

**EFEITO DE HERBICIDAS NA FLORA E NA FAUNA EDÁFICA EM
SOLOS SOB CANA-DE-AÇÚCAR NA REGIÃO NORTE
FLUMINENSE**

EURICO HUZIWARA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY
RIBEIRO
CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
MAIO - 2011

**EFEITO DE HERBICIDAS NA FLORA E NA FAUNA EDÁFICA EM
SOLOS SOB CANA-DE-AÇÚCAR NA REGIÃO NORTE
FLUMINENSE**

EURICO HUZIWARA

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Silvério de Paiva Freitas

**CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
MAIO – 2011**

**EFEITO DE HERBICIDAS NA FLORA E NA FAUNA EDÁFICA EM
SOLOS SOB CANA-DE-AÇÚCAR NA REGIÃO NORTE
FLUMINENSE**

EURICO HUZIWARA

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.”

Aprovada em 20 de maio de 2011.

Comissão examinadora:

Prof. Lino Roberto Ferreira (D.Sc., Agronomia) – UFV

Prof^a Emanuela Forestieri da Gama-Rodrigues (Ph.D., Ciência do Solo) – UENF

Prof. Geraldo de Amaral Gravina (D.Sc., Fitotecnia) – UENF

Prof. Silvério de Paiva Freitas (D.Sc., Fitotecnia) – UENF
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida, e a Ele toda glória;

Aos meus pais Tamar da Silva Huziwara e Eurico Kazuto Huziwara pelo amor, apoio, e dedicação incondicional a todos os momentos da minha vida, vocês são um exemplo de pais;

Ao meu orientador Silvério de Paiva Freitas pelos ensinamentos valiosos desde a minha graduação, pelo estímulo, orientação e principalmente pela amizade;

A Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro pela realização do curso;

Às minhas irmãs Verônica da Silva Huziwara e Tamar Huziwara pelos incentivos e conselhos;

À minha noiva Juliana Costa de Azevedo pelo amor, incentivo, dedicação, companheirismo, me apoiando sempre e fazendo meus dias cada vez mais felizes;

À minha sobrinha Naara que é um anjo na minha vida;

Ao meu cunhado Elon pelo incentivo e conselhos;

À família Freitas que para mim são mais que amigos, obrigado por todos os momentos de alegria e descontração;

Aos amigos de laboratório Herval, Juares, Glória, Reynaldo, Lidiane, Bárbara, Cláudia, Raquel e Sara;

Aos meus amigos: Ismael, Alex, Cláudio, Reynaldo, Leonardo, José Francisco, Tiago Caído, Sílvio, Sílvia, Silvério Júnior, Cássio e Tiago David;

Ao técnico Jader me ajudando sempre nos trabalhos de campo;

Aos funcionários de campo da Unidade de Apoio à pesquisa, principalmente Cristiano e Luís Carlos pelo empenho e dedicação aos trabalhos no campo experimental;

Ao Eng^o. Agrônomo Willy Pedro Vasconcellos Prellwitz e a todos os funcionários da Fazenda Abadia, pelo indispensável e fundamental apoio;

À Prof^a Emanuela por todo apoio, incentivo e ensinamentos no decorrer deste trabalho;

A Maria Kellen, Carmen, bem como os técnicos do laboratório de solos pelo apoio e ensinamentos;

Ao Prof Geraldo Gravina pela participação na banca e estatística;

Ao Prof Lino Roberto Ferreira pela participação na banca;

A todos os professores do LFIT;

A FAPERJ pela concessão da bolsa.

SUMÁRIO

RESUMO.....	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Controle de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar.....	4
2.2. Influência de herbicidas sobre a fauna do solo.....	7
2.3. Agricultura de precisão aplicada no manejo de plantas daninhas	12
2.4. Geoestatística.....	14
2.5. Semivariograma ou variograma.....	15
3. TRABALHOS	18
3.1. EFICÁCIA DE HERBICIDAS EM PRÉ-EMERGÊNCIA NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR	18
INTRODUÇÃO.....	20
MATERIAL E MÉTODOS	21
RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
CONCLUSÕES.....	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
3.2. DINÂMICA DO BANCO DE SEMENTES DE PLANTAS DANINHAS...	34
INTRODUÇÃO.....	36
MATERIAL E MÉTODOS	37
RESULTADOS E DISCUSSÃO	39

CONCLUSÕES.....	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
3.3. ESTUDO DA FAUNA DO SOLO EM FUNÇÃO DOS HERBICIDAS	65
INTRODUÇÃO.....	67
MATERIAL E MÉTODOS	69
RESULTADOS E DISCUSSÃO	70
CONCLUSÕES.....	78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
4. RESUMO E CONCLUSÕES	80
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82

RESUMO

HUZIWARA, Eurico; Eng^o Agrônomo, M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Maio de 2011. Efeito de herbicidas na flora e na fauna edáfica em solos sob cana-de-açúcar na região norte fluminense. Prof. orientador: Silvério de Paiva Freitas.

Com o objetivo de avaliar a eficiência do herbicida bicyclopyrone aplicado isoladamente e em mistura com hexazinone e ametryn, foram realizados três experimentos com a flora emergente, com o banco de sementes de plantas daninhas e com a fauna edáfica de um solo cultivado com cana-planta da variedade RB 867515 no sistema de preparo convencional. Os tratamentos avaliados foram: “testemunha sem capina” [1]; “testemunha capinada” [2]; “(200 g/L bicyclopyrone) (0,5 L/ha)” [3]; “(200 g/L bicyclopyrone) (1,0 L/ha)” [4]; “(200 g/L bicyclopyrone) (1,5 L/ha)” [5]; “(57 g/L bicyclopyrone + 429 g/l ametryn) (2,5 L/ha)” [6]; “(57 g/L bicyclopyrone + 429 g/l ametryn) (3,5 L/ha)” [7]; “(960 g/L S-metolachlor) + (500 g/l ametryn) (2,5 + 3,0 L/ha)” [8]; “(132 g/L hexazinone + 468 g/L diuron) + (500 g/L tebuthiron) (1,5 + 1,0 L/ha)” [9]; “(132 g/L hexazinone + 468 g/L diuron) + (360 g/L clomazone) (1,5 + 1,3 L/ha)” [10]; “(200 g/L bicyclopyrone) + (750 g/L hexazinone) (0,5 + 0,8 L/ha)” [11]; “(200 g/L bicyclopyrone) + (750 g/L hexazinone) (1,0 + 0,8 L/ha)” [12]; “(200 g/L bicyclopyrone) + (132 g/L hexazinone + 468 g/L diuron) (0,5 + 1,5 L/ha)” [13];

“(200 g/L bicyclopyrone) + (132 g/L hexazinone + 468 g/L diuron) (1,0 + 1,5 L/ha)” [14]. Avaliou-se no experimento 1 a toxicidade dos herbicidas às plantas de cana-de-açúcar e o controle de plantas daninhas. No experimento 2 avaliou-se o fluxo de emergência das plantas daninhas por meio de amostras de solo coletadas na profundidade de 0 a 10 cm, com um trado cilíndrico a fornecer 3,25 L de solo. Este material foi colocado em bandejas para a avaliação do banco de sementes de plantas daninhas, e alocadas em casa de vegetação sob irrigação diária. A contagem dos propágulos m^{-2} foi realizada aos 30, 60, 90 e 120 dias. Depois da aplicação dos herbicidas foram coletadas outras amostras nas mesmas parcelas em todos os tratamentos utilizando a mesma metodologia. Para o estudo da fauna edáfica coletaram-se amostras de solo antes e depois da aplicação de herbicidas em todos os tratamentos com um gabarito de 0,25 x 0,25 m. As amostras foram colocadas em um funil extrator de Berlese-Tullgren onde os grupos da fauna do solo foram coletados e posteriormente identificados. Os maiores controles da flora emergente foram os tratamentos [14], [10], [11], [12], [4], [5], [6], [13], [8] e [9]. O estudo da dinâmica do banco de sementes das plantas daninhas indicou que a estatística clássica aplicada por meio do teste t corroborou os resultados encontrados pelos mapas de infestação obtidos por meio da geoestatística, mostrando que o método do inverso do quadrado da distância foi eficaz. Os mapas gerados podem ser utilizados na tomada de decisão sobre que método de controle utilizar em plantios posteriores. Analisando apenas o herbicida bicyclopyrone (tratamentos [3], [4] e [5]), a fauna edáfica foi inibida em função deste herbicida, porém quando aplicado em mistura foi estimulada pelos tratamentos [6], [7], [11], [12], [14]. Os grupos da fauna do solo estimulados pelos herbicidas foram Acarina, Araneae, Collembola e Formicidae, e os inibidos foram Blattodea, Coleoptera (adulto), Coleoptera (larva), Diplopoda, Diptera (adulto), Diptera (larva), Isoptera, Oligochaeta, Paupoda, Protura e Psocoptera.

ABSTRACT

HUZIWARA, Eurico; Agronomist Engineer, M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. May, 2011. Effect of herbicides on flora and edaphic fauna in soils under sugar-cane in the North Part of Rio de Janeiro State. Advisor: Silvério de Paiva Freitas.

With the objective of evaluate the efficiency of the herbicide bicyclopyrone applied isolatedly and in mixture with hexazinone and ametrina, were carried out three experiments with the emergent flora, with the seed bank of weeds and with the soil fauna of a soil cultivated with sugar-cane of the variety RB 867515 in the system of conventional preparation. The treatments evaluated were: "control without weeding" [1]; "weeded control" [2]; "(200 g/L bicyclopyrone) (0,5 L/ha)" [3]; "(200 g/L bicyclopyrone) (1,0 L/ha)" [4]; "(200 g/L bicyclopyrone) (1,5 L/ha)" [5]; "(57 g/L bicyclopyrone + 429 g/l ametryn) (2,5 L/ha)" [6]; "(57 g/L bicyclopyrone + 429 g/l ametryn) (3,5 L/ha)" [7]; "(960 g/L S-metolachlor) + (500 g/l ametryn) (2,5 + 3,0 L/ha)" [8]; "(132 g/L hexazinone + 468 g/L diuron) + (500 g/L tebuthiron) (1,5 + 1,0 L/ha)" [9]; "(132 g/L hexazinone + 468 g/L diuron) + (360 g/L clomazone) (1,5 + 1,3 L/ha)" [10]; "(200 g/L bicyclopyrone) + (750 g/L hexazinone) (0,5 + 0,8 L/ha)" [11]; "(200 g/L bicyclopyrone) + (750 g/L hexazinone) (1,0 + 0,8 L/ha)" [12]; "(200 g/L bicyclopyrone) + (132 g/L hexazinone + 468 g/L diuron) (0,5 + 1,5 L/ha)" [13]; "(200 g/L bicyclopyrone) +

(132 g/L hexazinone + 468 g/L diuron) (1,0 + 1,5 L/ha)" [14]. It was evaluated in the experiment 1 the toxicity of the herbicides to the plants of sugar-cane and weed control. In the experiment 2 it was evaluated the flux of weed emergence through soil samples collected at a depth of 0 to 10 cm, with a cylindrical auger to provide 3.25 L of soil. This material was placed on trays for the evaluation of seed bank of weeds, and placed in a greenhouse under irrigation daily. The counting of propagules m⁻² was performed 30, 60, 90 and 120 days. After the application of herbicides other samples were collected on the same plots in all treatments using the same methodology. For the study of edaphic fauna were collected soil samples before and after application of herbicides in all treatments with a gauge of 0.25 x 0.25 m. The samples were placed in a funnel Berlese-Tullgren extractor where groups of soil fauna were collected and subsequently identified. The largest controls are emerging flora treatments [14], [10], [11], [12], [4], [5], [6], [13], [8] and [9]. The study of the dynamics of the seed bank of weeds indicated that the classical statistics applied by the t test corroborated the results found by infestation maps obtained by means of geostatistics, showing that the method of the inverse square of the distance was effective. The maps generated can be used in making the decision about which method of control used in subsequent plantings. Analyzing only the herbicide bicyclopyrone (treatments [3], [4] and [5]), edaphic fauna was inhibited due to this herbicide, but when applied in mixture was stimulated by the treatments [6], [7], [11] [12], [14]. The groups of soil fauna were stimulated by the herbicide Acarina, Araneae, Collembola and Formicidae, and were inhibited Blattodea, Coleoptera (adult), Coleoptera (larvae), Diplopoda, Diptera (adults) Diptera (larvae), Isoptera, Oligochaeta, Pauropoda, Protura and Psocoptera.

1. INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) tem grande importância econômica para o Brasil, devido à produção de açúcar e de combustível renovável (álcool), como também pelo fornecimento de matéria-prima para a indústria química e de subprodutos utilizados na alimentação animal, fertilizantes e fontes de energia, além de exercer papel relevante tanto no mercado interno quanto externo.

A área cultivada com a cana-de-açúcar no Brasil foi de 8.167,5 mil hectares, sendo que a produtividade média brasileira na safra de 2009/2010 foi de 81.585 kg/ha. A previsão do total de cana que será moída na safra 2010/11 é de 651.514,3 mil toneladas, com incremento de 7,8% em relação à safra 2009/10, o que significa que haverá 47.000,7 mil toneladas a mais para moagem nesta safra (CONAB, 2010).

Esta cultura representa 93% da área colhida do estado do Rio de Janeiro, sendo que a maior produção desta se concentra no município de Campos dos Goytacazes com cerca de 58% da área total colhida, o que equivale aproximadamente a 70.000 hectares cultivados (IBGE, 2008).

Todavia, a cana-de-açúcar é muito afetada pela competição com as plantas daninhas, por apresentar, na maioria das situações, brotação e crescimento inicial lentos (Pitelli, 1985), sendo que o período crítico de competição é variável e

dependente de fatores relacionados à comunidade infestante (composição, densidade e distribuição), à própria cultura (espécie, cultivar, espaçamento entre os sulcos e a densidade de plantio) e à duração do período de convivência e à época em que este ocorre. Em média, o período crítico de competição é de até 90 dias após a emergência da cultura (Kuva et al., 2000; Kuva et al., 2001; Kuva et al., 2003).

Comparada com as outras culturas a flora infestante das lavouras canavieiras é bastante específica. Geralmente o número de espécies é menor e constituído de plantas diferentes, ainda que separadas no espaço apenas por um carreador. O uso contínuo de insumos como corretivos, adubos e herbicidas, os efeitos microclimáticos e as interações de natureza química (alelopáticas) são os principais responsáveis pela composição da flora infestante (Lorenzi, 1988; Freitas et al., 2004).

Os herbicidas são compostos importantes para o controle de plantas daninhas e conseqüentemente para o aumento da produção de alimentos no mundo, entretanto, o uso contínuo de um mesmo herbicida para o controle de plantas daninhas não é recomendado, além de levar a seleção de plantas daninhas resistentes. Dessa forma é necessário que se utilizem diferentes tipos de herbicidas e misturas com diferentes mecanismos de ação.

A lixiviação de um herbicida no solo refere-se ao movimento descendente das moléculas no perfil do solo, sendo que sua intensidade irá depender das características físico-químicas do produto utilizado e das características de solo e clima. Para um herbicida ser lixiviado, ele deve estar na solução do solo ou sendo adsorvido a pequenas partículas, como ácidos fúlvicos e húmicos de baixo peso molecular, peptídeos e açúcares, argilas, aminoácidos, entre outros (Oliveira, 2001).

Sendo assim, também é interessante conhecer o efeito dos herbicidas sobre a comunidade de organismos presentes no solo. Uma grande variedade de organismos apresenta como habitat natural o solo, tanto microrganismos, quanto animais invertebrados, que estão em constante interação e cujas atividades determinam as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo por alterá-los de diferentes formas. Esse conjunto de organismos que vivem no solo é chamado de biota do solo, e apresenta uma grande variedade de tamanhos e atividade metabólica (Perrando, 2008).

As práticas de manejo em um sistema de produção podem afetar direta e indiretamente as espécies de plantas daninhas infestantes assim como a fauna do solo, refletindo na sua densidade e diversidade (Correia e Oliveira, 2000). A diversidade de invertebrados no solo é afetada pelo manejo, reduzindo assim a disponibilidade de recursos e refúgios, o que afeta a diversidade de outros organismos e a função que desempenham no agroecossistema.

Em geral, os herbicidas têm efeito inibidor nas populações da fauna do solo, que, no entanto, é menos pronunciado que os fungicidas e inseticidas. A redução de algumas comunidades da fauna do solo é o resultado mais da simplificação do habitat, pela retirada da cobertura viva proporcionada pelas plantas daninhas, do que propriamente resultado da intoxicação da fauna (Wardle, 1995). Essa redução é de possíveis oscilações populacionais que podem estar associadas diretamente à exposição dos organismos aos efeitos da aplicação dos agrotóxicos sobre o solo (Paoletti et al., 1995).

Objetivou-se neste trabalho avaliar a ação do herbicida bicyclopyrone aplicado isoladamente e em mistura com hexazinone e ametrina, aplicados em pré-emergência das plantas daninhas em cana-planta e os herbicidas S-metalachlor + ametryn, (hexazinone + diuron) + tebuthiron e (hexazinone + diuron) + clomazone, sobre a flora emergente, o banco de sementes de plantas daninhas, e a fauna do solo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Controle de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar

Em um agroecossistema as plantas daninhas são um dos principais componentes, pois elas interferem no desenvolvimento e na produtividade das culturas. Competem por recursos como a água, nutrientes e luz, podendo liberar substâncias alelopáticas, além de também atuarem como hospedeiras de pragas e doenças comuns à cultura (Pitelli, 1985).

Para um manejo adequado de plantas daninhas, é muito importante a identificação das espécies presentes na área, e também as espécies mais abundantes, para posteriormente decidir qual o melhor manejo a ser adotado. Oliveira e Freitas (2008), estudaram através de análises fitossociológicas a presença de plantas daninhas em áreas cultivadas com cana-de-açúcar no município de Campos dos Goytacazes, e constataram que a espécie *Cyperus rotundus* foi a que apresentou o maior índice de valor de importância, seguida de *Rottboellia cochinchinensis*.

O manejo de plantas daninhas em cana-de-açúcar é realizado com a combinação de diversos métodos, ou seja, na integração de medidas culturais, mecânicas e químicas. O controle cultural é um conjunto de práticas que visam

tornar a cultura da cana-de-açúcar mais competitiva em relação às plantas daninhas, destacando-se o manejo de variedades de alto perfilhamento e crescimento mais rápido e assim sombreando o solo precocemente, redução dos espaçamentos de plantio, condução de soqueiras para o rápido perfilhamento nas fases iniciais de desenvolvimento da cultura.

O controle mecânico inclui operações de preparo de solo, utilizando-se arados e grades por ocasião da reforma do canavial com uso de máquinas e implementos agrícolas. No entanto, o principal método de controle das plantas daninhas empregado pelos produtores de cana-de-açúcar é o químico (Procópio et al., 2004), havendo no mercado herbicidas que são utilizados em pré-emergência das plantas daninhas, ou na pós-emergência, com as plantas daninhas em estágios iniciais ou mais desenvolvidas. Quando não se realiza um controle eficiente das plantas daninhas, a longevidade do canavial e a produtividade diminuem (Oliveira et al., 2007).

Existem diferentes mecanismos de ação de herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar e podem ser agrupados segundo Laca-Buendía (1982), Souza (1985), Procópio et al., (2003) e Rodrigues e Almeida (2005) em: reguladores de crescimento, inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS), inibidores da enzima 5-enolpiruvilshikimate-3-fosfato sintase (EPSPs), inibidores da divisão celular, inibidores dos fotossistemas I (FSI) e II (FSII), inibidores da síntese de pigmentos, destruidor de membrana e inibidores de respiração.

É prática muito comum no campo os produtores de cana-de-açúcar associarem diferentes herbicidas no tanque de pulverização, embora seja uma prática não recomendada, segundo Rodrigues e Almeida (2005). Nesse sentido, é comum e permitida por lei a comercialização de formulações prontas de duas ou mais moléculas, a exemplo do herbicida diuron+hexazinone, etc (Pizzo et al., 2010).

Pizzo et al. (2010) verificaram a seletividade da associação de óleo fúsel e herbicidas em cana-de-açúcar e a eficácia de controle sobre diferentes plantas daninhas (*Panicum maximum*, *Amaranthus deflexus*, *Ipomoea quamoclit*, *Brachiaria decumbens* e *Euphorbia heterophylla*). Verificaram que os herbicidas diuron+hexazinone, metribuzin e amicarbazone isolados foram eficazes no controle de todas as espécies presentes na área experimental, mas, em dose

completa e 70% da dose associados com óleo fúsel, não apresentaram controle satisfatório apenas para as espécies *I. quamoclit* e *E. heterophylla*.

Com o objetivo de avaliar a eficiência de herbicidas aplicados isoladamente ou em mistura no controle de *Rottboellia exaltata*, Freitas et al. (2004), observaram que os tratamentos MSMA+diuron, diuron+paraquat e trifloxysulfuron-sodium+ametryne, na maior dose, proporcionaram excelente controle de *R. exaltata*, e que as maiores produtividades alcançadas foram obtidas nos tratamentos trifloxysulfuron-sodium+ametryne, MSMA+diuron e diuron+paraquat.

Galon et al. (2009), avaliaram a tolerância de três genótipos de cana aos herbicidas ametryn, trifloxysulfuron-sodium e à mistura comercial desses, utilizando doses até três vezes maior que a recomendada em ambiente protegido. Concluíram que o genótipo RB867515 foi mais tolerante aos herbicidas em todos os tratamentos do que os genótipos SP80-1816 e RB85513 e que o genótipo RB855113 foi o mais sensível aos herbicidas, seguido pelo SP80-1816.

Toledo et al. (2009) avaliaram a eficácia e o comportamento do herbicida amicarbazone no controle de plantas daninhas no sistema de cana-crua em condições controladas, usando diferentes doses desse herbicida com situações de aplicação diferentes, no controle das seguintes plantas daninhas: *Ipomoea grandifolia*, *Brachiaria decumbens*, *Merremia cissoides* e *Euphorbia heterophylla*, e constataram que os maiores índices de controle foram observados quando o amicarbazone foi aplicado sobre a palha seguida de precipitação de 30 mm de chuva, e nos tratamentos em que o herbicida foi aplicado diretamente no solo sem palha.

