desenvolvimento das plantas.

Também, na comparação com a testemunha em que não havia palha, as variáveis analisadas demonstraram com freqüência, efeitos inibitórios sobre a germinação e o desenvolvimento das plantas de *Bidens* spp. nos tratamentos com a presença de palha na superfície, efeito este que contrasta com a maior disponibilidade de N no solo nos mesmos tratamentos. Dessa forma, há fortes indícios de que outros fatores, como a liberação de compostos alelopáticos oriundos da palha de girassol, sejam responsáveis pelos efeitos inibitórios. Como a resposta das plantas de *Bidens* spp. representa um saldo dos efeitos estimulatórios e inibitórios que ocorrem no solo, é bastante provável, também, que efeitos inibitórios resultantes da presença de substâncias alelopáticas liberadas por plantas de girassol estejam sendo atenuados pela maior disponibilidade de N no solo.

5.4 CONCLUSÕES

As variáveis avaliadas não permitem distinguir diferenças de potencial alelopático da palha entre os três genótipos testados, com exceção da matéria seca da parte aérea das plantas de *Bidens* spp.

Em geral, a combinação de período de deposição de 15 dias e 13.192 Kg palha de girassol ha⁻¹ foi a responsável pelos maiores efeitos inibitórios sobre as plantas de *Bidens* spp.

O percentual de decomposição da palha apresentou resposta quadrática com tendência à estabilização com o aumento no número de dias de deposição da palha sobre o solo.

Maiores concentrações de nitrato e amônio no solo estiveram associadas a intervalos de permanência da palha de girassol sobre o solo mais curto, entre 10 e 30 dias.

6. CONCLUSÕES GERAIS

A técnica de semeadura em substituição, utilizando plântulas de girassol como espécie doadora, é adequada para detectar efeitos alelopáticos de girassol. Esses efeitos variam entre estimulatórios, neutros e inibitórios, e dependem da espécie alvo e da parte da planta considerada na avaliação.

As plantas de girassol são capazes de estimular o crescimento radicular das plântulas de tomate em 147% e inibir o crescimento radicular das de trigo em 22%. São capazes de inibir o crescimento epígeo das plântulas de picão-preto, trigo e corda-de-viola, correspondentes a, respectivamente, 42%, 47% e 38%, em relação aos tratamentos sem a presença dessa espécie.

A técnica da semeadura de substituição identificou grande variabilidade de potencial alelopático entre genótipos de girassol sobre *Bidens* spp.

A técnica da semeadura em substituição é adequada para discriminar genótipos de girassol entre estimulatórios, neutros ou inibitórios à germinação e crescimento de plântulas de *Bidens* spp..

Através do cálculo da média ponderada das variáveis germinação, comprimento de raiz e comprimento de parte aérea, classificaram-se os genótipos de girassol Aguará 4 e AG 972 como sendo, respectivamente, o mais e menos inibitório para *Bidens* spp.

O incremento dos níveis de palha de girassol na superfície do solo, independentemente do genótipo utilizado, até o nível de 13.192 Kg.ha⁻¹ provocou redução significativa no percentual de emergência e no índice de velocidade de emergência de *Bidens* spp. Apenas a palha do genótipo de girassol Aguará 4 apresentou potencial de inibição do crescimento da parte aérea da espécie alvo. O efeito sobre o crescimento do sistema radicular foi difícil de interpretar biologicamente.

Em geral, a combinação de período de deposição de 15 dias e 13.192 Kg palha de girassol ha⁻¹ foi a responsável pelos maiores efeitos inibitórios sobre as plantas de *Bidens* spp.

De uma forma geral, não foi possível distinguir diferenças de efeito residual da palha entre os três genótipos testados.

7. REFERÊNCIAS

AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.601-612, 2003.

ALMEIDA, F.S. A alelopatia e as plantas. **Circular técnica 53**, Londrina: Fundação IAPAR, p.60, 1988.

ALMEIDA, R.A. de; GARCIA, J.; CHAVES, R.Q. Efeito de diversas espécies de cobertura morta sobre o controle de plantas daninhas da cultura do milho (*Zea mays*). **Anais das Escolas Agrônoma e Veterinária**, v.26, n.2, p.71-78, 1996. Disponível em: <http://www.revistas.ufg.br/index.php/pat/article/view/2940/2987>. Acessado em 12 – 01 – 2009.

ANJUM, T. et al.; Allelopathic potential of *Helianthus annuus* L. (sunflower) as natural herbicide. **Proceedings of the 4th World Congress on Allelopathy**, Sturt University, Wagga Wagga, NSW, Australia, 2005. International Allelopathy Society. Disponível em: www.regional.org.au.au.allelopathy-2005-2-7-2252_anjum.htm. Acessado em 20/07/2008.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F. da; RIZZARDI, M.A. Manejo do nitrogênio no milho em semeadura direta em sucessão a espécies de cobertura de solo no inverno e em dois locais. II - Efeito sobre o rendimento de grãos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 4, p. 587-593, 1999.

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

BORGES, F.C.; et al. Potencial alelopático de duas neolignanas isoladas de folhas de *Virola surinamensis* (Myristicaceae). **Planta Daninha**, Viçosa, v.25, p.51-59, 2007.

BORTOLINI, C.G.; et al. Rendimento de grãos de milho cultivado após aveia-preta em resposta a adubação nitrogenada e regime hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 9, p. 1101-1106, 2001.

BOGATEK, R.; et al. Sunflower allelochemicals mode of action in germinating mustard seeds. **Proceedings of the 4th World Congress on Allelopathy**, Sturt

University, Wagga Wagga, NSW, Australia. August 2005. International Allelopathy Society. Disponível em: http://www.regional.org.au/au/allelopathy/2005/2/2/2408_bogatekr.htm. Acessado em 20 - 9 - 2008.

CASTRO, C.; FARIAS, J.R.B. Ecofisiologia do Girassol. In: LEITE, R. V. B. de C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. **Girassol no Brasil**, Embrapa Soja, Londrina, 2005

CIARKA, D.; GAWRONSKA, H.; GAWRONSKI, S.W. (2004) Crops species reaction to sunflower allelopathics. **Proceedings of Second European Allelopathy Symposium "Allelopathy - from understanding to application"**, Pulawy, Poland, p.123, 2004. Disponível em: <http://seas.iung.pulawy.pl/pdf/str123.pdf> Acessado em 8 - 10- 2008.

COBUCCI, T.; DI STEFANO, J.G.; KLUTHCOUSKI, J. **Manejo de plantas daninhas na cultura do feijoeiro em plantio direto**, Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, Circular Técnica 35, p.56, 1999.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/GirassolSerieHist.xls>. Acessado em 10 – 12 - 2008.

CORREIA, N.M.; DURIGAN, J.C. Emergência de plantas daninhas em solo coberto com palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, v.22, n. 1, p.11-17, 2004.

CORREIA, N.M.; DURIGAN, J.C.; KLINK, U.P. Influência do tipo e da quantidade de resíduos vegetais na emergência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n.2, p.245-253, 2006.