Monquero et al. (2009) avaliaram a eficácia de herbicidas utilizados em áreas de cana-de-açúcar crua, visando o controle de *Euphorbia heterophylla* e *Ipomoea grandifolia*. Os herbicidas foram aplicados em pré-emergência das plantas daninhas sobre a palha de cana-de-açúcar, em pré-emergência das plantas daninhas sobre o solo, sendo em seguida coberta com palha e em pós-emergência das plantas daninhas em jato dirigido sobre a palha, nas entrelinhas da cana-de-açúcar. Na aplicação dos herbicidas sobre a palha em pré-emergência das plantas daninhas afetou negativamente a eficácia do mesotrione e trifloxysulfuron-sodium + ametryn e das misturas mesotrione + ametryn e mesotrione + (trifloxysulfuron-sodium + ametryn); os herbicidas aplicados na entrelinha da cana-de-açúcar, em pós-emergência, foram seletivos para a cultura;

e os herbicidas metribuzin e (trifloxysulfuron-sodium + ametryn) + (diuron + hexazinone) foram eficazes no controle das espécies daninhas *Euphorbia heterophylla* e *Ipomoea grandifolia*, independentemente da forma de aplicação.

Seguindo essa mesma linha de pesquisa com o efeito da palha de cana-de-açúcar juntamente com a aplicação de herbicidas, Carbonari et al. (2010) avaliaram a eficácia da mistura formulada de clomazone e hexazinone aplicada sobre o solo em associação com a palha de cana-de-açúcar, após diferentes períodos de permanência sem a ocorrência de chuvas, em ambiente controlado. Concluindo então que a mistura clomazone + hexazinone promoveu excelente controle para as espécies *Brachiaria decumbens*, *Ipomoea grandifolia*, *Ipomoea hederifolia* e *Euphorbia heterophylla*, quando aplicada sobre, sob ou na ausência de palha de cana-de-açúcar.

2.2. Influência de herbicidas sobre a fauna do solo

A introdução dos agrotóxicos no Brasil se deu, principalmente, pela chamada 'Revolução Verde' na agricultura e caracterizou-se como modelo de produção que estimula adoção de uma série de tecnologias de caráter de amplo uso, tais como fertilizantes quimicamente sintetizados, agrotóxicos, sementes melhoradas de uma reduzida variedade de espécies e maquinário agrícola. Esta agricultura industrializada (Guzmán et al., 2000), demandadora de tecnologia e insumos externos à propriedade agrícola, trouxe muitos impactos ao ambiente com seu perfil tecnológico e estratégia de apropriação dos recursos naturais.

Pode-se afirmar que o consumo de agrotóxicos tem se elevado cada vez mais, pois entre o início dos anos 90 e meados do ano 2000 a produção de grãos aumentou 101%, enquanto isso os dispêndios com agrotóxicos aumentaram 291% (MAPA, 2008; IBGE, 2008). Os herbicidas contribuem com 45% do volume total de agrotóxicos comercializados (herbicidas, inseticidas e fungicidas) totalizando um montante de R\$ 8,484 milhões no período de janeiro a setembro de 2008 (SINDAG, 2009).

Estes dados indicam a possibilidade de que o uso de agrotóxicos, que se elevou com a utilização cada vez maior do plantio direto ao longo dos anos, interfere no equilíbrio da biota do solo, modificando as interações da fauna do solo.

Pesquisas com variações na fauna do solo no Brasil em resposta aos diversos sistemas de preparo, cultivo e manejo são incipientes. Apenas alguns estudos relatam a influência da cobertura vegetal (Moço et al., 2005, 2009), dos sistemas de preparo (Cividanes, 2002) e do manejo do solo (Baretta et al., 2003) sobre a fauna edáfica.

Uma grande variedade de organismos apresenta como habitat natural o solo, tanto microrganismos, quanto animais invertebrados, que estão em constante interação e cujas atividades determinam as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo por alterá-los de diferentes formas. Esse conjunto de organismos que vivem no solo é chamado de biota do solo, e apresenta uma grande variedade de tamanhos e metabolismos (Perrando, 2008).

As práticas de manejo em um sistema de produção podem afetar direta e indiretamente a fauna do solo, refletindo na sua densidade e diversidade (Correia e Oliveira, 2000). A diversidade de invertebrados no solo é afetada pelo manejo, reduzindo assim a disponibilidade de recursos e refúgios, o que afeta a diversidade de outros organismos e a função que desempenham no ecossistema.

A comunidade de invertebrados que vivem ou passam um ou mais ciclos no solo é chamada de fauna do solo, e estão divididos em três grandes subgrupos que por sua vez comportam uma série de reinos e filos. O tamanho desses invertebrados é o que determina a divisão dos subgrupos, formando as categorias de micro, meso e macrofauna.

A microfauna do solo compreende os protozoários, rotíferos, copépodes, tardígrados, nematódeos e outros cujo diâmetro corporal é inferior a 0,2 mm (Lavelle, 1997). Estes pequenos animais atuam de maneira indireta na ciclagem de nutrientes através da ingestão de bactérias e fungos. A intensidade de predação pode, em muitos casos, intensificar a mineralização ou retardar a imobilização de nutrientes na biomassa microbiana (Correia e Oliveira, 2000).

A mesofauna do solo apresenta tamanho corporal que varia entre 0,2 a 2,0 mm (Lavelle, 1997) e compreende ácaros, colêmbolos, miriápodes, aracnídeos e diversas ordens de insetos, alguns oligoquetos e crustáceos. Este conjunto de organismos, apesar de extremamente dependente da umidade do solo, é caracteristicamente terrestre. As atividades tróficas destes animais incluem tanto o consumo de microrganismos e da microfauna, como também a fragmentação do material vegetal em decomposição (Correia e Oliveira, 2000).

Os animais da macrofauna do solo apresentam diâmetro corporal superior a 2 mm incluindo as minhocas, térmitas e diplópodes, entre outros, eles possuem a habilidade para cavar e criar estruturas específicas que permitem a sua movimentação e sobrevivência no solo. Esses organismos também têm sido chamados de “engenheiros do ecossistema” pela sua capacidade de afetar profundamente a estrutura do solo (Stork e Eggleton, 1992). Apresentam efeitos diretos na fragmentação e incorporação ao solo de detritos vegetais, promovendo aumento na disponibilidade de recursos para os microrganismos e mediando a transferência de solutos e partículas profundamente no perfil do solo. Eles também afetam o rearranjo físico das partículas do solo, mudando a distribuição de tamanho de poros.

A comunidade edáfica pode ser afetada pelo manejo no qual o solo pode ser submetido a práticas como aração, gradagem, adubação, incorporação de matéria orgânica, irrigação e aplicação de agrotóxicos, interferindo nas características físicas, químicas e biológicas do ecossistema (Cardoso, 1992).

Os diferentes grupos de organismos, dependendo do tipo e tamanho do impacto, podem ter reações de aumento, limitação ou manutenção do tamanho da população. Com a alteração da estrutura e da diversidade de espécies de uma população de alguns grupos da fauna do solo, pode-se dizer que esses organismos servem como indicadores de degradação do solo e da perda de sua sustentabilidade (Assad, 1997).

No regime agrícola intensivo, os maiores efeitos do manejo podem ser vistos, pois há a ausência de cobertura vegetal por muitos anos, com baixo retorno da matéria orgânica, com revolvimento periódico do solo com o uso de máquinas e implementos agrícolas, bem como o uso repetido de agrotóxicos, podendo desencadear processos como o progressivo esgotamento do teor da matéria orgânica, deterioração estrutural e compactação, erosão, esgotamento de nutrientes e redução na complexidade e estabilidade da comunidade biológica do solo (Curry e Good, 1992; Assad, 1997; Larink, 1997 e Teixeira e Schubart, 1998).

Salminen et al. (1996) estudaram a toxicidade aguda de terbutylazine para alguns ácaros e minhocas que vivem no solo. Os resultados demonstraram que esse herbicida pode ter efeitos tóxicos diretos na população de ácaros e minhocas da fauna do solo estudada, variando consideravelmente de acordo com o manejo adotado.

Ponge et al. (2002), estudaram a influência de isoproturon, um herbicida do grupo feniluréia, na comunidade de Collembola através de bioensaios em laboratório em condições seminaturais em dois solos, um ácido e outro neutro, bem como a influência sobre o tipo de húmus no solo em resposta ao grupo Collembola em função dos herbicidas. O grupo Collembola foi escolhido devido à sua abundância e diversidade na maioria dos solos (Petersen e Luxton, 1982; Ponge et al., 1997; Hopkin, 1997). Depois de duas semanas de experimento verificou-se que as comunidades de colêmbolos não foram afetadas pelo isoproturon em solo neutro, pelo contrário, nos tratamentos com solo ácido a população de duas espécies de colêmbolos cresceu. No solo não tratado essas duas espécies de colêmbolos encontradas estavam ausentes, conseqüentemente, os herbicidas podem ter favorecido a eclosão dos ovos, embora na literatura não exista estudo que possa suportar esta ou outra hipótese.

Baixas doses utilizadas para o experimento em comunidade de colêmbolos indicam mais efeito de repelência do que tóxico, porém algumas perturbações das comunidades da fauna do solo foram constatadas, especialmente quando dois tipos distintos de húmus foram colocados em conjunto nas mesmas caixas. Ponge et al. (2002), afirmaram que experiências ainda eram necessárias, principalmente em solos ácidos para avaliar o impacto de agrotóxicos sobre a fauna do solo.

Baseado no cultivo de algodão no Ceará, Lima et al. (2007), compararam efeitos em sistemas de produção orgânicos e convencionais, não observando alterações significativas nos aspectos químicos e físicos do solo, porém, ao avaliar a composição da meso e macrofauna do solo, chegaram a conclusão que em áreas de cultivo orgânico apresentaram maior número de indivíduos por m³ de solo. Destacando-se que nas áreas de produção orgânica, 80% dos indivíduos estavam concentrados na camada superficial (0-10cm), devido a melhores condições de aeração e disponibilidade de alimentos. Já no manejo convencional com intenso uso de inseticidas, herbicidas e fungicidas, a fauna, além de em menor número, se distribuía na camada de 10-20cm.

Outro aspecto relevante desse estudo foi a ausência de minhocas (anelídeos) nos solos das áreas convencionais, sendo estes organismos fundamentais no processo de decomposição da matéria orgânica e estruturação do solo. Nas áreas de cultivo orgânico houve predomínio de indivíduos adultos das ordens: Hymenoptera, Isoptera, Anelídeo e Coleóptero em ordem

decrecente. Nas áreas de cultivo convencional prevaleceram as ordens Coleoptera, Hymenoptera e Isoptera. A maior presença de coleópteros nas áreas de manejo convencional, está relacionada à presença do bicudo (*Anthonomus grandis* Boheman) e de larvas do curuquerê (*Alabama argillacea*), ambas pragas do algodoeiro. As áreas orgânicas apresentaram maior diversidade de indivíduos nas coletas feitas na serapilheira, fator fundamental para a manutenção do equilíbrio do ecossistema.

Perrando (2008) avaliou por meio de análise multivariada o efeito de diferentes herbicidas sobre a composição da meso e macrofauna durante o estabelecimento de um plantio de acácia-negra. Os tratamentos utilizados foram: glyphosate (pós-emergente), imazapyr (pré e pós-emergente), oxyfluorfen (pré-emergente), pendimethalim (pré-emergente), roçada manual e testemunha. Como resultado, não houve evidências de alterações impostas à meso e macrofauna por intermédio da aplicação desses herbicidas. Além disso, os herbicidas não comprometeram a diversidade e a densidade de organismos, segundo o índice de diversidade de Shannon (H) e a riqueza de grupos taxonômicos presentes no local, estando esses atributos faunísticos condicionados à variação estacional ao longo do ano. Modificações sobre os grupos mais representativos como himenópteros, dípteros, araneas e collembolas, são explicadas devido a variações ambientais como a precipitação e a temperatura ocorrentes no local do plantio.

Contudo, os dados obtidos evidenciam que a densidade e a diversidade dos organismos dentro dos grupos taxonômicos avaliados sofrem maior influência de variáveis ambientais, e não reproduzem efeitos diretos dos herbicidas sobre a meso e macrofauna durante o estabelecimento dessa espécie florestal (*Acacia mearnsii* De Wild).

Numerosos estudos têm avaliado o impacto de herbicidas sobre a fauna do solo em outros países, mas com resultados contraditórios, dependendo do grupo de animais estudados, da natureza química dos herbicidas e aditivos, do solo e da taxa de aplicação, porém no Brasil as pesquisas são escassas nesta área.

2.3. Agricultura de precisão aplicada no manejo de plantas daninhas

Tradicionalmente, em grandes áreas agrícolas a solução encontrada para a aplicação de insumos como fertilizantes, defensivos, água e etc, é considerar toda a área como homogênea, ou seja, de acordo com a necessidade média de insumos (Tschiedel e Ferreira, 2002). Assim, aplicando a mesma formulação de herbicidas e fertilizantes em toda a área apenas considerando as médias e não as necessidades específicas de cada parte da área.

A necessidade de racionalizar o uso de insumos é um desafio constante. Com os conceitos das técnicas da agricultura de precisão, definido por Molin (2001) como um agrupamento de tecnologias e procedimentos utilizados para que as lavouras e o sistema de produção sejam otimizados, o agricultor tem a possibilidade de diminuir os seus custos de produção e conseguir maior lucratividade com o seu produto. Para tal, utilizam-se ferramentas como o GPS (Global Positioning System), softwares de SIG (Sistemas de Informações Geográficas), sensores e máquinas avançadas com o controle de aplicação a taxas variáveis diminuindo a utilização de insumos.

As plantas daninhas têm tendência de formarem padrões espaciais de agregação irregulares (Nordmeyer et al., 1997), em certas partes do campo podem estar livre de plantas daninhas ou em populações muito baixas ou com altas populações, indicando que esta área específica precisa ser controlada. Essa variabilidade espacial pode ser mapeada, permitindo assim a tomada de decisão sobre qual o melhor manejo a ser empregado nessas áreas específicas mapeadas, sendo assim o primeiro passo para a determinação da melhor metodologia para o controle localizado.

Essa variabilidade espacial das plantas daninhas pode ser relativamente estável durante um período de dez anos segundo Johnson et al. (1996), relatando que esta estabilidade é devido à persistência no banco de sementes das plantas daninhas no solo e às condições locais, propiciando assim o desenvolvimento das plantas daninhas já adaptadas. Entretanto, Gerhards et al. (1996) e Colbach et al. (2000) estudaram a variabilidade espacial e temporal das plantas daninhas em concluíram que essa variabilidade pode durar por quatro a cinco anos.

Muitos estudos mostram a existência de uma grande variação na ocorrência das plantas daninhas em termos de espécies infestantes e de

densidades de plantas daninhas (Gerhards, et al., 1996; Heisel et al., 1996; Christensen et al., 1999). Isto demonstra que há uma tendência de que plantas daninhas formam padrões espaciais de agregação definidos (Nordmeyer et al., 1997), onde parte significativa no campo pode estar com baixa infestação ou até mesmo sem nenhuma ocorrência de plantas daninhas. Esses níveis de infestação (alto ou baixo) podem permanecer estáveis por vários anos em um mesmo local.

Para verificar a variabilidade espacial de uma variável na agricultura, atualmente existem os “SIGs”, que são Sistemas de Informações Geográficas. Eles podem trabalhar com o gerenciamento de grande quantidade de informação que um sistema de agricultura de precisão pode gerar, armazenando dados, processando, e analisando (Tangerino, 2009).

A variabilidade espacial das variáveis pode ser estudada não só apenas no ponto amostrado, e sim em se obter valores e pontos não amostrados ou obter uma malha de pontos interpolados que possibilitem a visualização do comportamento da variável na região através de mapas ou gráficos de superfície (Ortiz, 2002).

Com o uso dessas ferramentas da agricultura de precisão a aplicação localizada de herbicidas torna-se possível, proporcionando economias consideráveis de produtos químicos, aumentando a eficiência de aplicação, reduzindo o impacto ambiental.

De acordo com Nuspl et al. (1996), é possível uma economia de herbicida na ordem de 30 a 80% quando é utilizada a tecnologia para a aplicação localizada de defensivos em áreas mapeadas, comparada ao consumo de herbicida aplicado em área total. Yang et al. (1999) verificaram uma redução no consumo de herbicida na ordem de 45% pela utilização desta tecnologia.

Christensen et al. (1999) verificaram uma economia de herbicidas pela adoção da aplicação localizada em milho (51 a 94%), trigo (40%) e soja (72%). Já em um modelo de pulverização localizada com diferentes espécies de plantas daninhas, proposto por Heisel et al. (1996), obteve economias de 66 a 75% de herbicidas, quando comparado com a aplicação uniforme.

Em estudo realizado por Shiratsuchi et al. (2002), em um total de 63 artigos sobre a lucratividade de sistemas que adotaram algum tipo de ferramenta de agricultura de precisão, a aplicação localizada de herbicidas mostrou-se vantajosa

em 73% dos casos, 16% apresentaram resultados mistos e 11% prejudiciais. A economia vai depender da infestação e densidade das plantas daninhas.

Informações obtidas sobre a variabilidade espacial de plantas e de atributos do solo são de grande importância para a avaliação da fertilidade, levantamento, classificação dos solos e mapeamento, ajudando a desenvolver sistemas mais adequados de amostragens, visando à melhoria das condições de manejo em relação não só ao custo-benefício, mas também ajudando na conservação ambiental (Souza, 1992).

2.4. Geoestatística

A geoestatística calcula a variabilidade espacial das variáveis com distribuição no espaço e, desse modo, supõe que os valores das variáveis, consideradas como regionalizadas, sejam espacialmente correlacionadas. Devido a esta característica a sua aplicação tem sido grandemente utilizada, principalmente para efetuarem estimativas ou simulações de variáveis em locais não amostrados. O método de estimativa básico utilizado é o da krigagem. Trata-se de um processo de estimação por médias móveis, de valores de variáveis distribuídas no espaço a partir de valores adjacentes (Landim e Sturaro, 2002).

Uma criteriosa análise exploratória dos dados é uma etapa fundamental no processo de análise geoestatística, verificando a normalidade dos dados, se há candidatos a dados discrepantes ou se há a necessidade de transformar os dados para a sua normalização (Isaaks e Srivastava, 1989; Gonçalves et al., 1999).

Na estatística clássica algumas hipóteses são exigidas, pode-se descrever que um valor medido é, em parte, explicado por uma média, e por outra parte pela variação ao acaso, sendo que os desvios dos valores em torno da média são assumidos como independentes e com distribuição normal de média zero e variância σ^2 , ou seja, a média aritmética dos dados amostrais é adotada como sendo um bom estimador da posição central dos valores de uma população. Assim, a média é tomada como estimativa do atributo em locais não amostrados, tomando necessário identificar o nível de precisão dessa média como estimador, o que na estatística clássica é realizado por meio das medidas de dispersão (Gomes, 1985; Trangmar et al., 1985; Gonçalves, 1997; Ortiz, 2003).

Ferramentas da estatística clássica têm sido usadas constantemente nas pesquisas agronômicas, porém quando se depara com uma situação onde a variabilidade da variável estudada é muito grande, encara-a como uma dificuldade e, normalmente, muitos dados deixam de ser analisados (Ortiz, 2003). A estatística clássica e a geoestatística se completam, uma não exclui a outra, e perguntas respondidas por uma, muitas vezes podem ser respondidas pela outra (Reichardt et al., 1986).

Nos modelos geoestatísticos os dados amostrais são interpretados como provenientes de um processo aleatório e para o seu entendimento duas são as ferramentas fundamentais: o semivariograma ou variograma e a krigagem (Landim e Sturaro, 2002).

O método de interpolação dos dados por krigagem é considerado o melhor método de interpolação linear e não tendencioso e com variância mínima, pois considera os parâmetros do semivariograma (Isaaks e Srivastava, 1989).

Porém, Gotway et al. (1996) compararam o método de interpolação por krigagem e o método do inverso do quadrado da distância para a obtenção de mapas de fertilidade do solo. Eles verificaram que as duas metodologias produziram resultados semelhantes, sendo que a do inverso do quadrado da distância proporcionou mapas com manchas circulares concêntricas, típicas desse método de interpolação.

2.5. Semivariograma ou variograma

Utiliza-se o semivariograma para verificar se há dependência espacial entre as amostras. O semivariograma é uma ferramenta utilizada para medir e descrever a dependência espacial e expressa o grau de semelhança entre o ponto e os seus vizinhos (Vieira, 2000).

Landim e Sturaro (2002), afirmaram que para aplicação da geoestatística na verificação dos dados amostrais provenientes de um processo aleatório, é fundamental o entendimento do semivariograma. Eles mostraram a medida do grau de dependência espacial entre amostras ao longo de um suporte específico e, para sua construção, são usadas as diferenças ao quadrado dos valores obtidos, assumindo-se uma estacionaridade nos incrementos. Isso significa que o semivariograma é uma medida da variabilidade do fenômeno condicionado pela

distância. Tal variabilidade pode ser bastante diferente quando consideradas diferentes direções.

Segundo Baio (2001), ao semivariograma experimental é ajustado a curva que proporcione a máxima correlação possível com os pontos plotados. O modelo ajustado é chamado de modelo teórico do semivariograma. Na região onde se observa a continuidade espacial a geoestatística é aplicada com eficiência (Figura 1).

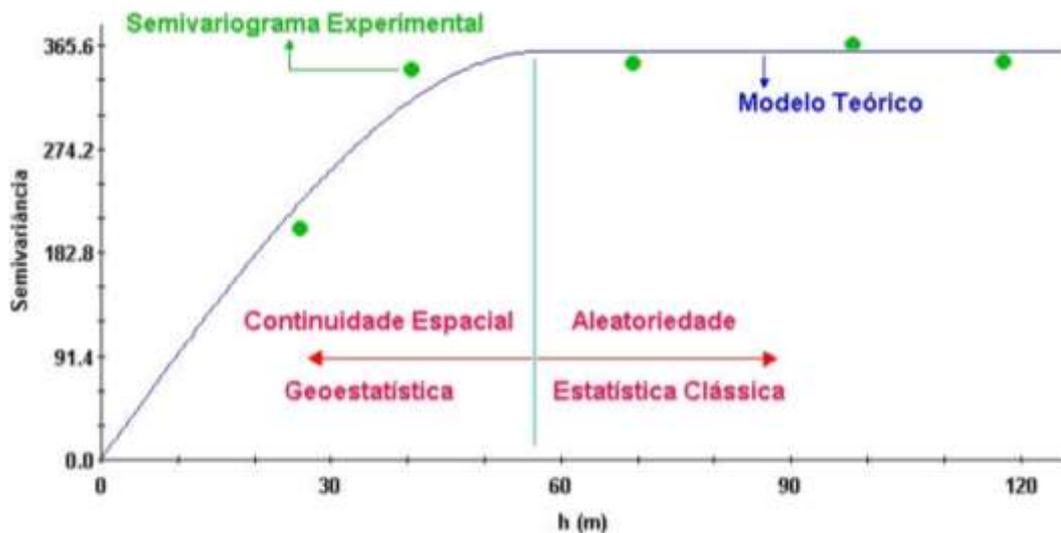


Figura 1. Semivariograma experimental e modelo teórico, segundo Baio (2001).