DALL'AGNOL, A.; VIEIRA, O.V.; CAMPOS LEITE, R.M.V.B. de. Origem e Historia do girassol. In: LEITE, R.V.B. de C.; BRIGHENTI, A.M; CASTRO, C. **Girassol no Brasil**, Embrapa Soja, Londrina, 2005.

DALTON, B.R.; BLUM, U.; WEED, S.B. Differential sorption of exogenously applied ferulic, p-coumaric, p- hydroxybenzoic, and vanillic acids in soil. **Soil Science Society America Journal**, Madison, v. 53, n.3, p.757 – 762, 1989.

DA ROS, A.O.; AITA, C. Efeito de espécies de inverno na cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.20, n.1, p.135-140, 1996.

DE SCISCILO, B.; LEOPOLD, D.J.; WALTON, D.C. Seasonal patterns of juglone in soil beneath *Juglans nigra* (black walnut) and influence of *J. nigra* on understory vegetation. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v.16, n.4, p.1111 – 1132, 1990.

ERASMO, E.A.L.; et al. Potencial de espécies utilizadas como adubo verde no manejo integrado de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v.22, n.3, p.337-342, 2004.

EINHELLIG, F.A. Interactions involving allelopathy in cropping systems. **Agronomy Journal**, Madison, v.88, n.6, p.886-893, 1996.

EVANGELISTA, A.R.; LIMA, J.A. Utilização de silagem de girassol na alimentação animal. **Anais do Simpósio Sobre Produção e Utilização de Forragens Conservadas**, Maringá: UEM/CCA/DZO, P.177-217, 2001.

FAO - **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor> Acessado em: 10 – 12 – 2008.

FAVERO, C.; et al. Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.11, p.1355-1362, 2001.

FERREIRA, A.G.; ÁQUILA, M.E.A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Ed. Especial, Londrina, v.12, p.175-204, 2000.

FLECK, N. G.; et al. Interferência de picão-preto e guanxuma com a soja: efeitos da densidade de plantas e época relativa de emergência. **Ciência Rural**, v.34, n.1, 2004.

FUERST, E.P.; PUTNAM, A.R. Separating the competitive and allelopathic components of interference: theoretical principles. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v.9, n.8, p.937-944, 1983.

FUJII, Y.; et al. O. Screening of 239 medicinal plant species for allelopathic activity using the sandwich method. **Weed Biology and Management**, v.3, p.233-241, 2003.

GAWRONSKA, H.; et al. Comparative studies on wheat and mustard responses to allelochemicals of sunflower origin. **In the Proceedings of Second European**

Allelopathy Symposium "Allelopathy - from understanding to application", Pulawy, Poland, p.28, 2004. Disponível <http://seas.iung.pulawy.pl/pdf/str28.pdf> Acessado em 10 - 10 -2008.

GAZZONI, D.L.; Óleo de girassol como matéria-prima para biocombustíveis. In: LEITE, R. V. B. de C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. **Girassol no Brasil**, Embrapa Soja, Londrina, 2005

HE, H-Q.; et al. Genetic diversity in allelopathic rice accessions (*Oryza sativa* L.). **4th International Crop Science Congress**, Austrália, 2004. Disponível em: http://www.cropscience.org.au/icsc2004/poster/3/3/1/685_he.htm

JACOBI, U.S.; FLECK, N.G. Avaliação do potencial alelopático de genótipos de aveia no início do ciclo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.1, 2000.

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

INDERJIT.; DAKSHINI, K.M.M. On laboratory bioassays in allelopathy. **The Botanical Review**, New York, v.61, n.1, p.29-44, 1995.

IRONS, S.M.; BURNSIDE, O.C. Competitive and allelopathic effects of sunflower (*Helianthus annuus*). **Weed Science**, Champaign, V.30, p. 372-377, 1982.

LAZZAROTO, J.J.; ROESSING, A.C.; MELLO, H.C. O agronegócio do girassol no mundo e no Brasil. In: LEITE, R.V.B. de C; BRIGHENTI, A. M; CASTRO, C. **Girassol no Brasil**, Embrapa Soja, Londrina, 2005.

LEATHER, E.R. Weed control using allelopathic crop plants. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v.9, n.8, 1983.

LEATHER, E.R. Weed control using allelopathic sunflower and herbicides. **Plant and Soil**, Hange, v. 98, n.1, p.17-23, 1987.

LEITE, R.V.B. de C; BRIGHENTI, A.M; CASTRO, C. **Girassol no Brasil**, Embrapa Soja, Londrina, 2005.

MACÍAS, F.A.; et al. Structural Elucidation and Chemistry of a Novel Family of Bioactive Sesquiterpenes: Heliannuols. **Journal of Organic Chemistry**, Washington, v.59, p.8261-8266, 1994.

MACÍAS, F.A.; et al. Bioactive norsesquiterpenes from *Helianthus annuus* with potential allelopathic activity. **Phytochemistry**, Oxford, v.48, n.4, p.631-636, 1998.

MACÍAS, F.A.; et al. Bioactive terpenoids from sunflower leaves cv. Peredovick. **Phytochemistry**, Oxford, v.61, p.687-692, 2002.

MACÍAS, F.A.; et al. Allelopathy as a new strategy for sustainable ecosystems development. **Biological sciences in space**, Japão, v.17, n.1, p18-23, 2003.

MANDARINO, J.M.G; Óleo de girassol como alimento funcional. In: LEITE, R.V.B. de C; BRIGHENTI, A.M; CASTRO, C. **Girassol no Brasil**, Embrapa Soja, Londrina, 2005.

MARTINS, D. et al; Emergência em campo de dicotiledôneas infestantes em solo coberto com palha de cana-de-açúcar. **Plantas Daninhas**, Viçosa V.17, n.1, 1999.

MAZZAFERA, P. Efeito alelopático do extrato alcoólico do cravo-da-índia e eugenol. **Revista brasileira de Botânica**, São Paulo, v.26, n.2, p.231-238, 2003.

MELLO, R. NÖRNBERG, J.L.; ROCHA, M.G. da. Potencial produtivo e qualitativo de híbridos de milho, sorgo e girassol para ensilagem. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.10, n.1, p.87-95, 2004.

MESCHEDE, D.K.; FERREIRA, A.B.; RIBEIRO JR., C.C. Avaliação de diferentes coberturas na supressão de plantas daninhas no cerrado. **Planta Daninha**, Viçosa, v.25, n.3, p. 465-471, 2007.

MORRIS, P.J., PARRISH, D.J. Effects of sunflower residues and tillage on winter wheat. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.29: p.317-327. 1992.

NIMBAL, C.I.; et al. Phytotoxicity and distribution of sorgoleone in grain sorghum germplasm. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.44, n.5, p. 1343-1347, 1996.

NUNES, A.L. **Persistência e lixiviação dos herbicidas residuais S-metolochlor e imazaquin associados ao paraquat ou glyphosate**, 2007. p.120. Dissertação (Mestre em Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.

OHNO, S., et al. A species-selective allelopathic substance from germinating sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds. **Phytochemistry**, Oxford, v.56, p.577-581. 2001.