A continuidade de uma variável regionalizada está ligada ao comportamento do semivariograma nas vizinhanças de origem. Segundo Guerra (1988) podem-se distinguir quatro tipos (Figura 2):

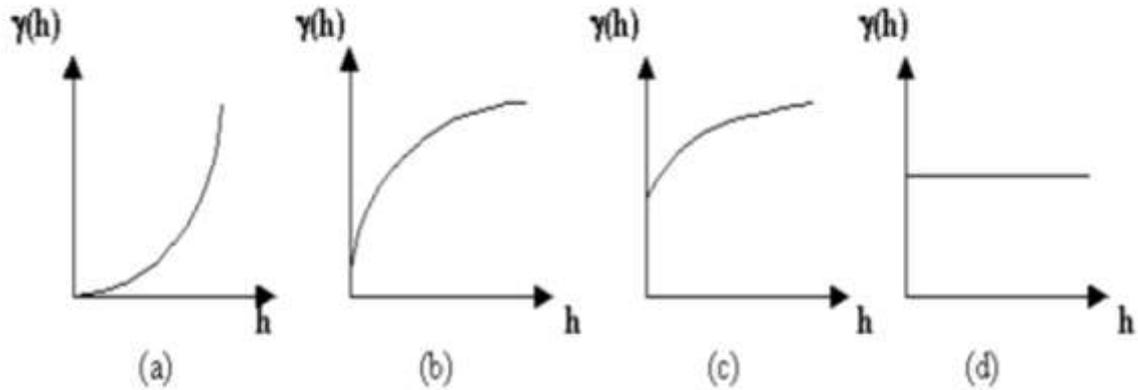


Figura 2. Comportamento na vizinhança da origem de quatro tipos de semivariogramas, segundo Guerra (1988).

Segundo Ortiz (2002), uma variável que tenha continuidade estrita ou alta continuidade, uma variável com caráter puramente geométrico, apresenta um comportamento parabólico na origem (Figura 2a). Uma variável que possui continuidade média apresenta um semivariograma contínuo na origem, porém apresentando uma tangente oblíqua (Figura 2b). Outra variável que apresenta uma tangente vertical na origem, ou seja, aquela em que $\gamma(h) = C_0$, quando h tende a zero, terá um $\gamma(h)$ como na Figura 2c. Este tipo de descontinuidade recebe o nome de efeito pepita. O efeito pepita, C_0 , representa as variações locais ou a pequena escala, como erros de análise, amostragem, etc. Finalmente uma variável que apresenta efeito pepita puro, ou seja, um fenômeno totalmente aleatório (Figura 2d).

3. TRABALHOS

3.1. EFICÁCIA DE HERBICIDAS EM PRÉ-EMERGÊNCIA NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

RESUMO

Em um sistema agrícola, o principal método de controle de plantas daninhas utilizado, e bastante difundido no Brasil é o químico, com uso de herbicidas em pré ou pós-emergência. Sendo seu uso influenciado por fatores ligados à cultura, às espécies de plantas daninhas, às condições do solo e climáticas. O objetivo do trabalho foi avaliar a ação do herbicida bicyclopyrone aplicado isoladamente e em mistura com hexazinone e ametryn aplicados em pré-emergência das plantas daninhas em cana-planta e os herbicidas S-metalachlor + ametryn, (hexazinone + diuron) + tebuthiron e (hexazinone + diuron) + clomazone, sobre a flora emergente. O experimento foi conduzido na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes – RJ, no sistema de preparo convencional do solo, com aração e gradagem utilizando a variedade de cana-planta RB 867515. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com 14 tratamentos e quatro repetições. Realizaram-se avaliações de fitotoxicidade e de eficiência de controle dos

herbicidas. Os melhores controles foram os tratamentos “(200 g/L bicyclopyrone) + (132 g/L hexazinone + 468 g/L diuron) (1,0 + 1,5 L/ha)”, “(132 g/L hexazinone + 468 g/L diuron) + (360 g/L clomazone) (1,5 + 1,3 L/ha)”, “(200 g/L bicyclopyrone) + (750 g/L hexazinone) (0,5 + 0,8 L/ha)”, “(200 g/L bicyclopyrone) + (750 g/L hexazinone) (1,0 + 0,8 L/ha)”, “(200 g/L bicyclopyrone) (1,0 L/ha)”, “(200 g/L bicyclopyrone) (1,5 L/ha)”, “(57 g/L bicyclopyrone + 429 g/l ametryn) (2,5 L/ha)”, “(200 g/L bicyclopyrone) + (132 g/L hexazinone + 468 g/L diuron) (0,5 + 1,5 L/ha)”, “(960 g/L S-metolachlor) + (500 g/l ametryn) (2,5 + 3,0 L/ha)” e “(132 g/L hexazinone + 468 g/L diuron) + (500 g/L tebuthiron) (1,5 + 1,0 L/ha)”. Em todos os tratamentos a fitotoxicidade na cana-de-açúcar foi considerada leve, não sendo superiores a 20%. Após 45 DAA não foi detectado nenhum sintoma de fitotoxidez. Os resultados indicaram que quando o herbicida bicyclopyrone é aplicado isoladamente ele se mostra eficiente tanto quanto em mistura.

PALAVRAS-CHAVE: plantas daninhas, controle, toxicidade.

ABSTRACT

In an agricultural system, the main method of weed control used, and widespread in Brazil is the chemist, with the use of herbicides in pre-and post-emergence. And its use is influenced by factors related to culture, weed species, soil conditions and climate. The objective of this study was to evaluate the action of bicyclopyrone herbicide applied alone and in combination with hexazinone and ametryn applied pre-emergence of weeds in sugar-cane plants and herbicides S-metalachlor + ametryn, (hexazinone + diuron) + tebuthiron and (hexazinone + diuron) + clomazone, on emerging flora. The experiment was conducted at the Abadia Farm in Campos dos Goytacazes - RJ in the system of conventional tillage with plowing and harrowing using a variety of plant cane RB 867515. The experimental design was in randomized blocks with 14 treatments and four replications. Evaluations were performed phytotoxicity and control efficiency of herbicides. The best treatments were the controls “(200 g/L bicyclopyrone) + (132 g/L hexazinone + 468 g/L diuron) (1,0 + 1,5 L/ha)”, “(132 g/L hexazinone + 468 g/L diuron) + (360 g/L clomazone) (1,5 + 1,3 L/ha)”, “(200 g/L bicyclopyrone) + (750 g/L hexazinone) (0,5 + 0,8 L/ha)”, “(200 g/L bicyclopyrone) + (750 g/L hexazinone) (1,0 + 0,8 L/ha)”, “(200 g/L bicyclopyrone) (1,0 L/ha)”, “(200 g/L bicyclopyrone) (1,5 L/ha)”, “(57 g/L

bicyclopyrone + 429 g/l ametryn) (2,5 L/ha)", "(200 g/L bicyclopyrone) + (132 g/L hexazinone + 468 g/L diuron) (0,5 + 1,5 L/ha)", "(960 g/L S-metolachlor) + (500 g/l ametryn) (2,5 + 3,0 L/ha)" and "(132 g/L hexazinone + 468 g/L diuron) + (500 g/L tebuthiron) (1,5 + 1,0 L/ha)". In all treatments phytotoxicity on cane sugar was considered tenuous, not greater than 20%. After 45 DAA was not detected any symptoms of phytotoxicity. The results indicated that when the herbicide bicyclopyrone is applied separately it shows efficient as far as on mixing.

KEYWORDS: weeds, control, toxicity.

INTRODUÇÃO

O controle químico das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar é o principal método utilizado, com o uso de herbicidas aplicados nas espécies em pré ou em pós-emergência das mesmas, sendo uma prática bastante difundida em todo o Brasil (Freitas et al., 2004).

Este método de controle das plantas daninhas apresenta grandes vantagens como menor dependência de mão de obra, mesmo em épocas chuvosas é eficiente, controle nas linhas de plantio não afetando o sistema radicular das culturas, permite o plantio direto e o cultivo mínimo, pode controlar plantas daninhas de propagação vegetativa e permite o plantio a lanço (Silva e Silva, 2007).

As principais plantas daninhas infestantes na cultura da cana-de-açúcar na região Centro-Sul são: carrapicho-de-carneiro (*Acanthospermum hispidum*), mentrasto (*Ageratum conyzoides*), caruru (*Amaranthus* spp.), picão-preto (*Bidens pilosa*), capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*), capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*), capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus*), trapoeraba (*Commelina* spp.), grama-seda (*Cynodon dactylon*), tiriricão (*Cyperus esculentus*), tiririca (*Cyperus rotundus*), capim-colchão (*Digitaria* spp.), capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*), falsa-serralha (*Emilia sonchifolia*), leiteiro (*Euphorbia heterophylla*), corda-de-viola (*Ipomoea* spp.), capim-colonião (*Panicum maximum*), beldroega (*Portulaca oleraceae*), nabiça (*Raphanus raphanistrum*), poaia-branca (*Richardia brasiliensis*), capim-camalote (*Rottboelia cochinchinensis*), guanxuma (*Sida* spp.), serralha (*Sonchus oleraceus*), capim-falso-massambará (*Sorghum arundinaceum*)

e capim-massambará (*Sorghum halepense*) (Procópio et al., 2003; Victoria Filho e Christoffoleti, 2004; Lorenzi, 2008; Oliveira e Freitas, 2008).

O principal método de controle dessas plantas daninhas e de outras é o químico, em razão da extensão das áreas cultivadas e, escassez de mão-de-obra, facilidade de aplicação, custo e eficácia do tratamento (Rossi, 2004). Este método é influenciado por fatores ligados à cultura, às plantas daninhas, às condições do solo e climáticas. Conhecendo essas características permite-se uma melhor programação do uso de herbicidas em condições de pré-plantio, pré-emergência e pós-emergência (Christoffoleti, 1997).

Os herbicidas utilizados para a cultura da cana-de-açúcar, na sua maioria, são seletivos, devido a aspectos de absorção foliar e à degradação do herbicida absorvido pela planta cultivada, com controle das plantas daninhas sem comprometer o desenvolvimento e a produtividade da cultura (Azania, 2004). Em cada fase do crescimento inicial, a cana-de-açúcar pode responder diferentemente a um herbicida em particular, ou mesmo tolerar a competição com eventuais plantas daninhas presentes na área (Negrisoli et al., 2010). Neste contexto o objetivo deste trabalho foi avaliar a ação do herbicida bicyclopyrone aplicado isoladamente e em mistura com hexazinone e ametryn, aplicados em pré-emergência das plantas daninhas em cana-planta e os herbicidas S-metalachlor + ametryn, (hexazinone + diuron) + tebuthiron e (hexazinone + diuron) + clomazone, sobre a flora emergente.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Abadia pertencente ao Grupo Queiroz Galvão, coordenadas 21°43'84" S e 41°12'63" W, a classificação do solo é uma associação de Cambissolo e Neossolo Flúvico com atividade de argila média a alta, eutróficos com texturas argilosas a argilo-siltosos, no município de Campos dos Goytacazes, ao norte do Estado do Rio de Janeiro em área de cultivo de cana-de-açúcar tratada com herbicidas.

Segundo o sistema Köppen, o clima da região Norte Fluminense é classificado como Aw, isto é, clima quente e úmido, com temperatura média do mês mais frio a 18 °C e temperatura média anual em torno de 24 °C. A precipitação anual média está em torno de 1.023 mm, concentrando-se nos

meses de outubro a janeiro. Na figura 3 estão apresentadas as precipitações ocorridas e a temperatura média observadas durante o período experimental. Na figura 4 encontram-se os dados da umidade relativa do ar mensal durante o experimento.

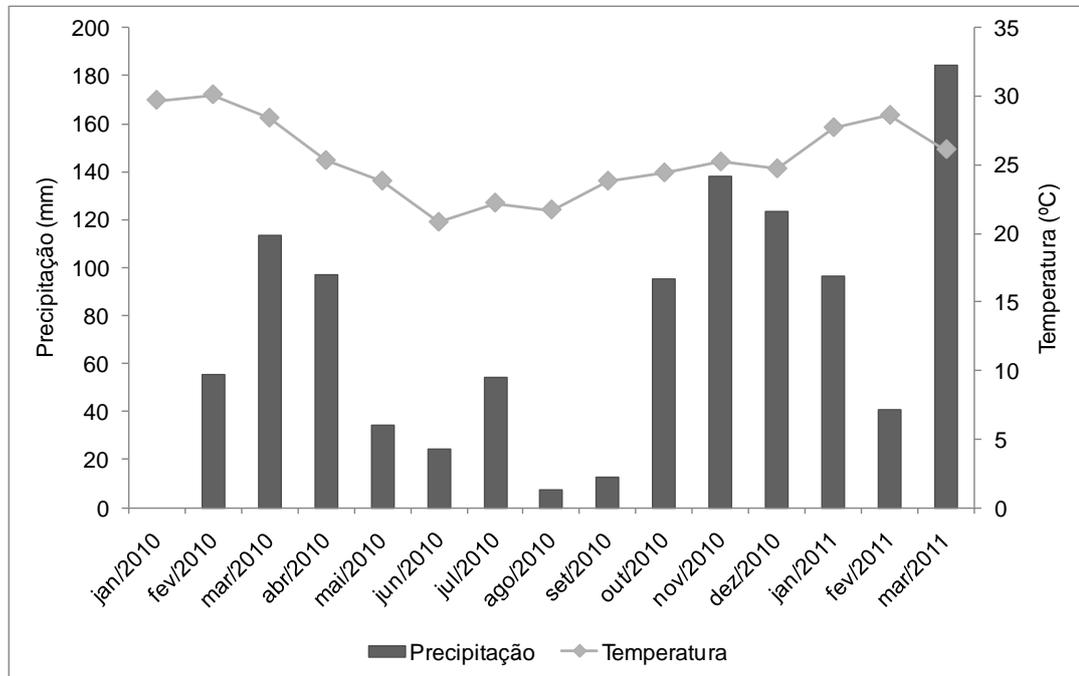


Figura 3. Dados de precipitação e de temperatura média mensal registrados durante o período experimental, janeiro de 2010 a março de 2011, na Fazenda Abadia no Município de Campos dos Goytacazes – RJ. (Fonte: estação meteorológica UFRRJ)

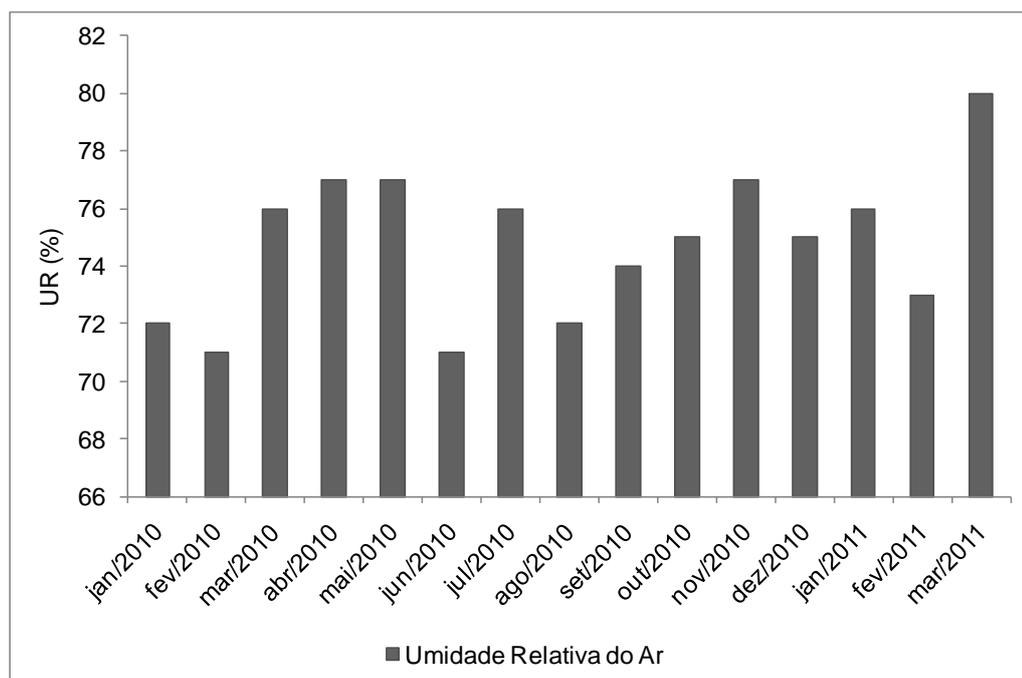


Figura 4. Dados da umidade relativa do ar média mensal registrados durante o período experimental, janeiro de 2010 a março de 2011, na Fazenda Abadia no Município de Campos dos Goytacazes – RJ. (Fonte: estação meteorológica UFRRJ)

O experimento foi conduzido no sistema de preparo convencional do solo, com aração e gradagem realizado no dia 22/03/2010. A variedade de cana-planta foi a RB 867515, semeada no dia 24/03/2010.

A variedade RB867515 (mineirinha) foi desenvolvida pelo programa de melhoramento genético de cana-de-açúcar da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Ela apresenta amadurecimento médio e a colheita é recomendada para ser feita do meio para o fim da safra no centro-sul do Brasil. Apresenta alta produtividade agrícola em cana-planta e soca, caracterizando-se pelo rápido crescimento vegetativo, tolerância à seca, boa brotação de soqueira, alto teor de sacarose, porte alto, hábito de crescimento ereto, ampla adaptabilidade, boa despalha e alta densidade do colmo. Apresenta resistência a ferrugem, carvão, escaldadura e broca da cana-de-açúcar, tendo reação intermediária em relação a estrias vermelhas e falsas estrias vermelhas (PMGCA, 2010).

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. A área total do experimento foi de 1.456 m² com parcelas de 26 m² (Figura 5). Os tratamentos utilizados estão apresentados na Tabela 1, na qual cada parcela foi constituída de quatro bancos (entre linhas), com 1,3 m de largura

e 5 metros de comprimento, totalizando 26 m², com uma linha de cana nas laterais como bordadura.

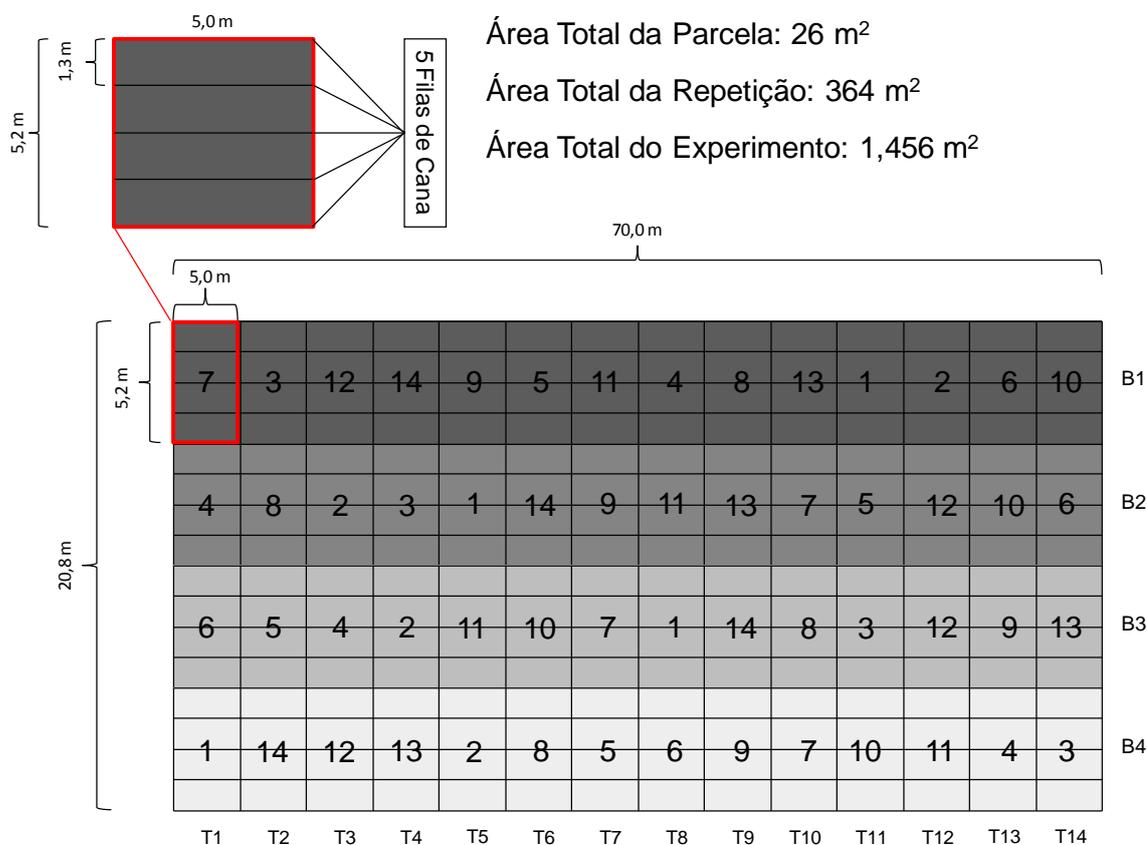


Figura 5. Croqui da área experimental, disposição dos blocos e sorteio dos tratamentos.

A aplicação dos herbicidas foi realizada em pré-emergência em jato dirigido, utilizando-se um pulverizador pressurizado a CO₂, provido de bico de jato plano uniforme modelo XR Teejet 80 02 VS. A aplicação foi realizada no dia 12/04/2010 das 7:00 às 10:00, a temperatura estava em torno de 23,5 °C, umidade relativa do ar de 86%, velocidade do vento de 4,4 km/h e volume de calda utilizado foi de 138 litros por hectare.

Foram realizadas avaliações de fitotoxicidade e de eficiência de controle dos herbicidas. As avaliações de eficiência de controle foram realizadas aos 18, 25, 45 e 120 dias após a aplicação (DAA) em cada parcela tratada com herbicida. Utilizou-se uma escala variando de 0 a 100%, em que 0 corresponde à ausência de controle e 100 ao total controle das plantas daninhas (Rolim, 1989). As avaliações de fitotoxicidade dos herbicidas na cultura foram realizadas aos 7, 18, 25 e 45 DAA, utilizando a escala de avaliação visual da fitotoxicidade em que atribui valores de 1 a 10 aos danos causados na cana-de-açúcar pelos herbicidas em

função da porcentagem de fitotoxicidade: classe 1 (0 a 10%), dano nulo; a classe 10 (91 a 100%), dano total com morte da planta (Deuber, 1992).

Foram realizadas avaliações visuais de controle de plantas daninhas em todos os tratamentos, verificando as plantas daninhas presentes na área experimental. Dentre a flora emergente identificada após a aplicação dos herbicidas, foram selecionadas as quatro plantas daninhas com maior incidência, utilizou-se uma escala variando de 0 a 100%, em que 0 corresponde à ausência de controle e 100 ao total controle das plantas daninhas (Rolim, 1989).