OLIBONE, D; et al. Crescimento inicial da soja sob efeito de resíduos de sorgo. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.24, n.2, p.255-261, 2006.

OLIVEIRA, M.F. de; et al. Efeito da palha e da mistura atrazine e metolachlor no controle de plantas daninhas na cultura do milho, em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.1, p.37-41, 2001.

OLOFSDOTTER, M.; et al. Weed-suppressing rice cultivars: does allelopathy play a role? **Weed Research**, v.39, p.441-454, 1999.

PEIXOTO, M.F. **Resíduos de sorgo e doses de Imazamox no controle de plantas daninhas na soja sob plantio direto**. Dissertação (Mestre em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras. 1999.

PIRES, N.M. de; et al. Atividade alelopática da leucena sobre espécies de plantas daninhas. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.58, n.1, p.61-65, 2001.

PITELLI, R.A. Competição e controle das plantas daninhas em áreas agrícolas. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v.4, n.12, p.1-24, 1987.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, p.289, 1977.

PRATES, H.T.; et al. Efeito do extrato aquoso de leucena na germinação e no desenvolvimento do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.5, 2000.

PRATLEY, J.E.; NA, M. HAIG, T. Following a specific protocol establish allelopathy conclusively – Na Australian case study. In: MACÍAS, F.A.; GALINDO, J.C.G.; MOLINILLO, J.M.G.; CUTLER, H.G. (Ed.). **RECENT advances in allelopathy; a science for the future**, Cadiz: Universidade de Cadiz, p.63-70, 1999.

PUTNAM, A.R.; DUKE, W.B. Biological suppression of weeds: evidence for allelopathy in accessions of cucumber. **Science**, Washington, v.185, n.3, p. 370-372, 1974.

RADOSEVICH, S.; HOLT, J.; GHERSA, C. **Weed ecology: implications for management**, ed. 2, New York: Wiley, 1997.

REZENDE, C.P. de; et al. Alelopatia e suas interações na formação e manejo de pastagens. **Boletim Agropecuário, Universidade Federal de Lavras**, Lavras, n. 54, p.1-55, maio, 2003a.

REZENDE, A.V.; et al. Efeito da densidade de semeadura sobre a produtividade e composição bromatológica de silagens de girassol (*Helianthus annuus*). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras. Edição Especial, p.1672-1678, dez., 2003b.

RICE, E.L. **Allelopathy**, ed. 2, New York: Academic, p. 422, 1984.

RIZZARDI, M.A.; SILVA, L.F.; VARGAS, L. Controle de plantas daninhas em milho em função de quantidades de palha de nabo forrageiro. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 263-270, 2006.

RIZVI, S.J.H.; RIZVI, V. Exploitation of allelochemicals in improving crop productivity. In: Rizvi, S.J.H.; RIZVI, V. (Ed.). **Allelopathy: basic and applied aspects**. London: Chapman & Hall, p. 443-472, 1992.

ROTH, C.M.; SHROYER, J. P.; PAULSEN, G.M. Allelopathy of sorghum on wheat under several tillage systems. **Agronomy Journal**, Madison, v.92, n. 5, p. 855-860, 2000.

SANTOS, J.C.F.; et al. Influência alelopática das coberturas mortas de casca de café (*Coffea arabica* L.) e casca de arroz (*Oryza sativa* L.) sobre o controle do caruru-de-mancha (*Amaranthus viridis* L.) em lavoura de café. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.5, p. 1105-1118, 2001.

SALVADOR, F.L. Manejo e interferência das plantas daninhas em soja: uma revisão. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v.13, n.2, p. 158-175, 2006.

SCALÉA M. Viabilização da propriedade rural através da Integração Lavoura/Pecuária. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, 2006.

SCOPEL, A.L; BALLARE, C.L; SANCHEZ, R.A. Induction of extreme light sensitivity in buried weed seeds and its role in the perception of soil cultivations. **Plant Cell and Environment**, Oxford, v.14, p. 501-508. 1991.

SCHON, M.K.; EINHELLIG, F.A. Allelopathic effects of cultivated sunflower on grain sorghum. **Botanical Gazette**, Chicago, v. 143, p. 505-510, 1982.

SEAL, A.N; PRATLEY, J; HAIG, T. Evaluation of rice varieties for allelopathic effects on Australian rice weeds - linking laboratory to field. **Proceedings of Second European Allelopathy Symposium "Allelopathy - from understanding to application"**, Pulawy, Poland, p. 3-5, p.123, 2004. Disponível em: http://www.regional.org.au/au/allelopathy/2005/1/4/2364_sealan.htm Acessado em 20 - 10- 2008.

SILVA, F.C., **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes**, Brasília, Embrapa, p.370, 1999.

SODRÉ FILHO, J.; et al. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.4, p.327-334, 2004.

SOUZA FILHO, A.P.S.; RODRIGUES, L.R.A.; RODRIGUES, T.J.D. Efeitos do potencial alelopático de três leguminosas forrageiras sobre três invasoras de pastagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.2, p.165-170, 1997.

SOUZA FILHO, A.P.S. Interferência potencialmente alelopática do capim-gengibre (*Paspalum maritimum*) em áreas de pastagens cultivadas. **Planta Daninha**, Viçosa, v.24, n.3, 2006 a.

SOUZA FILHO, A.P.S. Proposta metodológica para análise da ocorrência de sinergismo e efeitos potencializadores entre aleloquímicos. **Planta Daninha**, Viçosa, v.24, n.3, p.607-610, 2006 b.

SOUZA FILHO, A. P. S; et al. Potencial alelopático de *Myrcia guianensis*. **Planta Daninha**, Viçosa, v.24, n.4, p.649-656, 2006c.

SOUZA FILHO, A.P.S.; ALVES, S.M; FIGUEIREDO, F.J.C. Efeitos alelopáticos do calopogônio em função de sua idade e da densidade de sementes da planta receptora. **Planta Daninha**, Viçosa, v.21, n.2, p.211-218, 2003.

SOUZA FILHO, A.P.S.; BORGES, F.C.; SANTOS, L.S. Análise comparativa dos efeitos alelopáticos das substâncias químicas tironina e tironina acetilada. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 2, 2006.

TREZZI, M. M. *Avaliação do potencial alelopático de genótipos de sorgo*. 2002. **Tese (Doutorado em Fitotecnia)** - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

TREZZI, M.M.; VIDAL, R.A. Potencial de utilização de cobertura vegetal de sorgo e milho na supressão de plantas daninhas em condição de campo: II – efeitos da cobertura morta. **Planta Daninha**, Viçosa, v.22, p.1-10, 2004.

TREZZI, M.M. et al. Purificação e identificação de sorgoleone e sua quantificação em genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). **Pesticidas: r. ecotoxic. e meio ambiente**, Curitiba, v.15, n.1, p.105-112, 2005.

TREZZI, M.M.; et al. Efeitos de resíduos da parte aérea de sorgo, milho e aveia na emergência e no desenvolvimento de plântulas de leiteiro (*Euphorbia heterophylla*) resistentes a inibidores da ALS. **Planta Daninha**, Viçosa, v.24, n.3, p.443-450, 2006.

TEASDALE, J.R.; MOHLER, C.L. Light transmittance, soil temperature, and soil moisture under residue of hairy vetch and rye. **Agronomy Journal**, Madison, v.85, n.3, p.673-680, 1993.

THEISEN, G; VIDAL, R.A. Efeito da cobertura do solo com resíduos de aveia preta nas etapas do ciclo de vida do capim-marmelada. **Planta Daninha**, Viçosa, v.17, n.2, 1999.

THEISEN, G.; VIDAL, R.A.; FLECK, N.G. Redução da infestação de *Brachiaria plantaginea* em soja pela cobertura do solo com palha de aveia-preta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.4, p.753-756, 2000.

TOLEDO, R.E.B. et al. Fatores que afetam a germinação e a emergência de *Xanthium strumarim* L.: dormência, qualidade da luz e profundidade de semeadura. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 11, p. 15-20, 1993.

TOKURA, L.K; NÓBREGA, L.H.P. Alelopatia de cultivos de cobertura vegetal sobre plantas infestantes. **Acta Science Agronomy**, Maringá, v.28, n.3, p.379-384, 2006.

VIDAL, R.A. **Amount of crop residues in no-till farming affects weed-crop ecosystems**. West Laffayette (EUA): Purdue University, 1995, p.161, Tese de Doutorado. Purdue University, West Laffayette, EUA. 1995.

VIDAL, R.A. & BAUMAN, T.T. Surface wheat (*Triticum aestivum*) residues, giant foxtail (*Setaria faberi*), and soybean (*Glycine max*) yield. **Weed science**, Champaign, v.44, n. 5, p. 939-946, 1996.

VIDAL, R.A.; TREZZI, M.M. Potencial da utilização de coberturas vegetais de sorgo e milho na supressão de plantas daninhas em condição de campo: I - plantas em desenvolvimento vegetativo. **Planta Daninha**, Viçosa, v.22, n.2, p.217-223, 2004.

WALLER, G.R.; FENG, M.C.; FUJII, Y. Biochemical analysis of allelopathic compounds: plants, microorganisms, and soil secondary metabolites. In: INDERJIT, DAKSHINI, K. M. .M.; FOY, C. L. (Eds.). **Principles and practices in plant ecology: allelochemical interactions**. Boca Raton: CRC Press, p.77-98. 1999.

WEIDENHAMER, J.D. Distinguishing resource competition and chemical interference: overcoming the methodological impasse. **Agronomy Journal**, Madison, v.88, n.6, p. 866-875, 1996.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Resumo da análise da variância da interferência de plântulas de girassol, cultivar BRS 122, sobre a germinação de seis espécies alvo

| Causas da variação | GL | QM | Prob. > F |
|-------------------------------------|-----------|-------------|--------------------|
| Espécie (1) | 5 | 3434,27083 | 0,001** |
| Presença de girassol (2) | 1 | 379,68750 | 0,10 ^{ns} |
| 1 x 2 | 5 | 200,93750 | 0,10 ^{ns} |
| Resíduo | 36 | 207,11806 | |
| Total | 47 | | |
| Coefficiente de variação (%) | | 24,2 | |

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$).

ns não significativo ($p \geq .05$).

APÊNDICE B – Resumo da análise da variância da interferência de plântulas de girassol, cultivar BRS 122, sobre o comprimento do sistema radicular de seis espécies alvo.

| Causas da variação | GL | QM | Prob. > F |
|-------------------------------------|-----------|----------|--------------------|
| Espécie (1) | 5 | 59,98948 | 0,001** |
| Presença de girassol (2) | 1 | 0,24367 | 0,10 ^{ns} |
| 1 x 2 | 5 | 2,69130 | 0,001** |
| Resíduo | 36 | 0,30513 | |
| Total | 47 | | |
| Coefficiente de variação (%) | | | |

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$).

ns não significativo ($p \geq .05$).

APÊNDICE C – Resumo da análise da variância da interferência de plântulas de girassol, cultivar BRS 122, sobre o comprimento da parte aérea de seis espécies alvo.

| Causas da variação | GL | QM | Prob. > F |
|-------------------------------------|-----------|--------------|-----------|
| Espécie (1) | 5 | 84,42802 | 0,001** |
| Presença de girassol (2) | 1 | 34,34741 | 0,001** |
| 1 x 2 | 5 | 11,76422 | 0,001** |
| Resíduo | 36 | 0,99939 | |
| Total | 47 | | |
| Coefficiente de variação (%) | | 23,38 | |

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$).

APÊNDICE D – Resumo da análise da variância da germinação e inibição/estimulação da germinação de sementes de *Bidens* spp. por diferentes genótipos de *H. annuus*.

| Causas da variação | GL | QM | Prob. > F |
|-------------------------------------|-----------|--------------|-----------|
| Espécie (1) | 23 | 348,86775 | 0,01416* |
| Resíduo | 72 | 174,95833 | |
| Total | 95 | | |
| Coefficiente de variação (%) | | 21,37 | |

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$).

APÊNDICE E – Resumo da análise da variância do comprimento radicular e estímulo/inibição do comprimento radicular de *Bidens* spp. por diferentes genótipos de *H. annuus*

| Causas da variação | GL | QM | Prob. > F |
|------------------------------------|-----------|--------------|-----------|
| Espécie (1) | 23 | 1,52620 | 0,001** |
| Resíduo | 72 | 0,28023 | |
| Total | 95 | | |
| Coeficiente de variação (%) | | 22,35 | |

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$).

APÊNDICE F – Resumo da análise da variância do comprimento da parte aérea e estímulo/inibição do comprimento da parte aérea de *Bidens* spp. por diferentes genótipos de *H. annuus*.

| Causas da variação | GL | QM | Prob. > F |
|------------------------------------|-----------|--------------|-----------|
| Espécie (1) | 23 | 1,67072 | 0,001** |
| Resíduo | 72 | 0,1204 | |
| Total | 95 | | |
| Coeficiente de variação (%) | | 10,98 | |

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$).

APÊNDICE G – Resumo da análise da variância da emergência d de plantas *B.pilosa* aos vinte e um dias após a semeadura, em função dos diferentes níveis de palha sobre o solo. UTFPR, campus Pato Branco, 2008.

| Causas da variação | GL | QM | Prob. > F |
|------------------------------------|-----------|--------------|-----------------------|
| Espécie (1) | 2 | 29.4791667 | 0.75300 ^{ns} |
| Níveis de palha (2) | 4 | 940.3645833 | 0.00006** |
| 1 x 2 | 8 | 116.8489583 | 0.34790 ^{ns} |
| Resíduo | 45 | 101.3541667 | |
| Total | 59 | | |
| Coeficiente de variação (%) | | 36,04 | |

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$).

^{ns} não significativo ($p \geq .05$).