Tabela 1. Tratamentos utilizados no experimento em cana-planta na Fazenda Abadia, no município de Campos dos Goytacazes, RJ – 2010.

Tratamentos	Doses (L/ha)	Siglas
Testemunha sem capina	-	“TesSCap”
Testemunha capinada	-	“TesCap”
(200 g/L bicyclopyrone)	0,5	“Bic 0,5”
(200 g/L bicyclopyrone)	1,0	“Bic 1,0”
(200 g/L bicyclopyrone)	1,5	“Bic 1,5”
(57 g/L bicyclopyrone + 429 g/l ametryn)	2,5	“Bic+Am 2,5”
(57 g/L bicyclopyrone + 429 g/l ametryn)	3,5	“Bic+Am 3,5”
(960 g/L S-metolachlor) + (500 g/l ametryn)	2,5 + 3,0	“S-met+Am 2,5+3,0”
(132 g/L hexazinone + 468 g/L diuron) + (500 g/L tebuthiron)	1,5 + 1,0	“(Hex+Diu)+Teb 1,5+1,0”
(132 g/L hexazinone + 468 g/L diuron) + (360 g/L clomazone)	1,5 + 1,3	“(Hex+Diu)+Clo 1,5+1,3”
(200 g/L bicyclopyrone) + (750 g/L hexazinone)	0,5 + 0,8	“Bic+Hex 0,5+0,8”
(200 g/L bicyclopyrone) + (750 g/L hexazinone)	1,0 + 0,8	“Bic+Hex 1,0+0,8”
(200 g/L bicyclopyrone) + (132 g/L hexazinone + 468 g/L diuron)	0,5 + 1,5	“Bic+(Hex+Diu) 0,5+1,5”
(200 g/L bicyclopyrone) + (132 g/L hexazinone + 468 g/L diuron)	1,0 + 1,5	“Bic+(Hex+Diu) 1,0+1,5”

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A flora emergente de plantas daninhas observada no experimento foi composta por 15 espécies (Tabela 2), dentre as Magnoliopsidas, a família Fabaceae apresentou o maior número de espécies. Das Liliopsidas, a família Poaceae foi a mais representativa com quatro espécies, seguida da família Cyperaceae com uma espécie.

Dentre as espécies de plantas daninhas encontradas na área experimental, destacou-se a tiririca (*Cyperus rotundus*), sendo a mais incidente pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade, conforme Tabela 2. As outras espécies encontradas diferiram estatisticamente.

Tabela 2. Relação das plantas daninhas distribuídas por família, espécie e porcentagem de incidência presentes na área experimental de cana-planta na Fazenda Abadia aos 50 DAA, no município de Campos dos Goytacazes, RJ – 2010.

Família	Nome científico	Nome comum	% Incidência
Cyperaceae	<i>Cyperus rotundus</i>	Tiririca	83,93 a
Poaceae	<i>Sorghum arundinaceum</i>	Falso massambará	7,02 b
Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i>	Grama seda	3,64 b
Poaceae	<i>Rottboelia cochinchinensis</i>	Capim camalote	3,57 b
Fabaceae	<i>Calopogonium muconoides</i>	Amendoim selvagem	0,42 b
Poaceae	<i>Brachiaria mutica</i>	Capim angola	0,31 b
Asteraceae	<i>Praxelis pauciflora</i>	Eupatório	0,27 b
Fabaceae	<i>Crotalaria incana</i>	Guizo de cascavel	0,23 b
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus tenellus</i>	Quebra pedra	0,19 b
Commelinaceae	<i>Commelina benghalensis</i>	Trapoeraba	0,08 b
Euphorbiaceae	<i>Croton lobatus</i>	Café bravo	0,08 b
Fabaceae	<i>Mimosa pudica</i>	Dormideira	0,08 b
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i>	Beldroega	0,08 b
Solanaceae	<i>Solanum americanum</i>	Maria pretinha	0,08 b
Plantaginaceae	<i>Stemodia verticillata</i>	Mentinha	0,04 b

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Devido à importância no controle de plantas daninhas na região das espécies falso-massambará (*Sorghum arundinaceum*), grama-seda (*Cynodon dactylon*) e capim-camalote (*Rottboelia cochinchinensis*) elas foram submetidas à análise de variância e a diferença entre as médias foi determinada pelo teste Scott-Knott a 1% de probabilidade, juntamente com a tiririca (*Cyperus rotundus*), conforme tabela 3. No controle de *Cyperus rotundus*, os tratamentos que proporcionaram as maiores porcentagens foram “(Hex+Diu)+Teb 1,5+1,0”,

“Bic+(Hex+Diu) 1,0+1,5”, “Bic+Am 2,5” e “S-met+Am 2,5+3,0”. Enquanto o controle de *Sorghum arundinaceum* o tratamento que apresentou a maior porcentagem foi “(Hex+Diu)+Clo 1,5+1,3”. A grama-seda (*Cynodon dactylon*) apenas o tratamento “(Hex+Diu)+Clo 1,5+1,3” obteve a maior porcentagem de controle. Já o capim-camalote (*Rottboelia cochinchinensis*) obteve as maiores porcentagens de controle nos tratamentos “(Hex+Diu)+Clo 1,5+1,3” e “Bic+Hex 0,5+0,8” (Tabela 3).

Tabela 3. Porcentagem de controle das quatro plantas daninhas com maior incidência na área experimental aos 120 DAA em cana-planta, Campos dos Goytacazes, RJ – 2010.

Tratamentos	% de Controle			
	<i>Cyperus rotundus</i>	<i>Sorghum arundinaceum</i>	<i>Cynodon dactylon</i>	<i>Rottboelia cochinchinensis</i>
“TesSCap”	0 d	0 f	0 h	0 g
“TesCap”	100 a	100 a	100 a	100 a
“Bic 0,5”	81,5 b	22,2 e	30,8 d	43,8 d
“Bic 1,0”	80,5 b	55,6 c	7,7 g	0 g
“Bic 1,5”	78,5 b	63,0 c	15,4 f	12,5 f
“Bic+Am 2,5”	94,0 a	77,8 b	42,3 c	45,8 d
“Bic+Am 3,5”	59,0 c	22,2 e	73,1 b	0 g
“S-met+Am 2,5+3,0”	94,0 a	40,7 d	38,5 c	62,5 c
“(Hex+Diu)+Teb 1,5+1,0”	98,0 a	38,9 d	23,1 e	68,8 b
“(Hex+Diu)+Clo 1,5+1,3”	47,5 c	98,0 a	94,9 a	97,3 a
“Bic+Hex 0,5+0,8”	72,0 b	75,0 b	0 h	98,6 a
“Bic+Hex 1,0+0,8”	47,5 c	74,1 b	38,5 c	37,5 d
“Bic+(Hex+Diu) 0,5+1,5”	79,0 b	27,8 e	0 h	75,0 b
“Bic+(Hex+Diu) 1,0+1,5”	98,0 a	40,7 d	23,1 e	25,0 e

“TesSCap = Testemunha sem capina (0%); “TesCap” = Testemunha capinada (100%). De acordo com Rolim (1989). Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott, a 1% de probabilidade.

De um modo geral, em todos os tratamentos com herbicidas observou-se excelente controle de plantas daninhas da classe das Magnoliopsidas (folhas largas), e também no controle das Liliopsidas (folhas estreitas). Os melhores controles das plantas daninhas da classe das Liliopsidas foram os tratamentos “(Hex+Diu)+Teb 1,5+1,0”, “Bic+(Hex+Diu) 1,0+1,5”, “Bic+Am 2,5”, “S-met+Am 2,5+3,0”, “(Hex+Diu)+Clo 1,5+1,3” e “Bic+Hex 0,5+0,8”.

Foi observado 20% de toxicidade na cana-de-açúcar nas parcelas que receberam o tratamento “(Hex+Diu)+Clo 1,5+1,3” e 15% nos tratamentos “Bic+Hex 1,0+0,8” e “Bic+(Hex+Diu) 1,0+1,5” aos 7 dias após a aplicação (DAA), enquanto que nos outros tratamentos houve uma variação de 10 a 12,5%. Entretanto, aos 45 DAA não foi detectado sintomas de fitotoxidez em nenhum dos tratamentos.

Observou-se que os herbicidas proporcionaram sintomas leves de toxicidade nas plantas apenas no início do desenvolvimento da cultura, como necroses, pequenas falhas visuais de brotação e cloroses. Inoue et al. (2007) apresentaram resultado semelhante avaliando herbicidas em pré-emergência das plantas daninhas e da cana-de-açúcar da variedade RB 83-5486 e concluíram que as associações de herbicidas avaliadas foram todas viáveis para serem aplicadas em cana-de-açúcar, apresentaram sintomas leves de toxicidade na cultura.

O tratamento que causou maior fitotoxidez foi o “(Hex+Diu)+Clo 1,5+1,3”, embora tenha causado injúrias leves. Esse fato pode se justificar, pois alguns herbicidas inibidores de fotossíntese (FS II), como o (hexazinone+diuron) tornam-se mais fitóxicos para a cana-de-açúcar quando aplicados em associação com outros herbicidas inibidores de pigmentos (carotenos) como o clomazone (Cruz e Gurgell, 1983). Hexazinone+diuron em associação com o bicyclopyrone apresentou a segunda maior fitotoxicidade, indicando assim que causa também um efeito mais fitóxico, porém pesquisas sobre a associação do bicyclopyrone com outros herbicidas devem ser mais bem estudadas.

No experimento de controle de plantas daninhas, as primeiras avaliações dos tratamentos químicos, aos 7, 18, 25 e 45 DAA, mostraram que não houve diferenças significativas (Tabela 4), indicando assim, que esses resultados podem ser devido à estiagem (Figura 3), pois sem condição de umidade no solo poucas plantas daninhas emergiram nesta etapa do experimento. Resultado semelhante

foi encontrado no trabalho de Inoue et al. (2007), onde até os 45 DAA o percentual de controle não diferiu estatisticamente em todos os tratamentos químicos.

As maiores porcentagens de controle das plantas daninhas aos 120 DAA, foram os tratamentos “Bic+(Hex+Diu) 1,0+1,5”, “(Hex+Diu)+Clo 1,5+1,3”, “Bic+Hex 0,5+0,8” com 96,5%, 93,25% e 93,25%, respectivamente, seguidos pelos tratamentos “Bic+Hex 1,0+0,8”, “Bic 1,0”, “Bic 1,5”, “Bic+Am 2,5”, “Bic+(Hex+Diu) 0,5+1,5”, “S-met+Am 2,5+3,0” e “(Hex+Diu)+Teb 1,5+1,0” com 91,75%, 91,5%, 91,5%, 90,75%, 89%, 88% e 85,25%, respectivamente. Entretanto, os tratamentos “Bic+Am 3,5” e “Bic 0,5” apresentaram 80% e 72,25%, respectivamente, com menor porcentagem de eficiência de controle (Tabela 4).

Tabela 4. Porcentagem do controle das plantas daninhas no período de 7 a 120 DAA em função dos tratamentos, na Fazenda Abadia, no município de Campos dos Goytacazes, RJ – 2010.

Tratamentos	Controle (%)				
	7 DAA	18 DAA	25 DAA	45 DAA	120 DAA
“TesSCap”	0	0	0	0	0
“TesCap”	100	100	100	100	100
“Bic 0,5”	100	89,5	93,2	80,7	72,2
“Bic 1,0”	100	95,0	95,7	88,2	91,5
“Bic 1,5”	100	93,7	94,0	84,0	91,5
“Bic+Am 2,5”	100	85,0	95,7	80,7	90,7
“Bic+Am 3,5”	100	90,0	95,7	84,7	80,0
“S-met+Am 2,5+3,0”	100	92,5	95,2	88,0	88,0
“(Hex+Diu)+Teb 1,5+1,0”	100	93,7	97,0	86,7	85,2
“(Hex+Diu)+Clo 1,5+1,3”	100	92,0	97,2	92,0	93,2
“Bic+Hex 0,5+0,8”	100	92,0	92,0	85,2	93,2
“Bic+Hex 1,0+0,8”	100	86,2	93,2	84,2	91,7
“Bic+(Hex+Diu) 0,5+1,5”	100	86,2	94,5	87,7	89,0
“Bic+(Hex+Diu) 1,0+1,5”	100	94,5	94,5	85,5	96,5

“TesSCap = Testemunha sem capina (0%); “TesCap” = Testemunha capinada (100%). De acordo com Rolim (1989).

CONCLUSÕES

Os tratamentos que apresentaram os maiores controles de plantas daninhas aos 120 DAA foram os “Bic+(Hex+Diu) 1,0+1,5”, “(Hex+Diu)+Clo 1,5+1,3”, “Bic+Hex 0,5+0,8”, “Bic+Hex 1,0+0,8”, “Bic 1,0”, “Bic 1,5”, “Bic+Am 2,5”, “Bic+(Hex+Diu) 0,5+1,5”, “S-met+Am 2,5+3,0” e “(Hex+Diu)+Teb 1,5+1,0”. Esse resultado indica que quando é aplicado apenas o herbicida bicyclopyrone ele se mostra eficiente tanto quanto em mistura.

Em todos os tratamentos a fitotoxicidade na cana-de-açúcar foi considerada leve, não sendo superiores a 20%. Após 45 DAA não foi detectado nenhum sintoma de fitotoxidez.

As espécies de plantas daninhas com maiores incidências encontradas na área experimental foram a *Cyperus rotundus*, *Sorghum arundinaceum*, *Rottboelia cochinchinensis* e *Cynodon dactylon*. De um modo geral, todas as plantas daninhas de folhas estreitas (Liliopsidas), incluindo as mais incidentes obtiveram melhores controles nos tratamentos “(Hex+Diu)+Teb 1,5+1,0”, “Bic+(Hex+Diu) 1,0+1,5”, “Bic+Am 2,5”, “S-met+Am 2,5+3,0”, “(Hex+Diu)+Clo 1,5+1,3” e “Bic+Hex 0,5+0,8”. Os herbicidas já utilizados na região “S-met+Am 2,5+3,0”, “(Hex+Diu)+Clo 1,5+1,3” também se mostraram eficientes. E a mistura Bic+(Hex+Diu) 1,0+1,5” na maior dose de bicyclopyrone controlou as plantas daninhas de folha estreita.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azania, C. A. M. (2004) *Comparação de métodos para determinar a seletividade de herbicidas na cultura da cana-de-açúcar*. 116f. Tese (Doutorado em Agronomia/Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- Christoffoleti, P. J. (1997) Manejo de plantas daninhas em cana-de-açúcar. *Sinal Verde*, São Paulo, v. 10, n. 9, p. 12-14.

- Cruz, L. S. P.; Gurgell, M. N. A. (1983) Efeito de hexazinone e diuron, e suas misturas, no controle de capim-colchão (*Digitaria sanguinalis*) em cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). *Planta Daninha*, v.1, p.15-20.
- Deuber, R. (1992) Ciência das plantas daninhas: fundamentos. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 431 p.
- Freitas, S. P.; Oliveira, A. R.; Freitas, S. J.; Soares, L. M. S. (2004) Controle químico de *Rottboellia exaltata* em cana-de-açúcar. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 461-466.
- Inoue, M. H.; Santin, A. J.; Dallacort, R.; Possamai, A. C. S.; Santana, D. C. (2007) Performance de associações de associações de herbicidas em cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). *Revista Brasileira de Herbicidas*, v.6, n.2, p.32-41, jul./dez.
- Lorenzi, H. (2008) *Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas*. 4. ed. Nova Odessa: Plantarum, 672 p.
- Negrisoni, E.; Corrêa, M. R.; Perim, L. (2010) *Comportamento de herbicidas aplicados em palha de cana-de-açúcar*. Jaboticabal: Funep, 40p.
- Oliveira, A. R.; Freitas, S. P. (2008) Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em áreas de produção de cana-de-açúcar. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 33-46.
- Procópio, S. O.; Silva, A. A.; Vargas, L.; Ferreira, F. A. (2003) *Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Suprema, 150 p.
- Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar. PMGCA (2010) Araras – SP. http://pmgca.dbv.cca.ufscar.br/dow/VarietadesRB_2008.pdf em 27/09/2010.

- Rolim, J. C. (1989) *Proposta de utilização da escala EWRC modificada em ensaios de campo com herbicidas*. Araras: IAA/PLANALSUCAR. Coordenadoria Regional Sul, 3 p. (Não Publicado)
- Rossi, C.V.S. (2004) *Dinâmica e eficácia no controle de plantas daninhas pelo herbicida metribuzin aplicado sobre palha de cana-de-açúcar*. 2004, 95p. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Proteção de Plantas) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- Silva, A. A.; Silva, J. F. (2007) *Tópicos em manejo de plantas daninhas*. Viçosa: Ed. UFV, 367p.
- Victoria Filho, R; Christoffoleti, P. J. (2004) *Manejo de plantas daninhas e produtividade da cana*. *Visão Agrícola*, Piracicaba, v. 1, n. 1, p. 32-37.

3.2. DINÂMICA DO BANCO DE SEMENTES DE PLANTAS DANINHAS

RESUMO

As plantas daninhas para garantir a sua sobrevivência produzem grandes quantidades de sementes, garantindo assim a ocorrência de grandes reservas das mesmas no solo, podendo então ser denominados de banco de sementes de plantas daninhas. As informações sobre a dinâmica do banco de sementes de plantas daninhas podem auxiliar diretamente na tomada de decisão sobre o controle e manejo integrado das mesmas em um sistema de produção agrícola. Objetivou-se avaliar a ação do herbicida bicyclopyrone aplicado isoladamente e em mistura com hexazinone e ametryn, aplicados em pré-emergência das plantas daninhas em cana-planta e os herbicidas S-metalachlor + ametryn, (hexazinone + diuron) + tebuthiron e (hexazinone + diuron) + clomazone, sobre o banco de sementes de plantas daninhas, por meio de mapas de infestação e pelo teste t de Student. Amostras de solo foram coletadas antes e após a aplicação dos herbicidas na cultura da cana-de-açúcar em todas as parcelas, onde foram acondicionadas em bandejas e levadas para casa de vegetação, sendo irrigadas até 120 dias com o intuito de verificar as espécies de plantas daninhas emergidas. Os dados foram submetidos à análise estatística por meio do teste t de Student em nível de 5% e 1% de probabilidade. A distribuição espacial foi obtida por meio

do programa Surfer 8, utilizando como interpolador dos dados o método do inverso do quadrado da distância. Os resultados mostraram que os melhores controles do banco de sementes analisados pelo teste t foram os mesmos observados por meio dos mapas de infestação gerados pelo método do inverso do quadrado da distância, evidenciando que esse método é eficaz para a visualização da distribuição espacial das mesmas. Concluindo-se que a estatística clássica juntamente com a geoestatística se completam.

PALAVRAS-CHAVE: fluxos de emergência, mapas de infestação, geoprocessamento.

ABSTRACT

Weeds to ensure their survival produce large quantities of seeds, thus ensuring the occurrence of such large reserves in the soil can then be called the seed bank of weeds. Information about the dynamics of the seed bank of weeds can directly assist in decision making regarding the control and integrated management of such a system in agricultural production. The objective was to evaluate the effects of the herbicide bicyclopyrone applied alone and in combination with hexazinone and ametryn applied pre-emergence of weeds in sugar-cane plant and the herbicides S-metalachlor + ametryn, (hexazinone + diuron) + tebuthiron and (hexazinone + diuron) + clomazone, on the bank of weed seeds through maps of infestation and the Student t test. Soil samples were collected before and after application of herbicides in the culture of cane sugar in all plots, which were packed in trays and taken to a greenhouse and irrigated up to 120 days in order to verify the species emerged weeds. Data were statistically analyzed using the Student t test at 5% and 1% probability. The spatial distribution was obtained using the program Surfer 8, using data interpolation method of the inverse square of the distance. The results showed that the best seed bank controls analyzed by t test were the same as observed through the infestation maps generated by the method of the inverse square of the distance, showing that this method is effective for visualizing the spatial distribution of the same. It was concluded that the classical statistical together with geostatistics is complete.

KEYWORDS: emergency fluxes, maps of infestation, geoprocessing.

INTRODUÇÃO

Em um sistema de produção agrícola constantemente perturbado um dos principais mecanismos de sobrevivência das plantas daninhas é a alta produção de sementes, sobretudo espécies anuais (Lacerda, 2003), garantindo a ocorrência de grandes reservas das mesmas no solo por meio de mecanismos da semente como longevidade, dormência, capacidade de sobreviver sob condições adversas e em baixo nível de atividade metabólica (Carmona, 1995; Freitas, 1990; Lorenzi, 2000).

O banco de sementes de um solo pode ser considerado como a reserva de sementes e de propágulos vegetativos, principalmente na camada arável como na superficial, constituindo a origem do ciclo de vida das espécies vegetais (Roberts e Nielson, 1981).

Baker (1989) propõe uma definição segundo a qual, o banco de sementes é um agregado de sementes não germinadas, potencialmente capazes de repor plantas adultas anuais que morreram por morte natural ou não, e plantas perenes, susceptíveis à morte por doença, distúrbio ou consumo por animais.

As informações sobre o banco de sementes, considerando a composição, a densidade, em resumo, a dinâmica, podem auxiliar diretamente a tomada de decisões sobre práticas de controle e manejo integrado de plantas daninhas. O manejo adequado pode resultar em maior equilíbrio do sistema como um todo, e quem sabe, futuramente em menor perturbação do ambiente agrícola (Lacerda, 2003).

A quantificação do banco de sementes, de um solo cultivado, envolve a questão do número mínimo de amostras de solo, que deve ser tomado para estimar com precisão adequada o número de sementes por área de igual manejo ou glebas uniformes (Voll et al., 2003).

Nesse sentido, uma predição precisa da emergência do banco de sementes de plantas daninhas permitiria aos agricultores o planejamento mais eficiente do controle da infestação e a aplicação mais adequada de herbicidas em condições de pré-emergência (Cardina e Sparrow, 1996). Segundo Cardina et al. (1997), o mapeamento do banco de sementes de plantas daninhas, quando feito criteriosamente, pode ser utilizado para previsão dos locais de infestação em cultivos posteriores. Para isso, Luschei et al. (1998) relataram que a estimativa

qualitativa e quantitativa das sementes no banco pode ser acompanhada pela germinação direta nas amostras do solo ou pela extração física ou química das sementes associada por ensaios de viabilidade.

Objetivou-se neste trabalho avaliar a ação do herbicida bicyclopyrone aplicado isoladamente e em mistura com hexazinone e ametryn, aplicados em pré-emergência das plantas daninhas em cana-planta e os herbicidas S-metalachlor + ametryn, (hexazinone + diuron) + tebuthiron e (hexazinone + diuron) + clomazone, sobre o banco de sementes de plantas daninhas, por meio de mapas de infestação.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a análise do banco de sementes de plantas daninhas, foram coletadas amostras de solo no mesmo local onde foram realizadas as aplicações de herbicidas (Tabela 1 e Figura 5) em todos os tratamentos 12 dias antes da aplicação dos herbicidas, as amostras de solo foram coletadas em 56 pontos georreferenciados por meio do equipamento de posicionamento global (GPS) modelo "Garmin Etrex Legend", sendo duas amostras em cada ponto, na profundidade de 0 a 10 cm, com um trado cilíndrico de modo a fornecer 3,25 litros de solo por profundidade.

As amostras de solo coletadas em cada parcela (Figura 5) uma vez homogeneizadas foram acondicionadas em bandejas plásticas de 32,5 x 20 cm, previamente perfuradas para que não houvesse acúmulo de água, e levadas para germinar em casa de vegetação, na Unidade de Apoio à Pesquisa, do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da UENF. A altura máxima de solo na bandeja foi de 5 cm. A irrigação foi feita duas vezes ao dia durante 10 minutos através de microaspersores controlados por um timer, mantendo em torno de 80% da capacidade de campo.

O número de propágulos foi estimado pela emergência de plântulas em cada bandeja, sendo avaliados aos 30 e 60 dias, e posteriormente aos 90 e 120 dias, conforme metodologia proposta por Roberts e Nielson (1981). A identificação foi realizada pela equipe técnica do Setor de Plantas Daninhas e Medicinais (SPDM) do Laboratório de Fitotecnia (LFIT) da UENF.

Após 15 dias depois da aplicação dos herbicidas, em todos os tratamentos foram coletadas outras amostras com a mesma metodologia acima citada, no intuito de observar se houve controle ou não do banco de sementes de plantas daninhas no solo.

Os dados foram analisados estatisticamente com o auxílio do software SAEG, versão 9.1, realizando o teste t de Student para dados pareados em nível de 5% e 1% de probabilidade, que consiste em um procedimento estatístico que possibilita testar medidas repetidas nos mesmos indivíduos, isto é, os dados antes e depois da aplicação de um tratamento.

Os dados das coordenadas geográficas (coordenadas UTM - Universal Transverse Mercator) de cada ponto foram processados no programa computacional "GPS Trackmaker", e transferidos juntamente com o número de propágulos m⁻² do banco de sementes de plantas daninhas para o programa de computador "Microsoft Excel", e posteriormente foram transferidos para o programa "Surfer 8" da empresa Golden Software, Inc., para obtenção do semivariograma e da interpolação dos dados.

A análise da dependência espacial das amostras em relação ao espaço foi feita por meio da geoestatística, que se baseia na suposição de que medições separadas por distâncias pequenas são mais semelhantes umas às outras, que aquelas separadas por distâncias maiores (Mendes et al., 2007). O semivariograma mede o grau de dependência espacial entre as amostras dentro de um campo experimental específico, podendo ser calculado pela expressão (Vieira et al., 1983):

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (\text{Equação 1})$$

em que: $\gamma(h)$ é a semivariância; $N(h)$ é o número de pares das amostras $Z(x_i)$, $Z(x_i + h)$, separados por uma distância h ; e Z representa os valores das espécies de plantas daninhas encontradas. O gráfico de $\gamma(h)$ versus h representa o semivariograma.

Utilizou-se como interpolador de dados o método do inverso do quadrado da distância, supondo-se que, quanto mais próximo estiver um ponto do outro, maior é a correlação entre seus valores. Este método de interpolação, não considera a dependência espacial entre as amostras, e proporciona resultado semelhante ao da krigagem (Golden Software, 1995).

A análise geoestatística por meio do programa “Surfer 8” foi utilizada com o objetivo de estudar como as plantas daninhas se distribuem espacialmente podendo futuramente auxiliar diretamente na tomada de decisão sobre práticas de controle e manejo integrado. Os mapas gerados foram expressos por meio da densidade de propágulos m^{-2} . A densidade foi obtida pela soma dos fluxos de emergência das plantas daninhas durante o período de avaliação do banco de sementes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As espécies de plantas daninhas encontradas no estudo pelo método da emergência de plântulas em casa de vegetação estão listadas por ordem de família nas Tabelas 5 e 6. Foram encontradas neste experimento 44 espécies de plantas daninhas sendo 10 da classe Liliopsida (folhas estreitas) com destaque para a família Poaceae e 34 da classe Magnoliopsida (folhas largas) com destaque para a família Asteraceae. Estes resultados são diferentes dos encontrados na flora emergente do experimento 1 onde foram encontrados apenas 15 espécies, corroborando com trabalhos realizados por Lopes et al. (2004), Isaac e Guimarães (2008), Kuva et al. (2008), os quais afirmaram que a diversidade do banco de sementes é maior que a flora emergente, e as espécies mais numerosas do banco de sementes não são as mais numerosas na flora.

Tabela 5. Lista das espécies, família e nome comum das Liliopsidas encontradas no banco de sementes de plantas daninhas da Fazenda Abadia no município de Campos dos Goytacazes, RJ – 2010.

LILIOPSIDAS	
Nome científico	Nome comum
Família: Poaceae	
<i>Brachiaria mutica</i> (Forssk.) Stapf	Capim angola
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Gramma seda
<i>Digitaria horizontalis</i> Willd.	Capim colchão
<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	Capim sanguinário
<i>Eragrostis pilosa</i> (L.) P. Beauv.	Capim orvalho

<i>Paspalum conjugatum</i> P.J. Bergius	Grama torquilha
<i>Rottboellia cochinchinensis</i> (Lour.) Clayton	Capim camalote
<i>Setaria parviflora</i> (Poir.) Kerguélen	Capim rabo de raposa
<i>Sorghum arundinaceum</i> (Willd.) Stapf.	Falso massambará
Família: Cyperaceae	
<i>Cyperus rotundus</i> L.	Tiririca

Tabela 6. Lista das espécies, família e nome comum das Magnoliopsidas encontradas no banco de sementes de plantas daninhas da Fazenda Abadia no município de Campos dos Goytacazes, RJ – 2010.

MAGNOLIOPSIDAS	
Nome científico	Nome comum
Família: Asteraceae	
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	Artemísia da terra
<i>Eclipta alba</i> (L.) Hassk.	Erva botão
<i>Emilia coccinea</i> (Sims) G. Don	Serralinha
<i>Emilia fosbergii</i> Nicolson	Serralha
<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	Fazendeiro
<i>Gnaphalium coarctatum</i> Willd.	Macela
<i>Praxelis pauciflora</i> (Kunth) R. M. King & H. Rob.	Eupatório
<i>Tridax procumbens</i> L.	Erva de touro
Família: Fabaceae	
<i>Crotolaria incana</i> L.	Guizo de cascavel
<i>Desmodium tortuosum</i> (Sw.) DC.	Carrapicho beijo de boi
<i>Mimosa pudica</i> L.	Dormideira
Família: Euphorbiaceae	
<i>Chamaesyce hirta</i> (L.) Milisp.	Erva de santa Luzia
<i>Chamaesyce hyssopifolia</i> (L.) Small.	Erva de santa Luzia
Família: Onagraceae	
<i>Ludwigia octovalvis</i> (Jacq.) P. H. Raven	Cruz de malta

Ludwigia uruguayensis (Cambess.) H. Cruz de malta
Hara

Família: Oxalidaceae

Oxalis divaricata Mart. Ex. Zucc. Azedinha

Oxalis latifolia Kunth Azedinha

Família: Phyllantaceae

Phyllanthus niruri L. Quebra pedra

Phyllanthus tenellus Roxb. Quebra pedra

Família: Rubiaceae

Mitracarpus hirtus (L.) DC. Poaia da praia

Spermacoce verticillata L. Erva botão

Família: Solanaceae

Physalis angulata L. Bucho de rã

Solanum americanum Mill. Maria pretinha

Família: Apiaceae

Apium leptophyllum (Pers.) F. Muell. Ex Gertrudes
Benth.

Família: Boraginaceae

Heliotropium procumbens Mill. Borragem

Família: Brassicaceae

Cleome affinis DC. Mussambê

Família: Caryophyllaceae

Drymaria cordata (L.) Willd. Ex Schult. Jaboticaá

Família: Molluginaceae

Mollugo verticillata L. Capim tapete

Família: Malvaceae

Sida spinosa L. Guaxima

Família: Plantaginaceae

Micranthemum umbrosum (Walter ex Agriãozinho tapete
J.F. Gmel.) Blake

Stemodia verticillata (Mill.) Hassl. Mentinha

Família: Portulacaceae

<i>Portulaca oleracea</i> L.	Beldroega
Família: Pteridaceae	
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	Samambaia
Família: Urticaceae	
<i>Urtica dioica</i> L.	Urtiga

Nas figuras 6, 7 e 8 estão apresentados os resultados comparando os tratamentos antes e depois da aplicação dos herbicidas, separados no total de plantas daninhas, plantas Liliopsidas e Magnoliopsidas, que emergiram no banco de sementes, respectivamente.

Considerando todas as espécies de plantas daninhas encontradas no banco de sementes, observa-se na Figura 6 que as maiores diferenças no número de propágulos m^{-2} antes e depois da aplicação dos herbicidas foram obtidas pelos tratamentos “Bic 1,5”, “(Hex+Diu)+Teb 1,5+1,0” e “(Hex+Diu)+Clo 1,5+1,3” a 1% de probabilidade pelo teste “t”, seguido dos tratamentos “Bic+Am 3,5”, “S-met+Am 2,5+3,0”, “Bic+Hex 0,5+0,8”, “Bic+(Hex+Diu) 0,5+1,5” e “Bic+(Hex+Diu) 1,0+1,5” em nível de 5% de probabilidade pelo teste “t”.

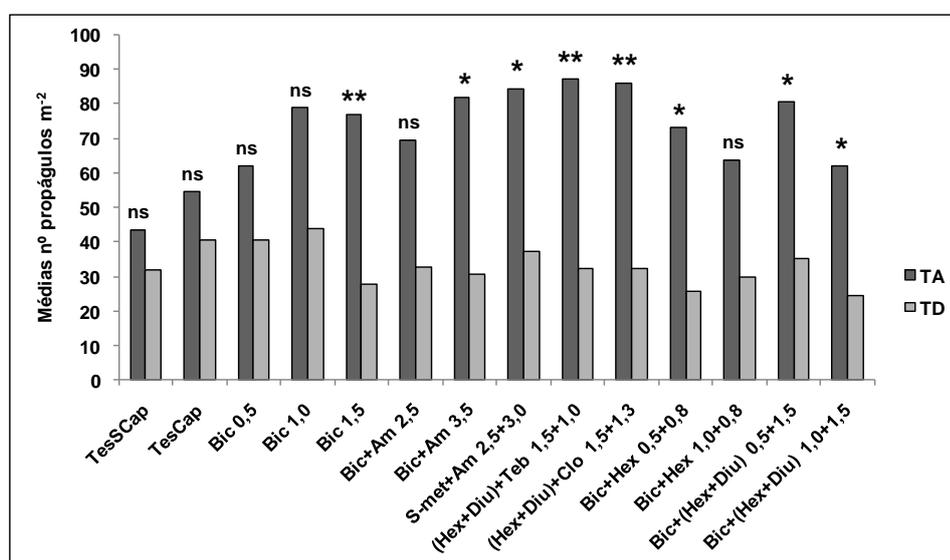


Figura 6. Número de propágulos do total (Liliopsidas + Magnoliopsidas) do banco de sementes de plantas daninhas antes e depois dos tratamentos em cana-planta, variedade RB 867515. TA = Total antes da aplicação dos herbicidas; TD = Total depois da aplicação dos herbicidas. * significativo em nível de 5% de

probabilidade pelo teste “t” de Student; ** significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste “t” de Student; ns = não significativo

Na figura 7, estão apresentados os resultados obtidos do banco de sementes de plantas daninhas da classe Liliopsida (folhas estreitas), observando-se que os tratamentos mais eficazes foram o herbicida bicyclopyrone na sua maior dose (1,5 L/ha), “Bic+Am 3,5”, “S-met+Am 2,5+3,0”, “(Hex+Diu)+Teb 1,5+1,0” e “Bic+Hex 1,0+0,8”.

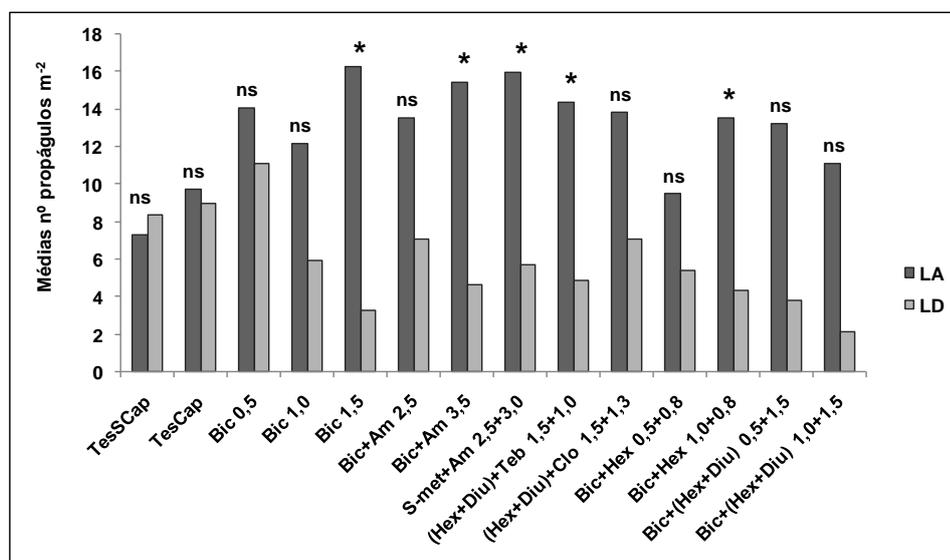


Figura 7. Número de propágulos do banco de sementes de plantas daninhas Liliopsidas antes e depois dos tratamentos em cana-planta, variedade RB 867515. LA = Liliopsidas antes da aplicação dos herbicidas; LD = Liliopsidas depois da aplicação dos herbicidas. * significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste “t” de Student; ** significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste “t” de Student; ns = não significativo

Já nas plantas daninhas Magnoliopsidas (folhas largas) os tratamentos mais eficazes foram “Bic 1,5”, “Bic+Am 3,5”, “(Hex+Diu)+Teb 1,5+1,0”, “(Hex+Diu)+Clo 1,5+1,3”, “Bic+Hex 0,5+0,8”, “Bic+(Hex+Diu) 0,5+1,5” e “Bic+(Hex+Diu) 1,0+1,5”, conforme Figura 8.

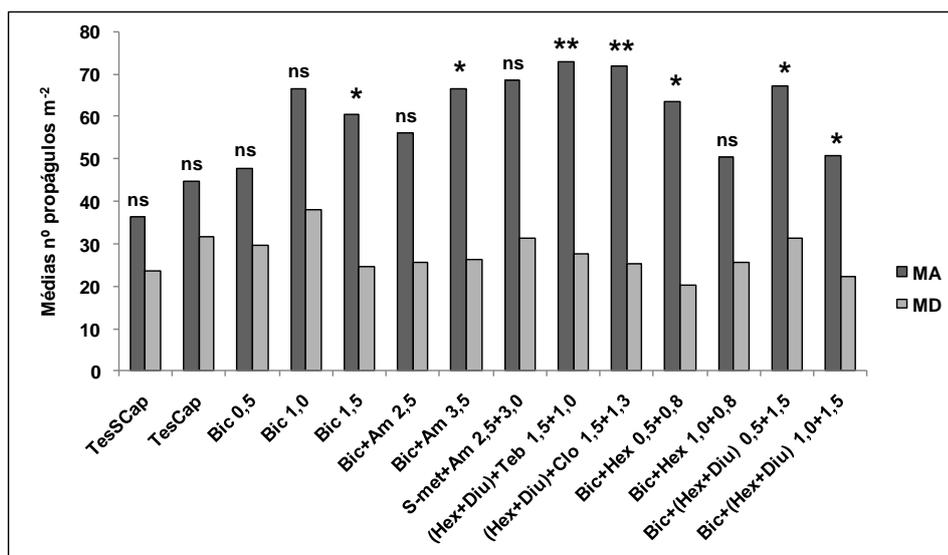


Figura 8. Número de propágulos do banco de sementes de plantas daninhas Magnoliopsidas antes e depois dos tratamentos em cana-planta, variedade RB 867515. MA = Magnoliopsidas antes da aplicação dos herbicidas; MD = Magnoliopsidas depois da aplicação dos herbicidas. * significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste “t” de Student; ** significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste “t” de Student; ns = não significativo

A testemunha sem capina (TesSCap), não apresentou diferenças significativas (Figuras 6, 7 e 8). O mesmo resultado foi observado na testemunha capinada (TesCap), indicando que a capina não apresentou efeito sobre o banco de sementes de plantas daninhas no solo (Figuras 6, 7 e 8).

As plantas daninhas que apresentaram maior número de propágulos por metro quadrado encontradas no banco de sementes antes e depois da aplicação de herbicidas foram *Phyllanthus tenellus*, *Cyperus rotundus*, *Oxalis divaricata* e *Stemodia verticillata*. Essas espécies foram selecionadas para estudar a variabilidade espacial no experimento. Todas as plantas da classe Liliopsidas e Magnoliopsidas também foram selecionadas para verificar sua distribuição espacial.

Nas figuras 9, 10, 11, 12, 13 e 14 encontram-se os variogramas obtidos para as plantas da classe Liliopsidas e Magnoliopsidas, das espécies *Phyllanthus tenellus* e *Cyperus rotundus*, *Oxalis divaricata* e *Stemodia verticillata*, respectivamente. Os resultados dos variogramas indicam que não há correlação espacial entre os dados. Talvez pelo tipo de dado, ou pelo distanciamento entre os pontos. O variograma resultante é do tipo efeito pepita puro, significando que

não foi possível aplicar o método da krigagem para a visualização da distribuição espacial das plantas daninhas, nestas condições. Sendo assim, utilizou-se o método do inverso do quadrado da distância para visualização das mesmas.

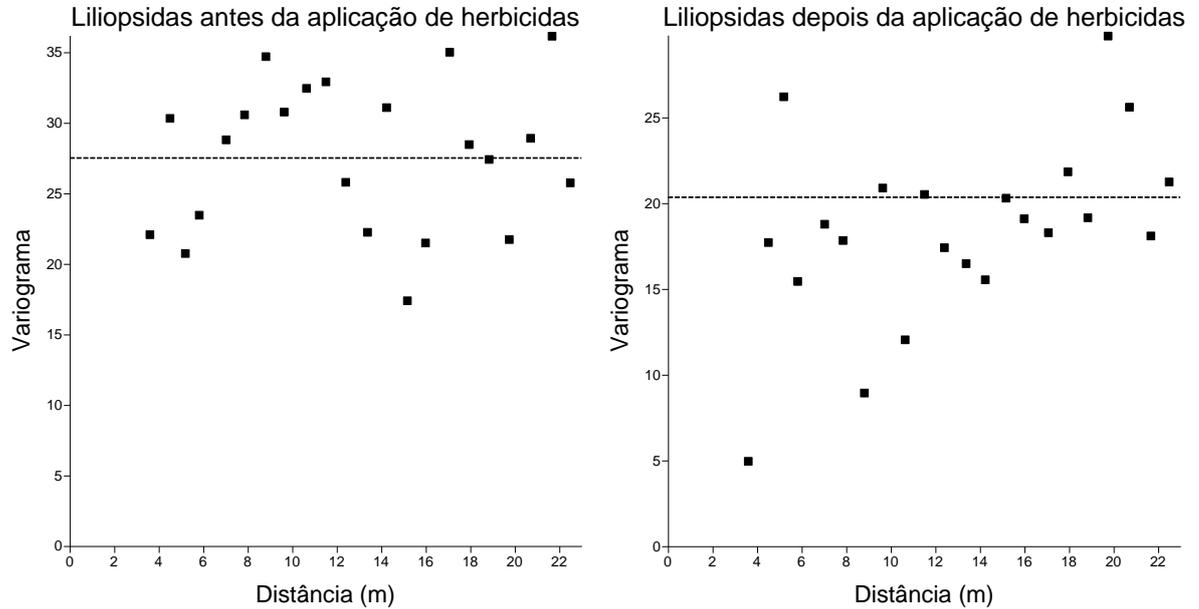


Figura 9. Variogramas da classe Liliopsida antes e depois da aplicação de herbicidas.

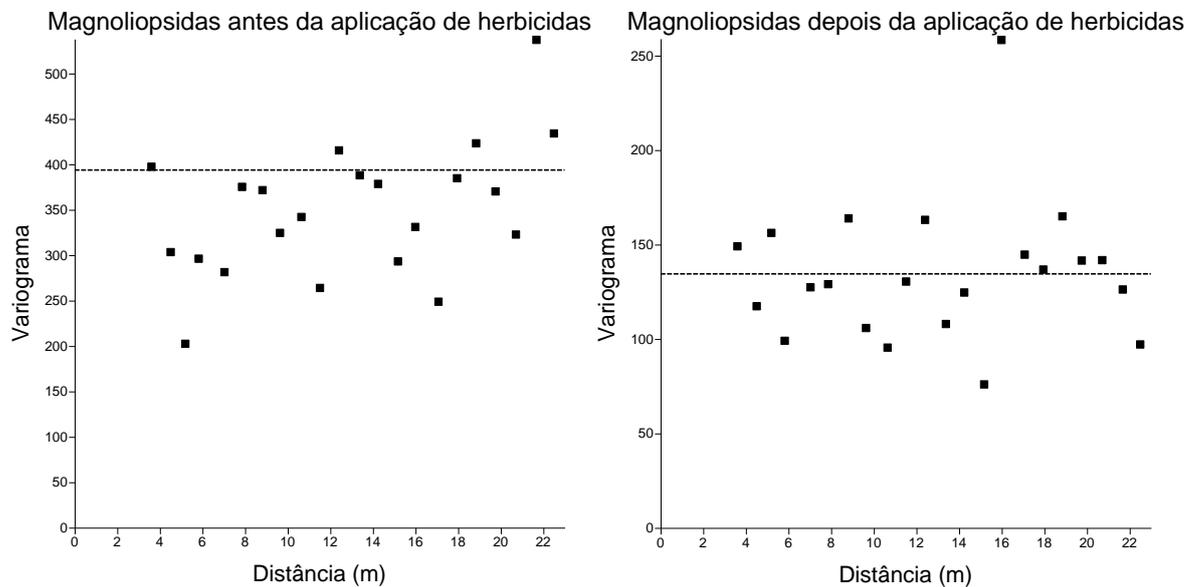


Figura 10. Variogramas da classe Magnoliopsida antes e depois da aplicação de herbicidas.