APÊNDICE H – Resumo da análise da variância do índice de velocidade de emergência de plantas *B.pilosa* durante vinte e um dias após a semeadura, em função dos diferentes níveis de palha sobre o solo. UTFPR, campus Pato Branco, 2008.

| Causas da variação | GL | QM | Prob. > F |
|------------------------------------|-----------|--------------|-----------------------|
| Espécie (1) | 2 | 0.2421502 | 0.95775 ^{ns} |
| Níveis de palha (2) | 4 | 99.0692453 | 0.00001** |
| 1 x 2 | 8 | 7.6880501 | 0.23198 ^{ns} |
| Resíduo | 45 | 5.5833897 | |
| Total | 59 | | |
| Coeficiente de variação (%) | | 28,83 | |

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$).

^{ns} não significativo ($p \geq .05$).

APÊNDICE I – Resumo da análise da variância da população final de plantas *B.pilosa* aos vinte e um dias após a semeadura, em função dos diferentes níveis de palha sobre o solo. UTFPR, *campus* Pato Branco, 2008.

| Causas da variação | GL | QM | Prob. > F |
|------------------------------------|-----------|---------------|-----------------------|
| Espécie (1) | 2 | 2026.2252847 | 0.69556 ^{ns} |
| Níveis de palha (2) | 4 | 61316.6482087 | 0.00002 ^{**} |
| 1 x 2 | 8 | 5493.6383772 | 0.44052 ^{ns} |
| Resíduo | 45 | 5422.3993443 | |
| Total | 59 | | |
| Coeficiente de variação (%) | | 28,36 | |

^{**} significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$).

^{ns} não significativo ($p \geq .05$).

APÊNDICE J – Resumo da análise da variância do comprimento da parte aérea de plantas *B.pilosa* aos doze dias após a semeadura, em função dos diferentes níveis de palha sobre o solo. UTFPR, *campus* Pato Branco, 2008.

| Causas da variação | GL | QM | Prob. > F |
|------------------------------------|-----------|--------------|-----------------------|
| Espécie (1) | 2 | 0.1796486 | 0.15523 ^{ns} |
| Níveis de palha (2) | 4 | 0.0583999 | 0.64859 ^{ns} |
| 1 x 2 | 8 | 0.2005963 | 0.04940 [*] |
| Resíduo | 45 | 0.0931159 | |
| Total | 59 | | |
| Coeficiente de variação (%) | | 11,81 | |

^{*} significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$).

^{ns} não significativo ($p \geq .05$).

APÊNDICE K – Resumo da análise da variância do comprimento parte aérea de plantas *B.pilosa* aos vinte e um dias após a semeadura, em função dos diferentes níveis de palha sobre o solo. UTFPR, *campus* Pato Branco, 2008.

| Causas da variação | GL | QM | Prob. > F |
|------------------------------------|-----------|--------------|-----------------------|
| Espécie (1) | 2 | 0.8117929 | 0.23151 ^{ns} |
| Níveis de palha (2) | 4 | 0.2476949 | 0.76742 ^{ns} |
| 1 x 2 | 8 | 0.2537829 | 0.87049 ^{ns} |
| Resíduo | 45 | 0.5391221 | |
| Total | 59 | | |
| Coeficiente de variação (%) | | 11,93 | |

^{ns} não significativo ($p \geq .05$).

APÊNDICE L – Resumo da análise da variância do comprimento radicular de plantas *B.pilosa* aos vinte e um dias após a semeadura, em função dos diferentes níveis de palha sobre o solo. UTFPR, *campus* Pato Branco, 2008.

| Causas da variação | GL | QM | Prob. > F |
|------------------------------------|-----------|--------------|-----------------------|
| Espécie (1) | 2 | 8.3293533 | 0.04043 [*] |
| Níveis de palha (2) | 4 | 2.3252868 | 0.55633 ^{ns} |
| 1 x 2 | 8 | 5.4665072 | 0.04126 [*] |
| Resíduo | 45 | 2.4387887 | |
| Total | 59 | | |
| Coeficiente de variação (%) | | 10,34 | |

^{*} significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$).

^{ns} não significativo ($p \geq .05$).

APÊNDICE M – Resumo da análise da variância da matéria seca da parte aérea de plantas *B.pilosa* aos vinte e um dias após a semeadura, em função dos diferentes níveis de palha sobre o solo. UTFPR, *campus* Pato Branco, 2008.

| Causas da variação | GL | QM | Prob. > F |
|------------------------------------|-----------|---------------|-----------------------|
| Espécie (1) | 2 | 0.0010276 | 0.17918 ^{ns} |
| Níveis de palha (2) | 4 | 0.0003091 | 0.71408 ^{ns} |
| 1 x 2 | 8 | 0.0005133 | 0.53533 ^{ns} |
| Resíduo | 45 | 0.0005785 | |
| Total | 59 | | |
| Coeficiente de variação (%) | | 36,120 | |

^{ns} não significativo (p >= .05).

APÊNDICE N – Resumo da análise da variância da matéria seca do sistema radicular de plantas *B.pilosa* aos vinte e um dias após a semeadura, em função dos diferentes níveis de palha sobre o solo. UTFPR, *campus* Pato Branco, 2008.

| Causas da variação | GL | QM | Prob. > F |
|------------------------------------|-----------|---------------|-----------------------|
| Espécie (1) | 2 | 0.0000287 | 0.18895 ^{ns} |
| Níveis de palha (2) | 4 | 0.0000304 | 0.13973 ^{ns} |
| 1 x 2 | 8 | 0.0000128 | 0.63568 ^{ns} |
| Resíduo | 45 | 0.0000167 | |
| Total | 59 | | |
| Coeficiente de variação (%) | | 31,152 | |

^{ns} não significativo (p >= .05).

APÊNDICE O – Resumo da análise da variância do percentual de emergência de plantas de *B.pilosa* aos vinte e um dias após a semeadura, em função do tempo de permanência da palha no solo. UTFPR, *campus* Pato Branco, 2008.

| Causas da variação | GL | QM | Prob. > F |
|------------------------------------|------------|--------------|-----------------------|
| Genótipo (1) | 2 | 1,8070888 | 0,60690 ^{ns} |
| Intervalo de permanência (2) | 4 | 3,0724914 | 0,17665 ^{ns} |
| Níveis (3) | 1 | 0,7693041 | 0,53378 ^{ns} |
| 1 x 2 | 8 | 2,0735076 | 0,37825 ^{ns} |
| 1 x 3 | 2 | 2,1071904 | 0,33570 ^{ns} |
| 2 x 3 | 4 | 3,4671071 | 0,13068 ^{ns} |
| 1 x 2 x 3 | 8 | 1,6949003 | 0,52893 ^{ns} |
| Resíduo | 90 | 1,9042881 | |
| Total | 119 | | |
| Coeficiente de variação (%) | | 20,95 | |

ns não significativo (p >= .05)

APÊNDICE P – Resumo da análise da variância do percentual de emergência de plantas de *B. pilosa* aos vinte e um dias após a semeadura, com a presença da testemunha, em função do tempo de permanência da palha no solo. UTFPR, campus Pato Branco, 2008.