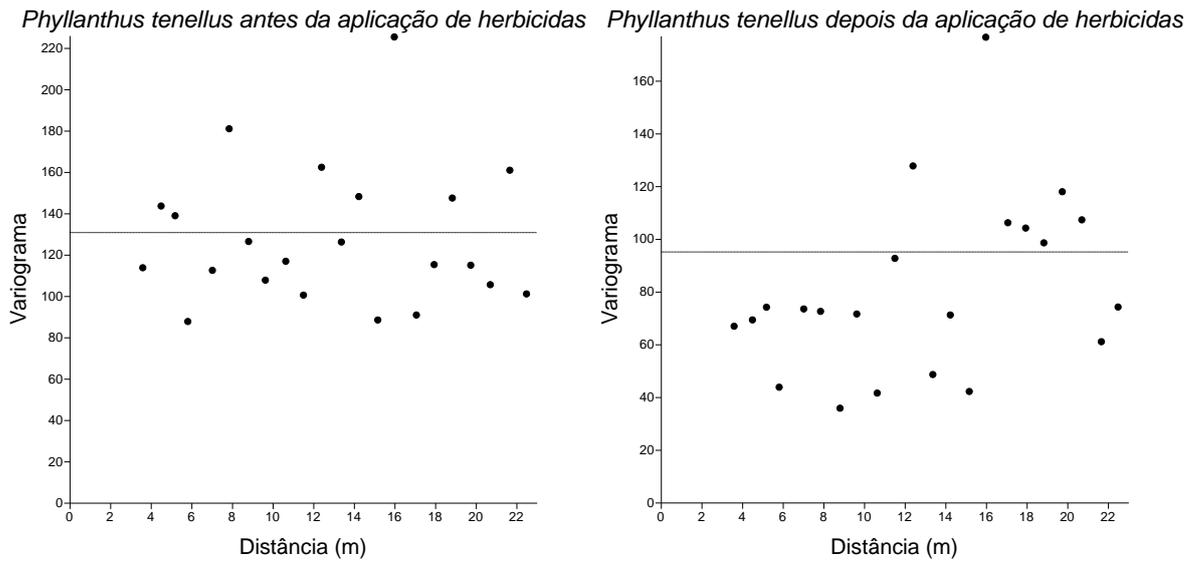


Figura 11. Variogramas da espécie *Phyllanthus tenellus* antes e depois da aplicação de herbicidas.

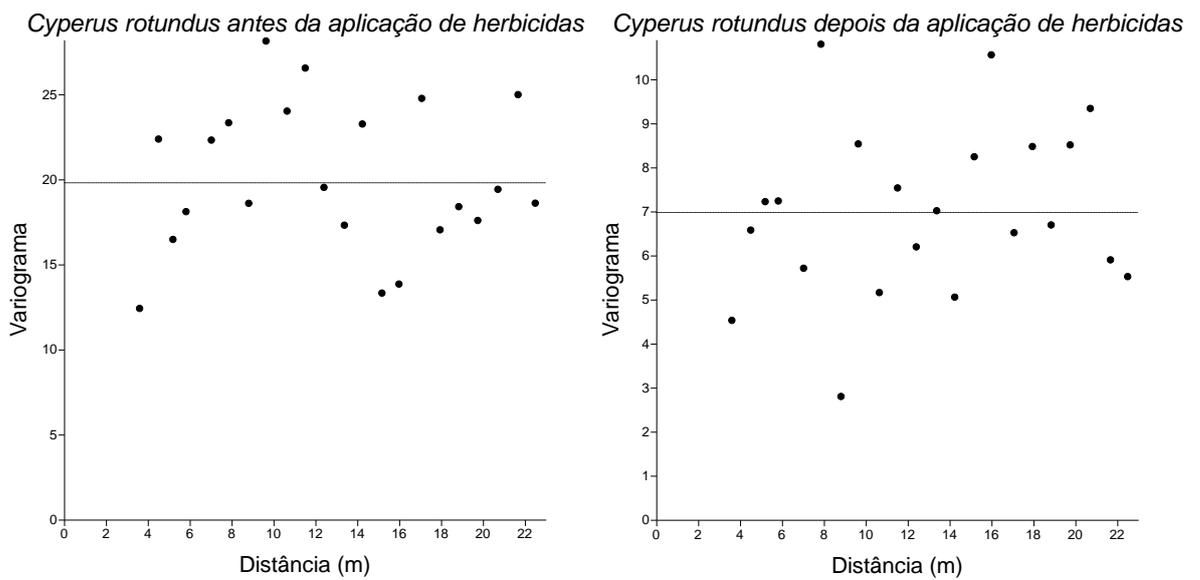


Figura 12. Variogramas da espécie *Cyperus rotundus* antes e depois da aplicação de herbicidas.

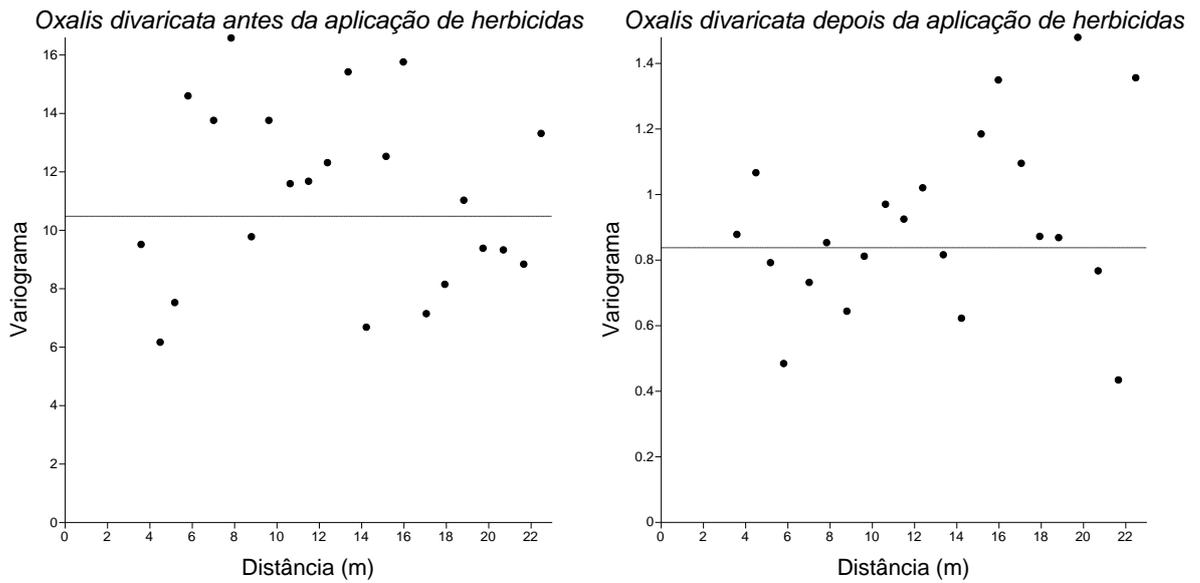


Figura 13. Variogramas da espécie *Oxalis divaricata* antes e depois da aplicação de herbicidas.

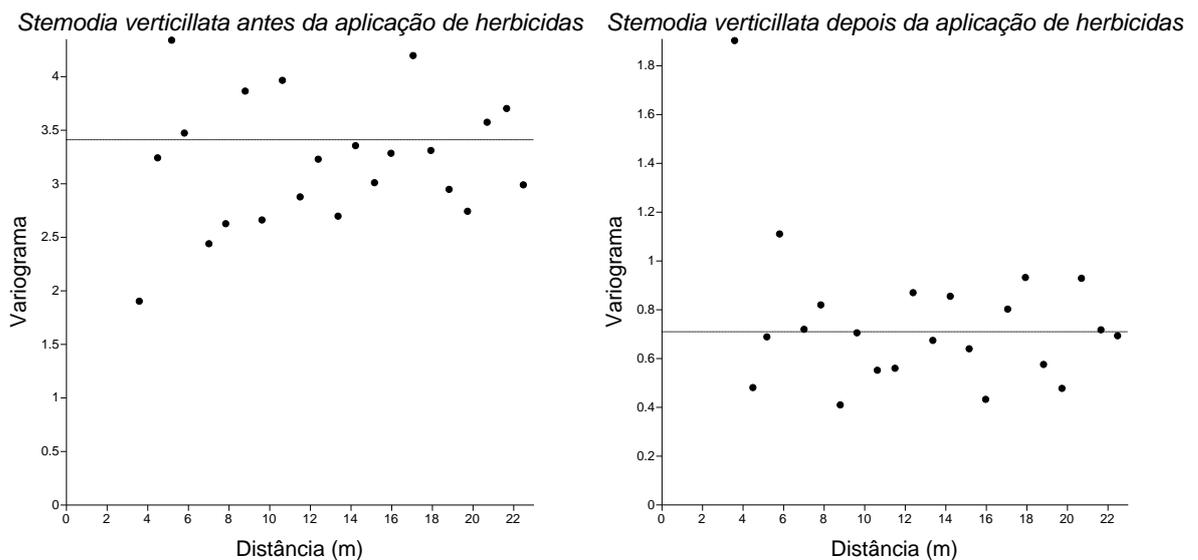


Figura 14. Variogramas da espécie *Stemodia verticillata* antes e depois da aplicação de herbicidas.

Observando o mapa da Figura 15 das plantas Liliopsidas, pode-se concluir que houve redução do número propágulos m^{-2} , visto que antes da aplicação dos herbicidas (Figura 15A) as áreas mais escuras ficaram mais claras após a aplicação dos herbicidas (Figura 15B), indicando que houve uma redução de 28 propágulos m^{-2} até 2 propágulos m^{-2} . Os cinco tratamentos que apresentaram significância pelo teste t na Figura 7 foram selecionados e sobrepostos nos mapas de acordo com sua posição georreferenciada e indicados com os números

de 1 a 5 (Figura 15), com o intuito de verificar se houve correlação entre o teste t e o método de interpolação do inverso do quadrado da distância.

Analisando os mapas das plantas Liliopsidas (Figura 15) pode-se observar que os números de 1 a 5 nos mapas indicam os melhores tratamentos químicos realizados pela estatística clássica, por meio do teste t das mesmas plantas (Figura 7). Já a geoestatística aplicando técnicas de geoprocessamento observada por meio dos mapas, também indica uma diminuição do número de propágulos m^{-2} , comparando os mapas antes e após a aplicação de herbicidas (Figuras 15A e 15B, respectivamente).

Então, torna-se correto afirmar que o método utilizado para verificar a distribuição espacial das plantas daninhas é eficaz para verificar o controle das mesmas, pois corroboram com teste t observado na Figura 7. Baio (2001) verificando a variabilidade espacial de plantas daninhas por meio de análises estatísticas e geoestatísticas concluiu que apesar destes métodos exigirem um maior tempo, eles proporcionam maior detalhamento da variabilidade espacial. Autores como Ortiz (2002), Ortiz (2003), Silva et al. (2009), Lopes (2010), por meio de técnicas da agricultura de precisão demonstraram a dependência espacial de diversas variáveis mostrando a sua variabilidade espacial por mapas ou gráficos, concluindo a eficiência dos mesmos.

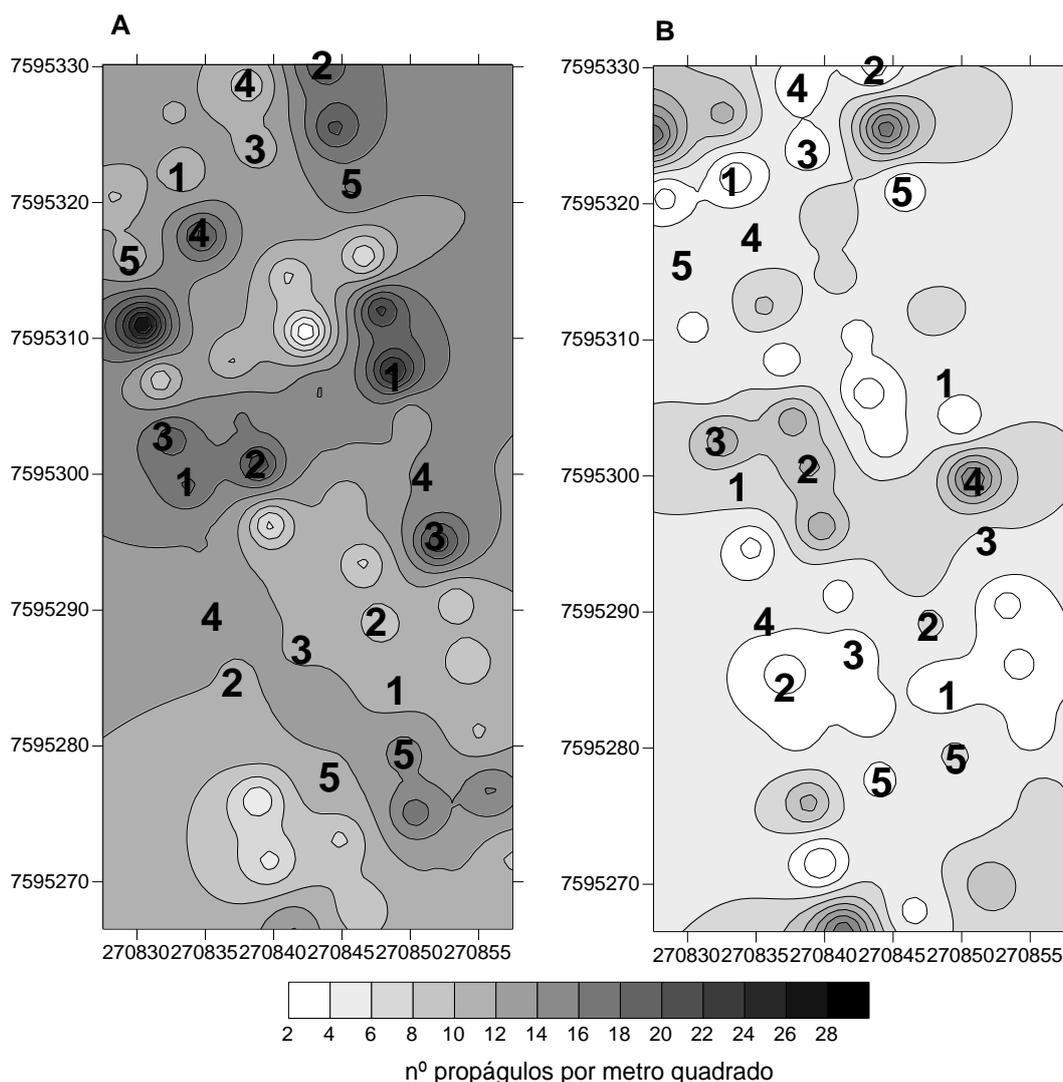


Figura 15. Mapas de infestação do banco de sementes da classe Liliopsida antes (A) e após (B) a aplicação de herbicidas. Tratamentos: 1 - “Bic 1,5”; 2 - “Bic+Am 3,5”; 3 - “S-met+Am 2,5+3,0”; 4 - “(Hex+Diu)+Teb 1,5+1,0”; 5 - “Bic+Hex 1,0+0,8”. Números repetidos no mesmo mapa indicam as repetições nos tratamentos.

Interpretando o mapa da Figura 16 pelo mesmo método citado anteriormente, as plantas Magnoliopsidas foram muito bem controladas pelos herbicidas aplicados em pré-emergência, consolidando assim que os tratamentos que foram significativos pelo teste t da Figura 8, estão bem interpretados pelo mapa de infestação gerado. Os melhores tratamentos pelo teste t na Figura 8 foram sobrepostos nos mapas (Figuras 16A e 16B).

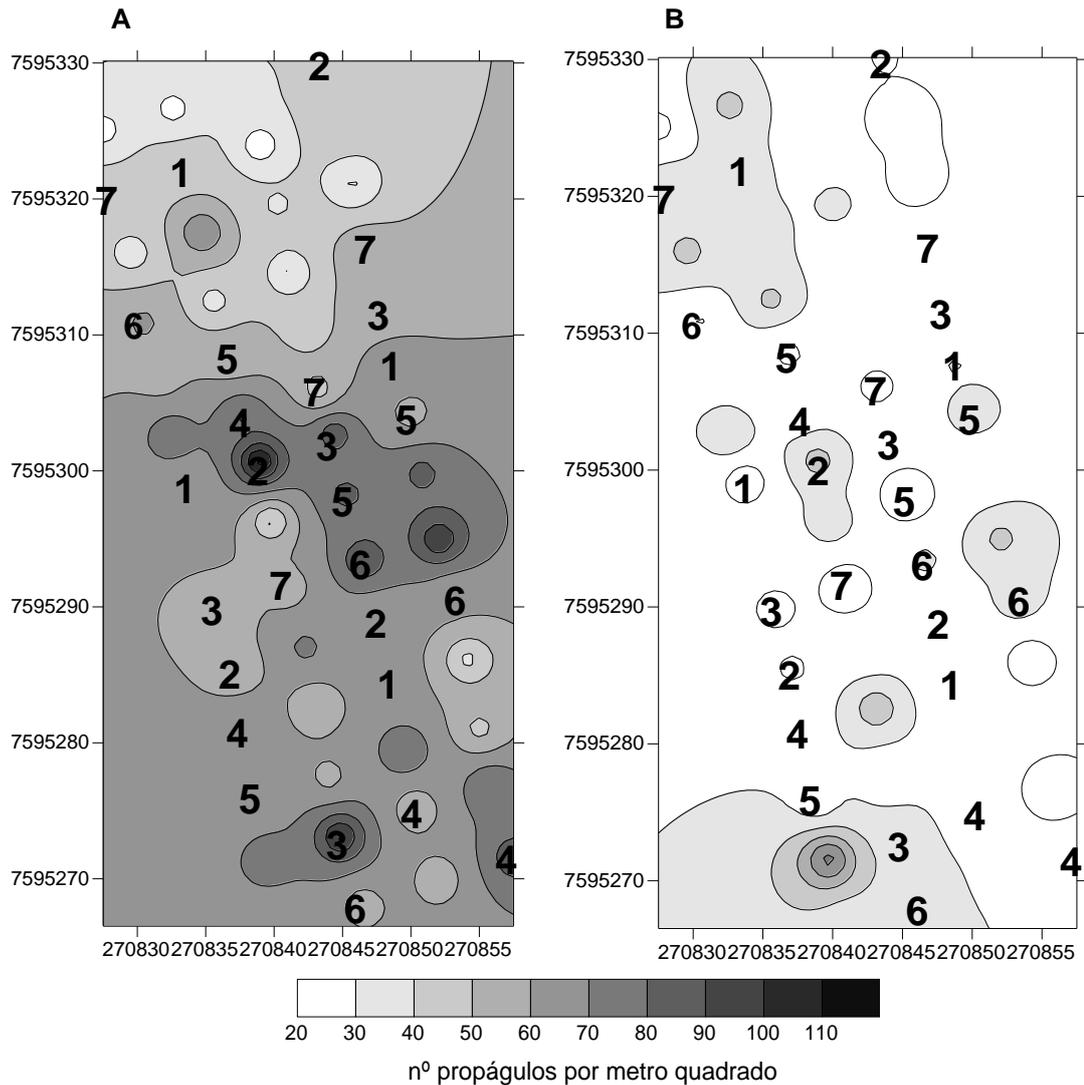


Figura 16. Mapas de infestação do banco de sementes da classe Magnoliopsida antes (A) e após (B) a aplicação de herbicidas. Tratamentos: 1 - “Bic 1,5”; 2 - “Bic+Am 3,5”; 3 - “(Hex+Diu)+Teb 1,5+1,0”; 4 - “(Hex+Diu)+Clo 1,5+1,3”; 5 - “Bic+Hex 0,5+0,8”; 6 - “Bic+(Hex+Diu) 0,5+1,5”; 7 - “Bic+(Hex+Diu) 1,0+1,5”. Números repetidos no mesmo mapa indicam as repetições nos tratamentos.

As figuras 17, 18, 19 e 20 representam os mapas das plantas daninhas *Phyllanthus tenellus*, *Cyperus rotundus*, *Stemodia verticillata* e *Oxalis divaricata* respectivamente, eles mostram sua distribuição espacial antes e após os tratamentos em toda a área experimental. Analisando as figuras 17 e 20 verificou-se que as espécies *Phyllanthus tenellus* e *Stemodia verticillata* obtiveram uma diminuição no número de propágulos m^{-2} comparando antes e após a aplicação de herbicidas (Figuras 17A e 17B, Figuras 20A e 20B), porém menos acentuada quando comparada com as figuras 18 e 19, que apresentaram maior evidência de

mudança de cores mais escuras para cores mais claras indicando que o banco de sementes de *Cyperus rotundus* e *Oxalis divaricata*, foi controlado pelos diferentes tipos de herbicidas e doses diferentes.

Essa diminuição do banco de sementes analisada pela geoestatística pode ser confrontada com a estatística clássica através da análise do teste t realizado com os mesmos dados. As tabelas do teste t (Tabelas 7 e 10) indicam que a espécie *Phyllanthus tenellus* foi controlada pelos tratamentos “(Hex+Diu)+Clo 1,5+1,3” e “Bic+(Hex+Diu) 0,5+1,5” e a espécie *Stemodia verticillata* foi controlada pelos tratamentos “Bic 0,5” e “Bic+Hex 0,5+0,8” ,indicando assim um controle menos eficiente dessas plantas quando comparadas com as espécies *Cyperus rotundus* e *Oxalis divaricata* (Tabelas 8 e 9 ,respectivamente), pois dos doze tratamentos com herbicidas sete foram significativos para *Cyperus rotundus* e quatro para *Oxalis divaricata*, comparando o número de propágulos m⁻² antes e após a aplicação dos tratamentos.

Esses resultados confirmam que os mapas gerados pelo método da interpolação do inverso do quadrado da distância são eficientes para mostrar a distribuição espacial das plantas daninhas e também avaliar o controle das mesmas por meio de manejo químico. Trabalhos que visam o mapeamento das plantas daninhas por diversos métodos geoestatísticos já foram feitos por Balastreire e Baio (2001), Baio e Balastreire (2002), Esquerdo e Balastreire (2002), Shiratsuchi et al. (2002, 2004, 2005), Monquero et al. (2008), e todos concluíram que o mapeamento das plantas daninhas seja pela flora emergente ou pelo banco de sementes é viável para se fazer um manejo integrado de plantas daninhas e até a aplicação localizada de defensivos, corroborando com os resultados obtidos neste trabalho.

Porém, para se fazer a aplicação localizada de herbicidas devem ser feitos mais estudos, levando em consideração uma melhor determinação do banco de sementes e sua estabilidade no decorrer do tempo, aperfeiçoar os métodos de mapeamento, o tamanho ideal do levantamento, e como fazer a modelagem de infestações futuras. Além disso, espera-se com este trabalho contribuir com estudos sobre mapeamento de culturas, não só pelo manejo das plantas daninhas, mas em diversas áreas, como solos, avaliação da produtividade, viabilidade econômica, fitossanidade, e minimização de impactos ambientais no agroecossistema.

Tabela 7. Médias de propágulos m^{-2} do banco de sementes da espécie *Phyllanthus tenellus* calculados para o teste t e respectivas significâncias em função da aplicação dos herbicidas em cana-planta.

Tratamentos	Dose (L/ha)	Antes da aplicação de herbicidas (propágulos m^{-2})	Depois da aplicação de herbicidas (propágulos m^{-2})	Diferença
Testemunha sem capina	-	11,09	13,26	-2,16 ^{ns}
Testemunha capinada	-	18,67	17,04	1,62 ^{ns}
Bicyclopyrone	0,5	18,40	16,23	2,16 ^{ns}
Bicyclopyrone	1,0	19,75	29,76	-10,01 ^{ns}
Bicyclopyrone	1,5	24,08	13,25	10,82 ^{ns}
(Bicyclopyrone + Ametryn)	2,5	21,10	14,06	7,03 ^{ns}
(Bicyclopyrone + Ametryn)	3,5	28,14	14,07	14,07 ^{ns}
S-metolachlor + Ametryn	2,5 + 3,0	27,60	18,67	8,93 ^{ns}
(Hexazinone + Diuron) + Tebuthiron	1,5 + 1,0	35,17	18,40	16,77 ^{ns}
(Hexazinone + Diuron) + Clomazone	1,5 + 1,3	30,57	12,44	18,13 ^{**}
Bicyclopyrone + Hexazinone	0,5 + 0,8	27,33	12,99	14,34 ^{ns}
Bicyclopyrone + Hexazinone	1,0 + 0,8	17,04	17,04	0,00 ^{ns}
Bicyclopyrone + (Hexazinone + Diuron)	0,5 + 1,5	34,36	15,42	18,93 [*]
Bicyclopyrone + (Hexazinone + Diuron)	1,0 + 1,5	22,99	14,07	8,92 ^{ns}
TOTAL GERAL	-	24,02	16,19	7,82 ^{**}

* significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste "t" de Student; ** significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste "t" de Student; ns = não significativo

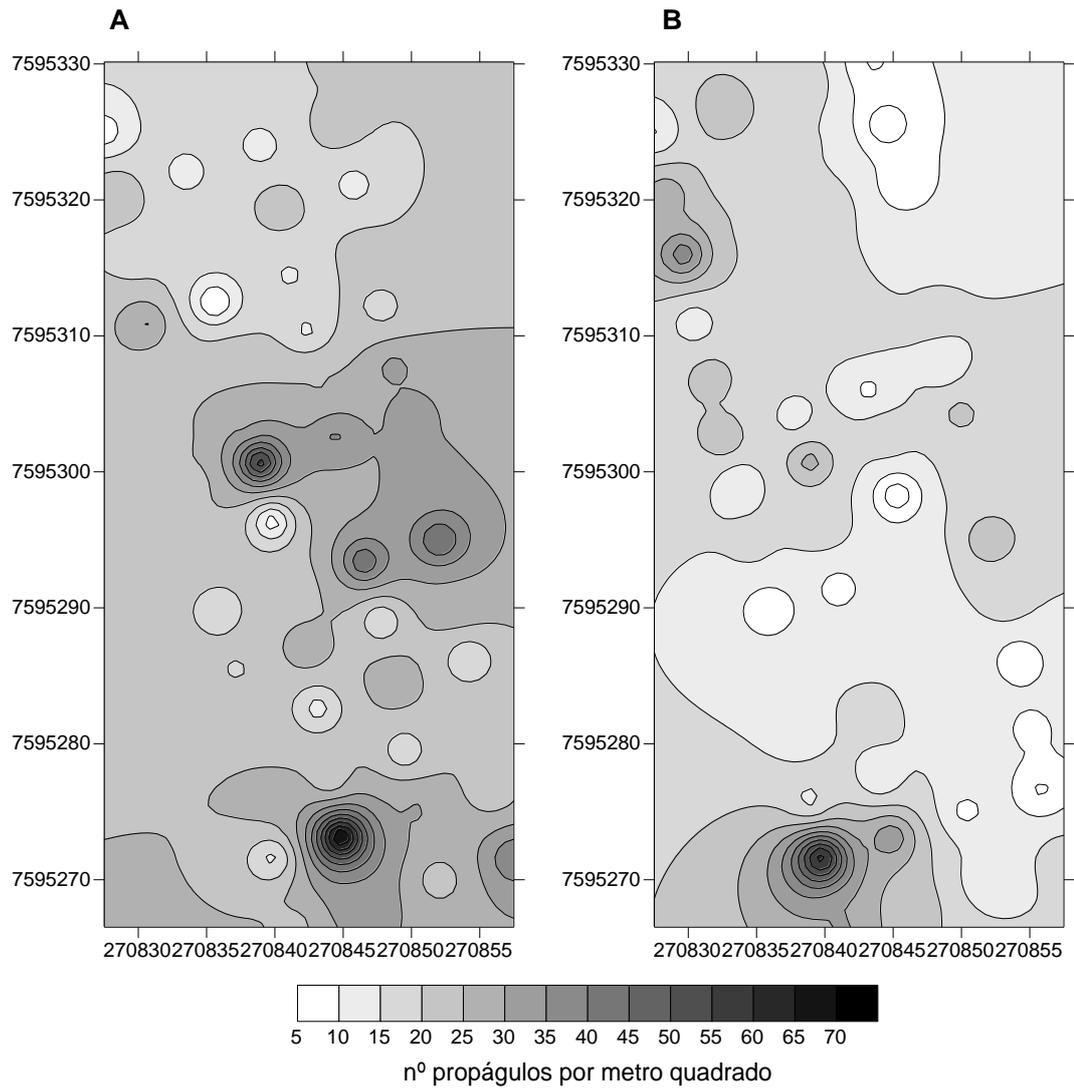


Figura 17. Mapas de infestação do banco de sementes da espécie *Phyllanthus tenellus* antes (A) e após (B) a aplicação de herbicidas.

Tabela 8. Médias de propágulos m^{-2} do banco de sementes da espécie *Cyperus rotundus* calculados para o teste t e respectivas significâncias em função da aplicação dos herbicidas em cana-planta.

Tratamentos	Dose (L/ha)	Antes da aplicação de herbicidas (propágulos m^{-2})	Depois da aplicação de herbicidas (propágulos m^{-2})	Diferença
Testemunha sem capina	-	5,14	1,62	3,52 ^{ns}
Testemunha capinada	-	8,93	1,89	7,03 ^{**}
Bicyclopyrone	0,5	12,71	0,54	12,17 [*]
Bicyclopyrone	1,0	10,01	2,70	7,30 ^{ns}
Bicyclopyrone	1,5	13,26	2,43	10,82 ^{**}
(Bicyclopyrone + Ametryn)	2,5	11,63	4,06	7,58 ^{ns}
(Bicyclopyrone + Ametryn)	3,5	13,80	0,81	12,99 [*]
S-metolachlor + Ametryn	2,5 + 3,0	13,53	1,35	12,17 ^{**}
(Hexazinone + Diuron) + Tebuthiron	1,5 + 1,0	11,63	1,62	10,01 [*]
(Hexazinone + Diuron) + Clomazone	1,5 + 1,3	12,17	3,51	8,66 ^{ns}
Bicyclopyrone + Hexazinone	0,5 + 0,8	6,49	3,79	2,71 ^{ns}
Bicyclopyrone + Hexazinone	1,0 + 0,8	11,09	1,89	9,20 ^{**}
Bicyclopyrone + (Hexazinone + Diuron)	0,5 + 1,5	11,09	1,35	9,74 ^{ns}
Bicyclopyrone + (Hexazinone + Diuron)	1,0 + 1,5	8,66	0,27	8,39 [*]
TOTAL GERAL	-	10,73	1,99	8,73 ^{**}

* significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste "t" de Student; ** significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste "t" de Student; ns = não significativo

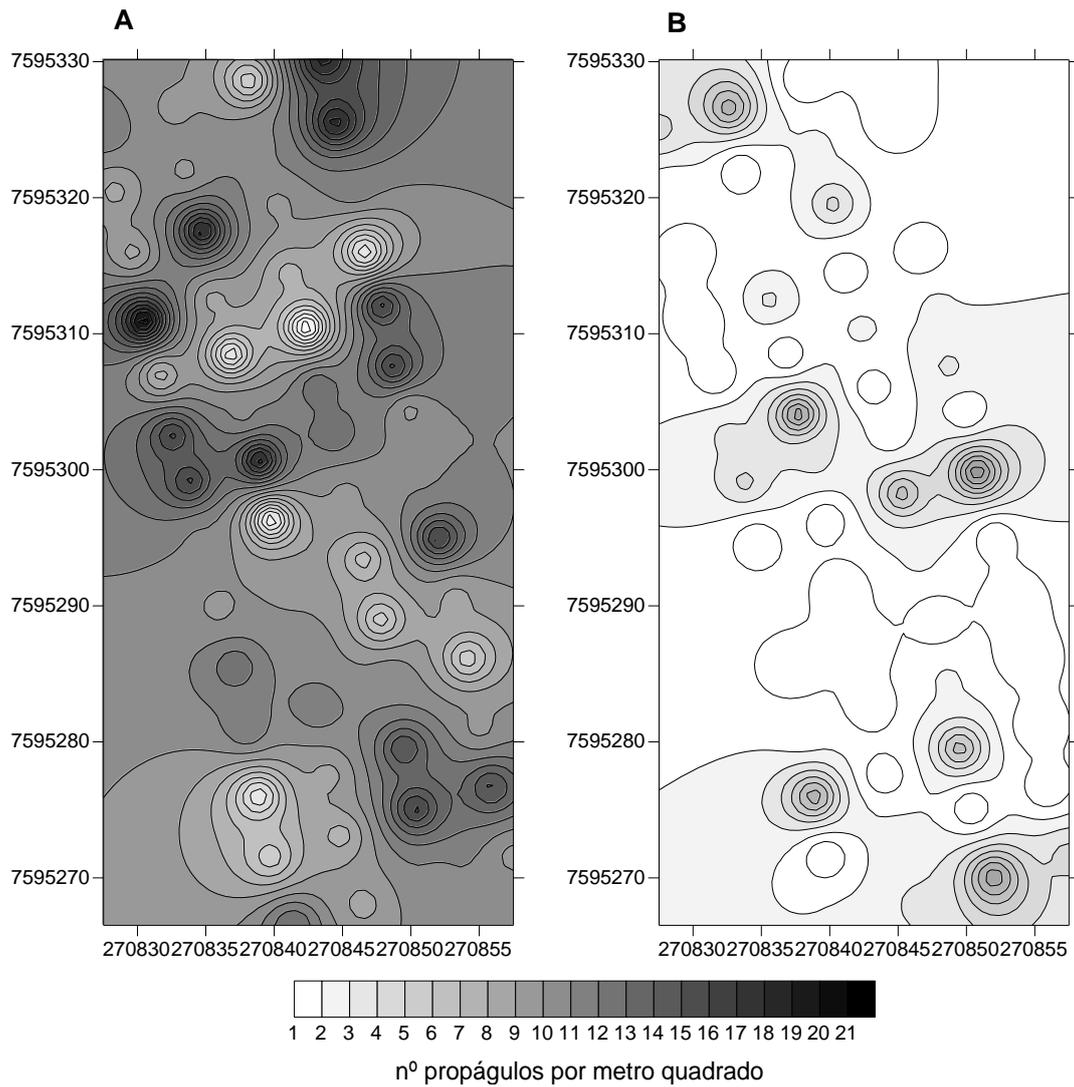


Figura 18. Mapas de infestação do banco de sementes da espécie *Cyperus rotundus* antes (A) e após (B) a aplicação de herbicidas.

Tabela 9. Médias de propágulos m^{-2} do banco de sementes da espécie *Oxalis divaricata* calculados para o teste t e respectivas significâncias em função da aplicação dos herbicidas em cana-planta.

Tratamentos	Dose (L/ha)	Antes da aplicação de herbicidas (propágulos m^{-2})	Depois da aplicação de herbicidas (propágulos m^{-2})	Diferença
Testemunha sem capina	-	3,52	0,27	3,25 ^{ns}
Testemunha capinada	-	2,71	1,08	1,62 ^{ns}
Bicyclopyrone	0,5	5,95	0,27	5,68 ^{**}
Bicyclopyrone	1,0	3,79	0,00	3,79 ^{ns}
Bicyclopyrone	1,5	4,06	0,54	3,51 [*]
(Bicyclopyrone + Ametryn)	2,5	3,52	0,00	3,52 ^{ns}
(Bicyclopyrone + Ametryn)	3,5	4,60	0,27	4,32 ^{**}
S-metolachlor + Ametryn	2,5 + 3,0	3,25	1,08	2,16 ^{ns}
(Hexazinone + Diuron) + Tebuthiron	1,5 + 1,0	5,68	0,54	5,14 ^{ns}
(Hexazinone + Diuron) + Clomazone	1,5 + 1,3	7,03	1,62	5,41 ^{ns}
Bicyclopyrone + Hexazinone	0,5 + 0,8	4,60	0,81	3,79 ^{ns}
Bicyclopyrone + Hexazinone	1,0 + 0,8	3,79	0,27	3,52 ^{ns}
Bicyclopyrone + (Hexazinone + Diuron)	0,5 + 1,5	6,76	0,54	6,22 [*]
Bicyclopyrone + (Hexazinone + Diuron)	1,0 + 1,5	4,06	0,00	4,06 ^{ns}
TOTAL GERAL	-	4,52	0,52	4,00 ^{**}

* significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste "t" de Student; ** significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste "t" de Student; ns = não significativo

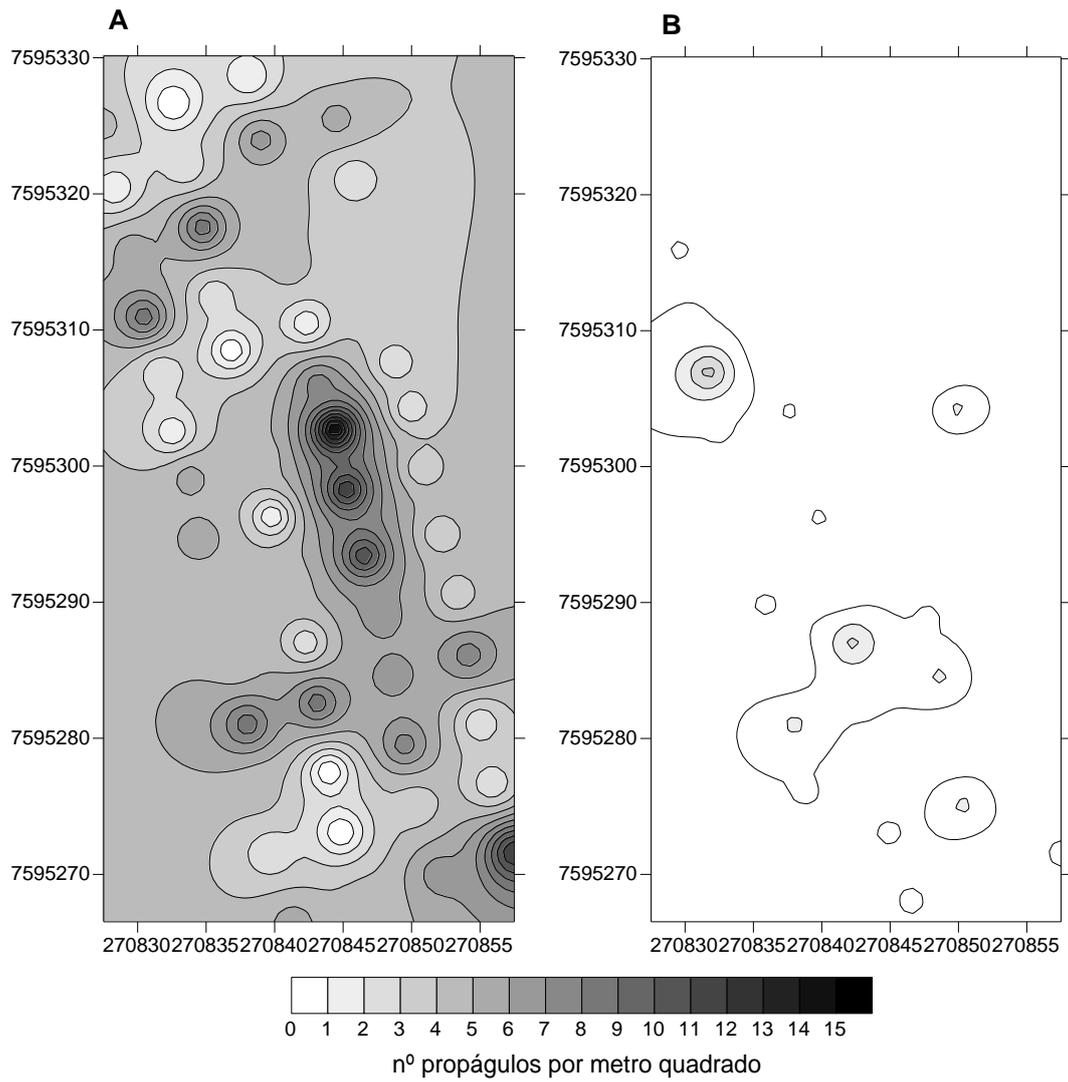


Figura 19. Mapas de infestação do banco de sementes da espécie *Oxalis divaricata* antes (A) e após (B) a aplicação de herbicidas.

Tabela 10. Médias de propágulos m^{-2} do banco de sementes da espécie *Stemodia verticillata* calculados para o teste t e respectivas significâncias em função da aplicação dos herbicidas em cana-planta.

Tratamentos	Dose (L/ha)	Antes da aplicação de herbicidas (propágulos m^{-2})	Depois da aplicação de herbicidas (propágulos m^{-2})	Diferença
Testemunha sem capina	-	2,16	0,27	1,89 ^{ns}
Testemunha capinada	-	1,62	0,81	0,81 ^{ns}
Bicyclopyrone	0,5	4,60	0,54	4,06*
Bicyclopyrone	1,0	5,14	0,27	4,87 ^{ns}
Bicyclopyrone	1,5	2,43	0,81	1,62 ^{ns}
(Bicyclopyrone + Ametryn)	2,5	2,71	1,62	1,08 ^{ns}
(Bicyclopyrone + Ametryn)	3,5	1,62	0,81	0,81 ^{ns}
S-metolachlor + Ametryn	2,5 + 3,0	2,71	1,08	1,62 ^{ns}
(Hexazinone + Diuron) + Tebuthiron	1,5 + 1,0	1,62	0,81	0,81 ^{ns}
(Hexazinone + Diuron) + Clomazone	1,5 + 1,3	2,16	0,81	1,35 ^{ns}
Bicyclopyrone + Hexazinone	0,5 + 0,8	2,16	0,54	1,62*
Bicyclopyrone + Hexazinone	1,0 + 0,8	2,43	0,54	1,89 ^{ns}
Bicyclopyrone + (Hexazinone + Diuron)	0,5 + 1,5	1,62	0,54	1,08 ^{ns}
Bicyclopyrone + (Hexazinone + Diuron)	1,0 + 1,5	2,71	1,08	1,62 ^{ns}
TOTAL GERAL	-	2,55	0,75	1,80**

* significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste “t” de Student; ** significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste “t” de Student; ns = não significativo

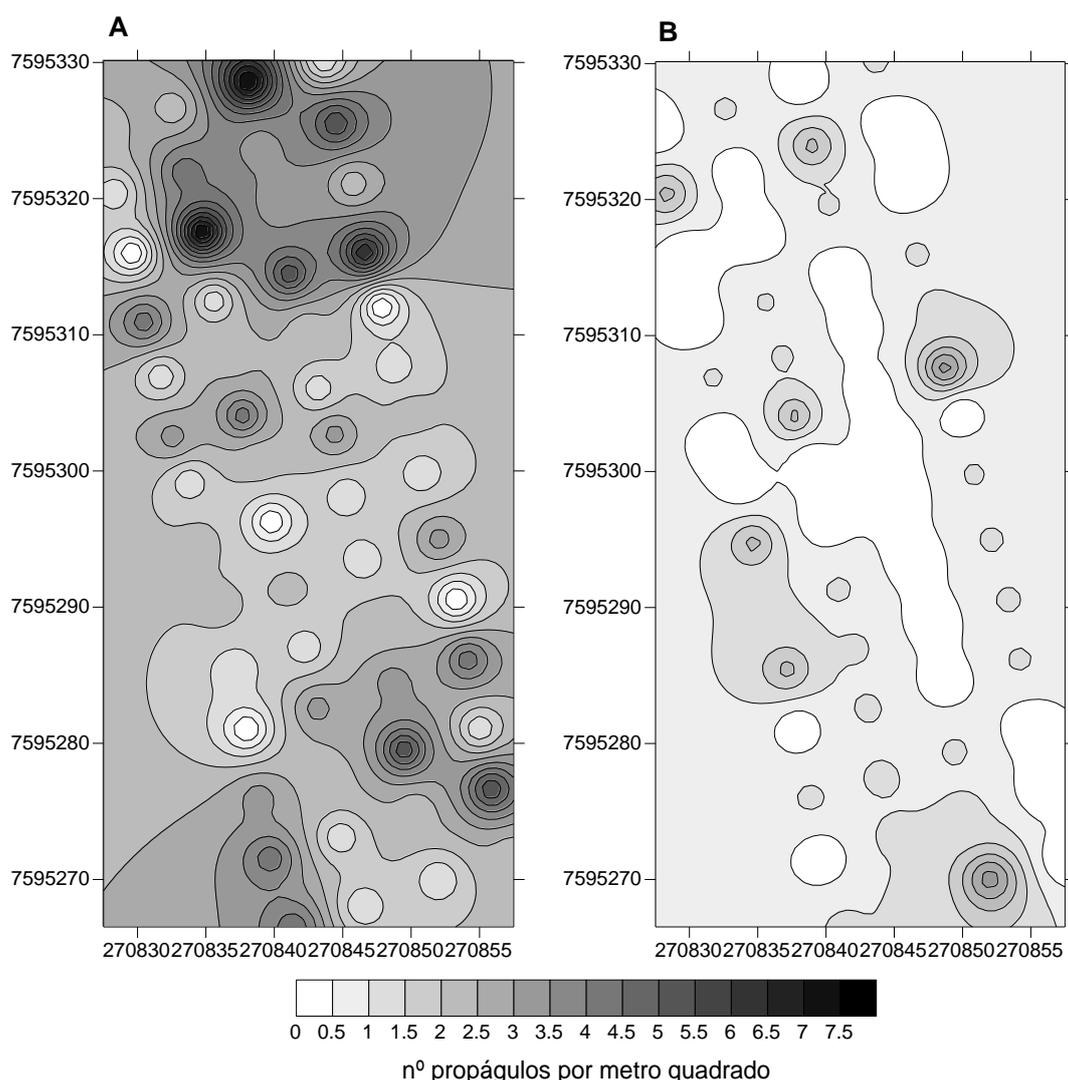


Figura 20. Mapas de infestação do banco de sementes da espécie *Stemodia verticillata* antes (A) e após (B) a aplicação de herbicidas.