| Causas da variação | GL | QM | Prob. > F |
|------------------------------------|------------|--------------|-----------------------|
| Genótipo (1) | 2 | 1,5059201 | 0,60157 ^{ns} |
| Intervalo de permanência (2) | 5 | 5,3167924 | 0,00842 ^{**} |
| Níveis (3) | 1 | 0,6411122 | 0,53682 ^{ns} |
| 1 x 2 | 10 | 1,7190398 | 0,39472 ^{ns} |
| 1 x 3 | 2 | 1,7559793 | 0,34089 ^{ns} |
| 2 x 3 | 5 | 2,7993241 | 0,13163 ^{ns} |
| 1 x 2 x 3 | 10 | 1,4261625 | 0,55062 ^{ns} |
| Resíduo | 108 | 1,6124352 | |
| Total | 143 | | |
| Coeficiente de variação (%) | | 18,87 | |

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (< .01).

ns não significativo ($p \geq .05$)

APÊNDICE Q – Resumo da análise da variância do índice de velocidade de emergência de plantas *B.pilosa* durante vinte e um dias, em função do intervalo de permanência da palha no solo. UTFPR, campus Pato Branco, 2008.

| Causas da variação | GL | QM | Prob. > F |
|------------------------------------|------------|---------------|-----------------------|
| Genótipo (1) | 2 | 12,1247752 | 0,54237 ^{ns} |
| Intervalo de permanência (2) | 4 | 23,0031495 | 0,32199 ^{ns} |
| Níveis (3) | 1 | 30,2105564 | 0,21275 ^{ns} |
| 1 x 2 | 8 | 22,1844943 | 0,34193 ^{ns} |
| 1 x 3 | 2 | 19,0738268 | 0,26991 ^{ns} |
| 2 x 3 | 4 | 15,9356411 | 0,57811 ^{ns} |
| 1 x 2 x 3 | 8 | 25,7112318 | 0,58666 ^{ns} |
| Resíduo | 90 | 19,3956027 | |
| Total | 119 | | |
| Coeficiente de variação (%) | | 39,197 | |

ns não significativo ($p \geq .05$).

APÊNDICE R – Resumo da análise da variância do índice de velocidade de emergência de plantas *B.pilosa* durante vinte e um dias, com a presença da testemunha, em função do intervalo de permanência da palha no solo. UTFPR, campus Pato Branco, 2008.

| Causas da variação | GL | QM | Prob. > F |
|------------------------------------|------------|--------------|-----------------------|
| Genótipo (1) | 2 | 10,1040575 | 0,54380 ^{ns} |
| Intervalo de permanência (2) | 5 | 19,7048068 | 0,30752 ^{ns} |
| Níveis (3) | 1 | 25,1756200 | 0,21342 ^{ns} |
| 1 x 2 | 10 | 18,1517389 | 0,35590 ^{ns} |
| 1 x 3 | 2 | 21,4259483 | 0,27092 ^{ns} |
| 2 x 3 | 5 | 16,2660487 | 0,42160 ^{ns} |
| 1 x 2 x 3 | 10 | 15,9356411 | 0,58666 ^{ns} |
| Resíduo | 90 | 19,3956027 | |
| Total | 119 | | |
| Coeficiente de variação (%) | | 36,18 | |

ns não significativo ($p \geq .05$).

APÊNDICE S – Resumo da análise da variância do comprimento da parte aérea de plantas *B.pilosa* aos doze dias após a semeadura, em função do intervalo de permanência da palha no solo. UTFPR, *campus* Pato Branco, 2008.

| Causas da variação | GL | QM | Prob. > F |
|------------------------------------|------------|-----------|-----------------------|
| Genótipo (1) | 2 | 0,0073638 | 0,97029 ^{ns} |
| Intervalo de permanência (2) | 4 | 0,3333359 | 0,24294 ^{ns} |
| Níveis (3) | 1 | 0,3111169 | 0,25662 ^{ns} |
| 1 x 2 | 8 | 0,1420882 | 0,78309 ^{ns} |
| 1 x 3 | 2 | 0,1959228 | 0,55124 ^{ns} |
| 2 x 3 | 4 | 0,5328073 | 0,07202 ^{ns} |
| 1 x 2 x 3 | 8 | 0,1509651 | 0,75262 ^{ns} |
| Resíduo | 90 | 0,2398968 | |
| Total | 119 | | |
| Coeficiente de variação (%) | | 16 | |

ns não significativo ($p \geq .05$)

APÊNDICE T – Resumo da análise da variância do comprimento da parte aérea de plantas *B.pilosa* aos doze dias após a semeadura, com a presença da testemunha, em função do intervalo de permanência da palha no solo. UTFPR, *campus* Pato Branco, 2008.

| Causas da variação | GL | QM | Prob. > F |
|------------------------------------|------------|--------------|-----------------------|
| Genótipo (1) | 2 | 0,0170961 | 0,91577 ^{ns} |
| Intervalo de permanência (2) | 5 | 0,2869609 | 0,20499 ^{ns} |
| Níveis (3) | 1 | 0,1332381 | 0,58416 ^{ns} |
| 1 x 2 | 10 | 0,1863892 | 0,51186 ^{ns} |
| 1 x 3 | 2 | 0,1239122 | 0,53708 ^{ns} |
| 2 x 3 | 5 | 0,4052074 | 0,07339 ^{ns} |
| 1 x 2 x 3 | 10 | 0,1092776 | 0,84397 ^{ns} |
| Resíduo | 108 | 0,1953439 | |
| Total | 143 | | |
| Coeficiente de variação (%) | | 14,57 | |

ns não significativo ($p \geq .05$)

APÊNDICE U – Resumo da análise da variância do comprimento da parte aérea de plantas *B.pilosa* vinte e um dias após a semeadura, em função do intervalo de permanência da palha no solo. UTFPR, *campus* Pato Branco, 2008.

| Causas da variação | GL | QM | Prob. > F |
|------------------------------------|------------|---------------|-----------------------|
| Genótipo (1) | 2 | 7,95445 | 0,13148 ^{ns} |
| Intervalo de permanência (2) | 4 | 1,99278 | 0,72733 ^{ns} |
| Níveis (3) | 1 | 1,97385 | 0,51644 ^{ns} |
| 1 x 2 | 8 | 4,01899 | 0,41251 ^{ns} |
| 1 x 3 | 2 | 2,38584 | 0,54645 ^{ns} |
| 2 x 3 | 4 | 6,86735 | 0,13920 ^{ns} |
| 1 x 2 x 3 | 8 | 2,07574 | 0,82629 ^{ns} |
| Resíduo | 90 | 3,86330 | |
| Total | 119 | | |
| Coeficiente de variação (%) | | 24,459 | |

ns não significativo ($p \geq .05$)

APÊNDICE V – Resumo da análise da variância do comprimento radicular de plantas *B.pilosa* aos vinte e um dias após a semeadura, em função do intervalo de permanência da palha no solo. UTFPR, *campus* Pato Branco, 2008.

| Causas da variação | GL | QM | Prob. > F |
|------------------------------------|------------|--------------|-----------------------|
| Genótipo (1) | 2 | 1,23963 | 0,74909 ^{ns} |
| Intervalo de permanência (2) | 4 | 3,82522 | 0,53776 ^{ns} |
| Níveis (3) | 1 | 21,85396 | 0,02334 [*] |
| 1 x 2 | 8 | 1,19302 | 0,96890 ^{ns} |
| 1 x 3 | 2 | 2,27615 | 0,58854 ^{ns} |
| 2 x 3 | 4 | 1,76082 | 0,79599 ^{ns} |
| 1 x 2 x 3 | 8 | 1,64083 | 0,92256 ^{ns} |
| Resíduo | 90 | 4,19401 | |
| Total | 119 | | |
| Coeficiente de variação (%) | | 19,51 | |

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$).

ns não significativo ($p \geq .05$)

APÊNDICE W – Resumo da análise da variância da massa seca do sistema radicular de plantas *B.pilosa* aos vinte e um dias após a semeadura, em função do intervalo de permanência da palha no solo. UTFPR, *campus* Pato Branco, 2008.

| Causas da variação | GL | QM | Prob. > F |
|------------------------------------|------------|---------------|-----------------------|
| Genótipo (1) | 2 | 0,0001837 | 0,06108 ^{ns} |
| Intervalo de permanência (2) | 4 | 0,0000581 | 0,53223 ^{ns} |
| Níveis (3) | 1 | 0,0000002 | 0,95359 ^{ns} |
| 1 x 2 | 8 | 0,0000838 | 0,25208 ^{ns} |
| 1 x 3 | 2 | 0,0000438 | 0,51333 ^{ns} |
| 2 x 3 | 4 | 0,0000614 | 0,56226 ^{ns} |
| 1 x 2 x 3 | 8 | 0,0000682 | 0,39874 ^{ns} |
| Resíduo | 90 | 0,0000643 | |
| Total | 119 | | |
| Coeficiente de variação (%) | | 73,660 | |

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$).

ns não significativo ($p \geq .05$)

APÊNDICE X – Resumo da análise da variância da massa seca da parte aérea de plantas *B.pilosa* aos vinte e um dias após a semeadura, em função do intervalo de permanência da palha no solo. UTFPR, *campus* Pato Branco, 2008.

| Causas da variação | GL | QM | Prob. > F |
|------------------------------------|------------|---------------|-----------------------|
| Genótipo (1) | 2 | 0,0067911 | 0,08716 ^{ns} |
| Intervalo de permanência (2) | 4 | 0,0016204 | 0,67205 ^{ns} |
| Níveis (3) | 1 | 0,0003585 | 0,71891 ^{ns} |
| 1 x 2 | 8 | 0,0064262 | 0,02393 [*] |
| 1 x 3 | 2 | 0,0005702 | 0,81419 ^{ns} |
| 2 x 3 | 4 | 0,0025046 | 0,54013 ^{ns} |
| 1 x 2 x 3 | 8 | 0,0015506 | 0,80317 ^{ns} |
| Resíduo | 90 | 0,0027339 | |
| Total | 119 | | |
| Coeficiente de variação (%) | | 51,078 | |

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$).

ns não significativo ($p \geq .05$)

APÊNDICE Y – Resumo da análise da variância da massa seca da parte aérea de plantas *B.pilosa* aos vinte e um dias após a semeadura, com a presença da testemunha, em função do intervalo de permanência da palha no solo. UTFPR, *campus* Pato Branco, 2008.

| Causas da variação | GL | QM | Prob. > F |
|------------------------------------|------------|--------------|-----------------------|
| Genótipo (1) | 2 | 0,0056592 | 0,11431 ^{ns} |
| Intervalo de permanência (2) | 5 | 0,0012988 | 0,77508 ^{ns} |
| Níveis (3) | 1 | 0,0002987 | 0,73402 ^{ns} |
| 1 x 2 | 10 | 0,0053674 | 0,03174 [*] |
| 1 x 3 | 2 | 0,0004752 | 0,83339 ^{ns} |
| 2 x 3 | 5 | 0,0020157 | 0,56700 ^{ns} |
| 1 x 2 x 3 | 10 | 0,0012595 | 0,89459 ^{ns} |
| Resíduo | 108 | 0,0025794 | |
| Total | 143 | | |
| Coeficiente de variação (%) | | 49,55 | |

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$).

ns não significativo ($p \geq .05$)

APÊNDICE Z – Resumo da análise da variância da porcentagem de decomposição da palha de girassol, em função do intervalo de permanência da palha no solo. UTFPR, *campus* Pato Branco, 2008.

| Causas da variação | GL | QM | Prob. > F |
|------------------------------------|------------|--------------|-----------------------|
| Genótipo (1) | 2 | 131,1829868 | 0,00977 ^{**} |
| Intervalo de permanência (2) | 4 | 7033,0919441 | 0,00001 ^{**} |
| Níveis (3) | 1 | 267,4858185 | 0,00256 ^{**} |
| 1 x 2 | 8 | 22,8906986 | 0,56092 ^{ns} |
| 1 x 3 | 2 | 0,4523052 | 0,98412 ^{ns} |
| 2 x 3 | 4 | 98,6744853 | 0,00830 ^{**} |
| 1 x 2 x 3 | 8 | 35,7896497 | 0,23751 ^{ns} |
| Resíduo | 90 | 26,8743065 | |
| Total | 119 | | |
| Coeficiente de variação (%) | | 13,64 | |

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$).

ns não significativo ($p \geq .05$)

APÊNDICE AA – Resumo da análise da variância da quantidade de amônio no solo (mg.Kg de solo), em função do intervalo de permanência da palha no solo. UTFPR, *campus* Pato Branco, 2008.

| Causas da variação | GL | QM | Prob. > F |
|------------------------------------|------------|-------------|-----------------------|
| Genótipo (1) | 2 | 43,4250 | 0,32080 ^{ns} |
| Intervalo de permanência (2) | 4 | 142,5000 | 0,007460 [*] |
| Níveis (3) | 1 | 522,9187 | 0,000640 [*] |
| 1 x 2 | 8 | 20,1281 | 0,83236 ^{ns} |
| 1 x 3 | 2 | 40,5750 | 0,34929 ^{ns} |
| 2 x 3 | 4 | 16,2937 | 0,78992 ^{ns} |
| 1 x 2 x 3 | 8 | 28,1062 | 0,65839 ^{ns} |
| Resíduo | 90 | 38,0312 | |
| Total | 119 | | |
| Coeficiente de variação (%) | | 28,6 | |

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$).

ns não significativo ($p \geq .05$)

APÊNDICE AB – Resumo da análise da variância da quantidade de amônio no solo (mg.Kg de solo), com a presença da testemunha, em função do intervalo de permanência da palha no solo. UTFPR, *campus* Pato Branco, 2008.

| Causas da variação | GL | QM | Prob. > F |
|------------------------------------|------------|-------------|-----------------------|
| Genótipo (1) | 2 | 72,0625 | 0,10214 ^{ns} |
| Intervalo de permanência (2) | 5 | 459,915 | 0,00001 [*] |
| Níveis (3) | 1 | 199,515 | 0,01239 [*] |
| 1 x 2 | 10 | 31,150 | 0,54982 ^{ns} |
| 1 x 3 | 2 | 30,437 | 0,61788 ^{ns} |
| 2 x 3 | 5 | 16,515 | 0,75595 ^{ns} |
| 1 x 2 x 3 | 10 | 83,125 | 0,00622 ^{ns} |
| Resíduo | 108 | 31,203 | |
| Total | 143 | | |
| Coeficiente de variação (%) | | 28,5 | |

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$).

ns não significativo ($p \geq .05$)

APÊNDICE AC – Resumo da análise da variância da quantidade de nitrato no solo (mg.Kg de solo), com a presença da testemunha, em função do intervalo de permanência da palha no solo. UTFPR, *campus* Pato Branco, 2008.

| Causas da variação | GL | QM | Prob. > F |
|------------------------------------|------------|--------------|-----------------------|
| Genótipo (1) | 2 | 2511,270 | 0,23966 ^{ns} |
| Intervalo de permanência (2) | 5 | 8172,074 | 0,00091 ^{**} |
| Níveis (3) | 1 | 39475,387 | 0,00005 ^{**} |
| 1 x 2 | 10 | 3014,477 | 0,08251 [*] |
| 1 x 3 | 2 | 1980,351 | 0,32486 ^{ns} |
| 2 x 3 | 5 | 8282,503 | 0,00083 [*] |
| 1 x 2 x 3 | 10 | 1150,961 | 0,75932 ^{ns} |
| Resíduo | 108 | 1741,743 | |
| Total | 143 | | |
| Coeficiente de variação (%) | | 41,00 | |

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($< .01$).

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$).

ns não significativo ($p \geq .05$).

APÊNDICE AD – Resumo da análise da variância da quantidade de nitrato no solo (mg.Kg de solo), em função do intervalo de permanência da palha no solo. UTFPR, *campus* Pato Branco, 2008.

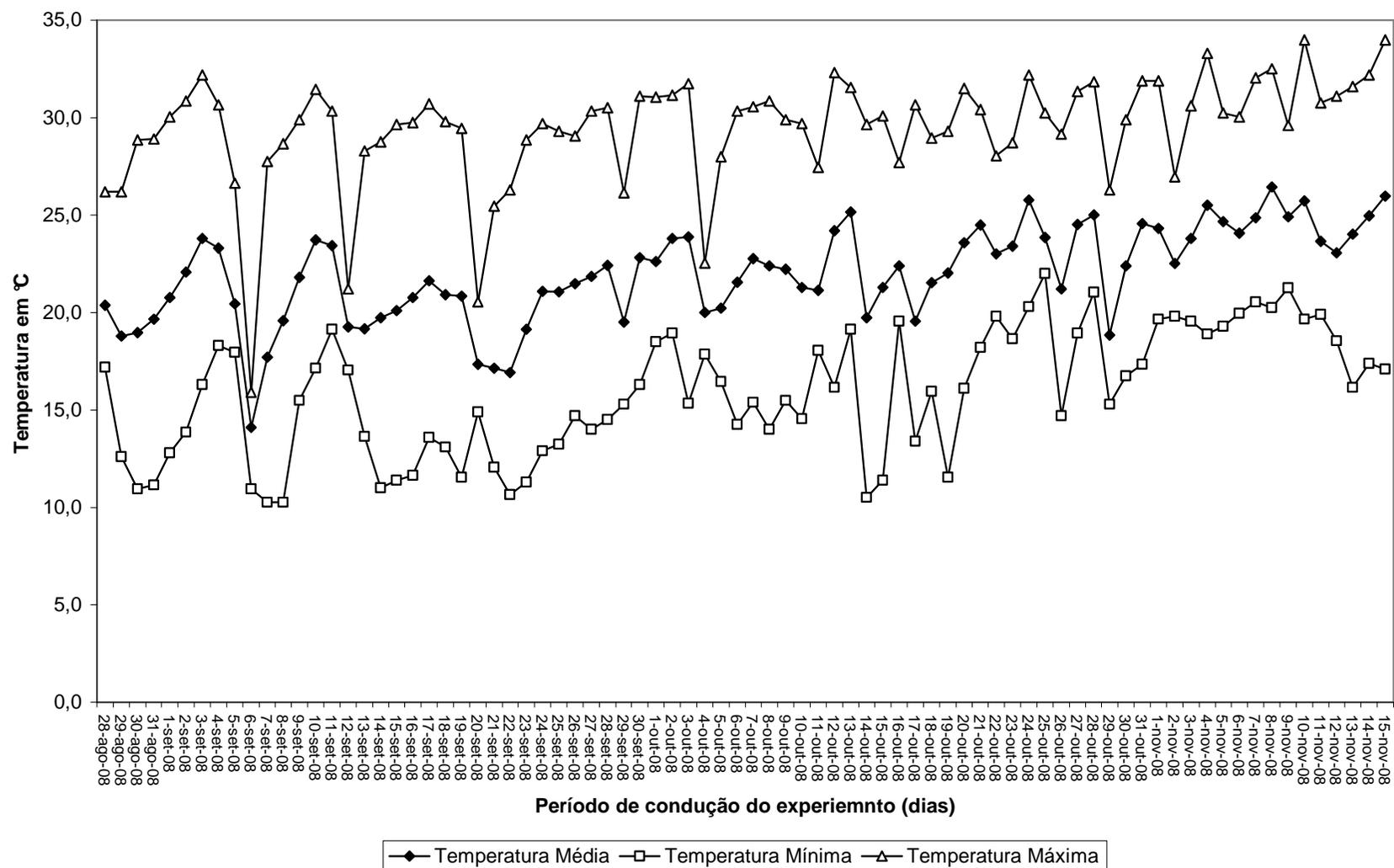
| Causas da variação | GL | QM | Prob. > F |
|------------------------------------|------------|--------------|-----------------------|
| Genótipo (1) | 2 | 3153,94356 | 0,14996 ^{ns} |
| Intervalo de permanência (2) | 4 | 9947,39863 | 0,00041 ^{**} |
| Níveis (3) | 1 | 60298,12895 | 0,00001 ^{**} |
| 1 x 2 | 8 | 3618,55072 | 0,03365 [*] |
| 1 x 3 | 2 | 952,85717 | 0,56651 ^{ns} |
| 2 x 3 | 4 | 5363,00169 | 0,01485 [*] |
| 1 x 2 x 3 | 8 | 1497,61294 | 0,50984 ^{ns} |
| Resíduo | 90 | 1639,43432 | |
| Total | 119 | | |
| Coeficiente de variação (%) | | 39,35 | |

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($< .01$).

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$).

ns não significativo ($p \geq .05$)

AE – Registro de temperatura durante o período de realização dos experimentos descritos nos capítulos 4 e 5. UTFPR, *campus* Pato Branco, 2008.



AF – Registro da umidade relativa do ar durante o período de realização dos experimentos descritos nos capítulos 4 e 5. UTFPR, *campus* Pato Branco, 2008.