Comparando os resultados obtidos pelo teste t e a geoestatística (mapas), ambos foram eficientes, e indicaram diferenças similares entre os tratamentos, os quais influenciaram na distribuição do banco de sementes de plantas daninhas, diminuindo a incidência das classes Liliopsidas e Magnoliopsidas, e nas espécies *Phyllanthus tenellus*, *Cyperus rotundus*, *Oxalis divaricata* e *Stemodia verticillata*.

O uso de herbicidas pode influenciar as espécies de plantas daninhas no banco de sementes, podendo diminuí-lo ou aumentá-lo dependendo do produto químico utilizado (Ball, 1992). Após aplicações repetidas de herbicidas, as pesquisas têm mostrado que há um declínio no banco de sementes (Schweizer e Zimdahl, 1984), (Salzman et al., 1988). Já Caetano et al., 2001, analisando a aplicação de herbicidas nas plantas daninhas no banco de sementes em citros,

verificaram que o uso do glyphosate resultou em uma maior quantidade de sementes de plantas daninhas quando comparado com o diuron, concluindo assim que o manejo químico afetou a distribuição das mesmas. Oliveira et al. 2009, aplicaram sobre o solo herbicidas e inseticidas para avaliar a emergência de plântulas do banco de sementes e concluíram que os mesmos promoveram alteração na composição fitossociológica das plântulas emergidas.

Contudo, Pitelli e Kuva (1998) afirmaram que quando um produto químico é aplicado em um agroecossistema ele pode atuar selecionando a flora ativa com uma composição específica das plantas daninhas ou a seleção de biótipos resistentes. É importante salientar que para prevenir a seleção de biótipos resistentes em áreas com a mesma aplicação de um herbicida, é necessário que se tomem medidas como rotação de culturas e misturas de herbicidas com diferentes mecanismos de ação.

CONCLUSÕES

Conclui-se que a estatística clássica juntamente com a geoestatística se completam. Pois, os tratamentos que indicaram melhor controle do banco de sementes analisados pelo teste t foram observados por meio dos mapas de infestação gerados, mostrando que o método do inverso do quadrado da distância é eficaz para a visualização da distribuição espacial das plantas daninhas, podendo auxiliar futuramente na tomada de decisão sobre que método de controle utilizar, bem como aplicar herbicida a taxa variável, e assim, contribuir para avanços na agricultura de precisão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baio, F. H. R. (2001) Aplicação localizada de defensivos baseada na variabilidade espacial das plantas daninhas. Piracicaba, 2001. 113p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- Baio, F. H. R.; Balastreire, L. A. (2002) *Avaliação de um sistema para aplicação localizada de defensivos baseados na variabilidade espacial das plantas*

daninhas. / Apresentado como pôster no II Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão, Viçosa.

Baker, H.G. (1989) Some aspects of the natural history of seed banks. In: Leck, M.A., Parker, V.T., Simpson, R.L. (Ed.) Ecology of soil seed banks. London: Academic Press, cap.1, p.5-19.

Balastreire, L. A.; Baio, F. H. R. (2001) Avaliação de uma metodologia pratica para o mapeamento de plantas daninhas. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental*, v.5, n.2, p.349-352.

Ball, D. A. (1992) Weed seedbank response to tillage, herbicides, and crop rotation sequence. *Weed Science*, Champaign, v.40, p.654-659.

Caetano, R. S. X.; Christoffoleti, P. J.; Filho, R. V. (2001) “Banco” de sementes de plantas daninhas em pomar de laranja ‘Pera’. *Scientia Agrícola*, v.58, n.3, p.509-517.

Cardina, J.; Sparrow, D. H. (1996) A comparison of methods to predict weed seedling populations from the soil seedbank. *Weed Sci.*,v. 44, n. 1, p. 46-51.

Cardina, J.; Johnson, G. A.; Sparrow, D. H. (1997) The nature and consequence of weed spatial distribution. *Weed Sci.*, v. 45, n. 3, p. 364-373.

Carmona, R. (1995) Banco de sementes e estabelecimento de plantas daninhas em agroecossistemas. *Planta Daninha*, v. 13, n. 1, p. 3-9.

Esquerdo, J. C. D. M.; Balastreire, L. A. (2002) *Aplicação localizada de herbicida utilizando um pulverizador convencional adaptado*. /Apresentado como pôster no II Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão, Viçosa.

Freitas, R. R. (1990) *Dinâmica do banco de sementes em uma comunidade de plantas daninhas com aspectos da germinação e dormência de sementes de capim-marmelada (Brachiara plantaginea (Link) Hitc.)*. 1990. 118 f. Dissertação

(Mestrado em Ecofisiologia de Plantas Cultivadas) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

Golden Software. (1995) Surfer for Windows: user's guide. Golden: Golden Software, 1v.

Isaac, R. A.; Guimarães, S. C. (2008) Banco de sementes e flora emergente de plantas daninhas. *Planta Daninha*, Viçosa-MG, v. 26, n. 3, p. 521-530.

Kuva, M. A.; Pitelli, R. A.; Alves, P. L. C. A.; Salgado, T. P.; Pavani, M. C. D. M. (2008) Banco de sementes de plantas daninhas e sua correlação com a flora estabelecida no agroecossistema cana-crua. *Planta Daninha*, Viçosa-MG, v. 26, n. 4, p. 735-744.

Lacerda, A. L. S. (2003) *Fluxos de emergência e banco de sementes de plantas daninhas em sistemas de semeadura direta e convencional e curvas dose-resposta ao glyphosate*. 2003. 141 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

Lopes, C. A.; Abboud, A. C. S.; Tozani, R; Pereira, M. B.; Costa, E. L. (2004) Comparação entre a composição florística do banco de sementes do solo e da cobertura vegetal em área cultivada com mandioca e leguminosas consorciadas. *Agronomia*, v. 38, n.1, p. 45-51.

Lopes, F. A. (2010) Adubação em doses variadas em citros. Piracicaba, 2010. 76p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

Lorenzi, H. (2000) Plantas daninhas do Brasil: terrestres aquáticas, parasitas e tóxicas. 3.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 608 p.

Luschei, E. C.; Buhler, D. D.; Dekker, J. H. (1998) Effect of separating giant foxtail (*Setaria faberi*) seeds from soil using potassium carbonate and centrifugation on viability and germination. *Weed Science.*, v. 46, n. 5, p. 545-548.

- Mendes, A. M. S.; Duda, G. P.; Lima, J. A. G.; Amorim, L. B. (2007) Variabilidade espacial de características químicas de um Cambissolo cultivado com mamão no semi-árido do Rio Grande do Norte. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v.7, n.2, p.169-174.
- Monquero, P. A.; Amaral, L. R.; Binha, D. P.; Silva, P. V.; Silva, A. C.; Martins, F. R. A. (2008) Mapas de infestação de plantas daninhas em diferentes sistemas de colheita da cana-de-açúcar. *Planta Daninha*, v. 26, n.1, p. 47-55.
- Oliveira, T. A.; Santos, J. B.; Camelo, G. N.; Botelho, R. G.; Lázari, T. M. (2009) Efeito da interação do nicosulfuron e chlorpyrifos sobre o banco de sementes e os atributos microbianos do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:563-570.
- Ortiz, G. C. (2002) *Aplicação de métodos geoestatístico para identificar a magnitude e a estrutura da variabilidade espacial de variáveis físicas do solo*. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2002. 75p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo.
- Ortiz, J. L. (2003) *Emprego do geoprocessamento no estudo da relação entre potencial produtivo de um povoamento de eucalipto e atributos do solo e do relevo*. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2003. 205p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo.
- Pitelli, R. A.; Kuva, M. A. (1998) Dinâmica de populações de plantas daninhas e manejo da resistência aos herbicidas e seleção de flora. In: *Curso de recomendações básicas de manejo de plantas daninhas e resistência aos herbicidas*. Piracicaba: Esalq-USP, 35p.
- Roberts, H. A.; Nielson, J. E. (1981) Changes in the soil seed bank of four long term crop herbicide experiments. *Journal of Applied Ecology*, Oxford, v.18, p.661-668.

- Salzman, F. P.; Smith, R. J.; Talbert, R. E. (1988) Suppression of red rice (*Oryza sativa*) seed production with fluazifop and quizalofop. *Weed Science*, v.36, p.800-803.
- Schweizer, E. E.; Zimdahl, R. L. (1984) Weed seed decline in irrigated soil after six years of continuous corn (*Zea mays*) and herbicides. *Weed Science*, v.32, p.76-83.
- Shiratsuchi, L. S.; Nicolai, M.; Cortucci, M.; Suguisawa, J. M.; Christoffoleti, P. J. (2002) Aplicação localizada de herbicida em soja utilizando mapas de banco de sementes e ferramentas da agricultura de precisão, *II Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos: Eficiência, Economia e Preservação da Saúde Humana e do Ambiente* pp. 1-5.
- Shiratsuchi, L. S.; Molin, J. P.; Christoffoleti, P. J. (2004) Mapeamento da distribuição espacial da infestação de *Panicum maximum* durante a colheita da cultura de milho. *Planta Daninha*, Viçosa, v.22, n.2, p.269-274.
- Shiratsuchi, L. S.; Fontes, J. R. A.; Resende, A. V. (2005) Correlação da distribuição espacial do banco de sementes de plantas daninhas com fertilidade dos solos. *Planta Daninha*, Viçosa, v.23, n.3, p.429-436.
- Silva, A. F.; Lima, J. S. S.; Oliveira, R. B. O. (2009) Variabilidade espacial da granulometria de um latossolo vermelho amarelo cultivado sob diferentes manejos. *Simpósio de Geoestatística Aplicada em Ciências Agrárias*, Botucatu-SP
- Vieira, S. R.; Hatfield, J. L.; Nielsen, D. R.; Biggar, J.W. (1983) Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. *Hilgardia*, v.51, n.3, p.1-75.
- Voll, E., Adegas, F. S., Gazziero, D. L. P., Brighenti, A. M., Oliveira, M. C. N. (2003) Amostragem do banco de semente e flora emergente de plantas daninhas. *Pesq. Agropec. Bras.*, v. 38, n. 2, p. 211-218.

3.3. ESTUDO DA FAUNA DO SOLO EM FUNÇÃO DOS HERBICIDAS

RESUMO

O uso de herbicidas de diferentes grupos químicos na cultura da cana-de-açúcar constitui prática comum no manejo de plantas daninhas. A ação desses compostos sobre a fauna edáfica em função deste tipo de manejo é incipiente no Brasil. Esses organismos edáficos interferem nas condições estruturais do solo e na ciclagem de nutrientes. Visto isso, torna-se importante o conhecimento do efeito desta prática agrônômica sobre a comunidade de organismos presentes no solo. Objetivou-se neste trabalho avaliar a fauna do solo em função da aplicação de herbicidas na cultura da cana-de-açúcar. Foram coletadas amostras de solo em cada parcela com a aplicação dos herbicidas até uma profundidade de 5 cm, utilizando-se um gabatito de 0,25 x 0,25 m. As amostras foram transferidas para um funil da bateria de extratores Berlese-Tullgren, onde os indivíduos da fauna do solo foram coletados e identificados em nível de grandes grupos taxonômicos e quantificados. Para avaliação da fauna edáfica em diferentes tratamentos com herbicidas foi utilizado o índice V de Wardle. Os resultados indicaram que o herbicida bicyclopyrone quando aplicado isoladamente em três dosagens diferentes, os indivíduos do solo apresentaram mais de 50% de inibição. Porém,

quando em mistura, a fauna edáfica foi estimulada em duas dosagens aplicadas. Os grupos da fauna do solo que foram estimulados foram Acarina, Araneae, Collembola e Formicidae, e os que foram inibidos foram Blattodea, Coleoptera (adulto), Coleoptera (larva), Diplopoda, Diptera (adulto), Diptera (larva), Isoptera, Oligochaeta, Pauropoda, Protura e Psocoptera. Contudo, a fauna edáfica obteve um comportamento diferenciado de acordo com as dosagens e os herbicidas aplicados.

PALAVRAS-CHAVE: fauna edáfica, agrotóxicos, índice V.

ABSTRACT

The use of herbicides from different chemical groups in the culture of cane sugar is a common practice in weed management. The action of these compounds on the edaphic fauna due to this type of management is incipient in Brazil. These edaphic organisms interfere with the structural conditions of soil and nutrient cycling. Seen it, it becomes important to know the effect of agronomic practice on the community of soil organisms. The objective of this study was to evaluate soil fauna due to the application of herbicides in the culture of cane sugar. We collected soil samples from each plot with the application of herbicides to a depth of 5 cm, using a template of 0.25 x 0.25 m. The samples were transferred to a funnel battery Berlese-Tullgren extractors, where individuals of soil fauna were collected and identified at the level of major taxonomic groups and quantified. To evaluate the edaphic fauna in different treatments with herbicides was used the index V Wardle. The results indicated that the herbicide bicyclopyrone when applied separately in three different strengths, had individuals in the soil for more than 50% inhibition. But when mixed, the edaphic fauna was stimulated in two strengths applied. The soil fauna groups that were stimulated were Acarina, Araneae, Collembola and Formicidae, and those were inhibited Blattodea, Coleoptera (adult), Coleoptera (larvae), Diplopoda, Diptera (adults) Diptera (larvae), Isoptera, Oligochaeta, Pauropoda, Protura and Psocoptera. However, the edaphic fauna got a different behavior according to the strengths and herbicides.

KEYWORDS: edaphic fauna, pesticides, index V

INTRODUÇÃO

As pesquisas no Brasil com variações na fauna edáfica em resposta a sistemas de preparo, manejo e cultivo do solo são incipientes. Alguns estudos relatam a influência do manejo do solo (Baretta et al., 2003; 2006), da cobertura vegetal (Moço et al., 2005) e dos sistemas de preparo (Cividanes, 2002), sobre a fauna do solo.

A adição de resíduos orgânicos em sistemas de cultivo pode beneficiar a fauna do solo pelo aumento na qualidade e na quantidade de resíduos vegetais, os quais servem de alimento e abrigo para os organismos edáficos, além de promoverem modificações na temperatura e cobertura do solo (Baretta et al., 2003). A ação da fauna, por outro lado, pode interferir nas condições estruturais do solo e na ciclagem de nutrientes, pois são responsáveis pela fragmentação dos resíduos orgânicos, mistura das partículas minerais e orgânicas, redistribuição da matéria orgânica, além de produzir “pellets fecais” (Almeida et al., 2007). Alterações na fauna edáfica podem ocorrer em função do uso do solo, de modificações no ambiente, da forma de preparo e cultivo do solo e da adição de matéria orgânica (Baretta et al., 2003).

Conforme Nunes et. al. (2009), a redução da diversidade de espécies e a modificação da estrutura da população de alguns grupos da fauna edáfica podem ser indicativas de degradação do solo e de perda de sua sustentabilidade em ambientes manejados por meio de fogo. Os autores, ao avaliarem a diversidade da fauna edáfica em solos da caatinga brasileira desmatado com os restos culturais queimados, desmatado com os resíduos enleirados e solos sob mata, observaram que nos solos que sofreram queimadas houve diminuição das populações de diferentes espécies, além de mudanças na estrutura da comunidade, como a diminuição da quantidade de formas juvenis (larvas), aumento de insetos sociais especialmente do grupo Formicidae (formigas) e ausência de alguns grupos. Ocorreu também aumento de alguns insetos pertencentes ao grupo Orthoptera, mostrando que em ambientes degradados determinados grupos faunísticos oportunistas são bem-sucedidos. Nos solos sob mata e nos desmatados e enleirados, verificou-se maior ocorrência de indivíduos da macrofauna de hábitos saprófagos como os coleópteros e de predadores como o grupo Araneae.

Almeida et al. (2007), avaliando três sistemas de semeadura direta, uma área de pastagem e uma área de cultivo convencional, encontraram maior abundância de fauna edáfica nos sistemas de semeadura direta, a qual variou de 142 a 172 indivíduos coletados por armadilha. A menor abundância de organismos foi observada no solo sob pastagem e no solo sem cobertura, o que provavelmente se relaciona com a oferta de alimentos em termos quantitativos e qualitativos. Quanto à diversidade da fauna edáfica, os maiores valores foram encontrados nas áreas sob semeadura direta e na área sob pastagem. Tanto para a diversidade quanto para a abundância, os menores valores obtidos foram para preparo convencional e sem cobertura do solo, demonstrando que a falta de cobertura do solo e, possivelmente, o constante revolvimento prejudicou a fauna do solo. Objetivando avaliar o efeito da adição de doses crescentes de dejetos de suínos, adubação organomineral e adubação mineral sobre a abundância e diversidade da macrofauna edáfica, Alves et al. (2008) encontraram maior diversidade na macrofauna do solo no tratamento com adubação organomineral. Segundo os autores houve melhor balanço dos fertilizantes e, portanto, a macrofauna edáfica foi beneficiada.

A cana-de-açúcar, como qualquer outra cultura pode ter sua produtividade reduzida pela presença de plantas daninhas presentes durante seu desenvolvimento. Tal redução se deve aos efeitos diretos e indiretos das plantas daninhas sobre a cultura, aumentando a competição por nutrientes, hospedando pragas e doenças, liberando aleloquímicos ou dificultando o corte e a colheita de colmos da cana, diminuindo a qualidade do produto colhido e fazendo com que o rendimento industrial decresça (Lorenzi et al., 1994). O uso de herbicidas de diferentes grupos químicos na cultura da cana-de-açúcar constitui prática comum no manejo das plantas daninhas presentes no canavial, tanto em aplicações de pré-emergência como de pós-emergência (Costa et al., 2004). Sendo assim, é interessante conhecer o efeito desta prática agrônômica sobre a comunidade de organismos presentes no solo.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a fauna do solo em função da aplicação de herbicidas na cultura da cana-de-açúcar.

MATERIAL E MÉTODOS

A coleta do solo para o estudo da fauna edáfica foi realizada 25 DAA, onde foi coletada uma amostra de solo por parcela (até a profundidade de 5 cm) totalizando um total de 44 amostras, utilizando-se um gabarito de 0,25 x 0,25 m. Após a coleta, as amostras foram levadas para o Setor de Solos da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Para este experimento só foram considerados os tratamentos “TesSCap”, “TesCap” e todos os tratamentos com o princípio ativo bicyclopyrone., totalizando 11 tratamentos.

As amostras de solo foram transferidas para um funil da bateria de extratores Berlese-Tullgren, tendo em sua base um recipiente de vidro contendo cerca de 150 ml de uma solução de ácido acetilsalicílico que conserva os indivíduos, de onde os componentes da fauna do solo foram coletados. Após a transferência das amostras para o funil, a bateria de extratores foi vedada completamente e acima dos funis lâmpadas de 25W ficaram acesas durante todo o período de extração, o qual foi de 15 dias. As lâmpadas fornecem calor suficiente para promover um gradiente temperatura e umidade na amostra, o que força os organismos migrarem para o fundo do funil e, conseqüentemente, cair dentro do vidro coletor. O conteúdo de cada amostra foi analisado individualmente, em placas de Petri, com o auxílio de uma lupa binocular. Os indivíduos capturados foram identificados em nível de grandes grupos taxonômicos e quantificados (Correia e Oliveira, 2000; Moço et al., 2005).

Para avaliação da fauna do solo em diferentes tratamentos, foi utilizado o índice V de Wardle (1995). Este índice é uma relação entre as abundâncias na área sem manejo (controle) com as áreas manejadas (tratamentos). A fórmula proposta por Wardle e Parkinson (1991) (Equação 2) utilizada para este índice foi:

$$V = \frac{2 \times dC}{(dC + dT)} - 1 \quad \text{(Equação 2)}$$

Onde:

V = Índice de mudança;

dC = densidade do grupo dos controles

dT = densidade do grupo dos tratamentos

O índice V varia de -1 a 1, com o valor 0 indicando abundância igual nos tratamentos com ou sem manejo. Pela aplicação do índice foram estabelecidas categorias para expressar o grau de resposta aos manejos (Tabela 11).

Tabela 11. Categorias de inibição e estimulação dos grupos da fauna do solo em resposta ao manejo (Wardle, 1995).

Categoria	Símbolo	Índice V
Extrema inibição	EI	$-1 < V < -0,67$
Inibição moderada	IM	$-0,33 > V > -0,67$
Ligeira inibição	LI	$0 > V > -0,33$
Ligeira estimulação	LE	$0 < V < 0,33$
Estimulação moderada	EM	$0,33 < V < 0,67$
Extrema estimulação	EE	$1 > V > 0,67$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o índice V de Wardle (1995), tendo como referência os tratamentos testemunha sem capina e testemunha capinada, observou-se que tratamentos com herbicidas apresentaram estimulação e/ou inibição a todos os grupos da fauna do solo encontrados.

Nos tratamentos com “Bic+Hex 0,5+0,8” e “Bic+Hex 1,0+0,8”, tendo como referência a testemunha sem capina, a fauna do solo foi estimulada em função desses herbicidas, apresentando 53% e 60% ,respectivamente (Figura 21).

Mais de 50% da fauna edáfica do solo foi inibida pelos tratamentos com “Bic 0,5”, “Bic 1,0”, “Bic 1,5” e “Bic+(Hex+Diu) 0,5+1,5”, com 54%, 59%, 70% e 58% ,respectivamente (Figura 21).

Alguns tratamentos causaram 50% de estimulação e 50% de inibição da fauna do solo, não podendo chegar a um resultado conclusivo sobre esses herbicidas sobre a fauna edáfica. Os dados estão apresentados na Figura 21.

Tendo como referência a testemunha capinada, os tratamentos que promoveram estimulação foram “Bic+Am 2,5”, Bic+Am 3,5”, “Bic+Hex 0,5+0,8”, “Bic+Hex 1,0+ 0,8” e “Bic+(Hex+Diu) 1,0+1,5, com 69%, 54%, 66%, 60% e 61% ,respectivamente (Figura 21).

Já os tratamentos que promoveram inibição da fauna foram “Bic 1,0”, Bic 1,5” e “Bic+(Hex+Diu) 0,5+1,5” com 55%, 66% e 62% ,respectivamente (Figura 21).

Apenas o tratamento “Bic 0,5” não alterou a fauna do solo, apresentando 50% de estimulação e 50% de inibição (Figura 21).

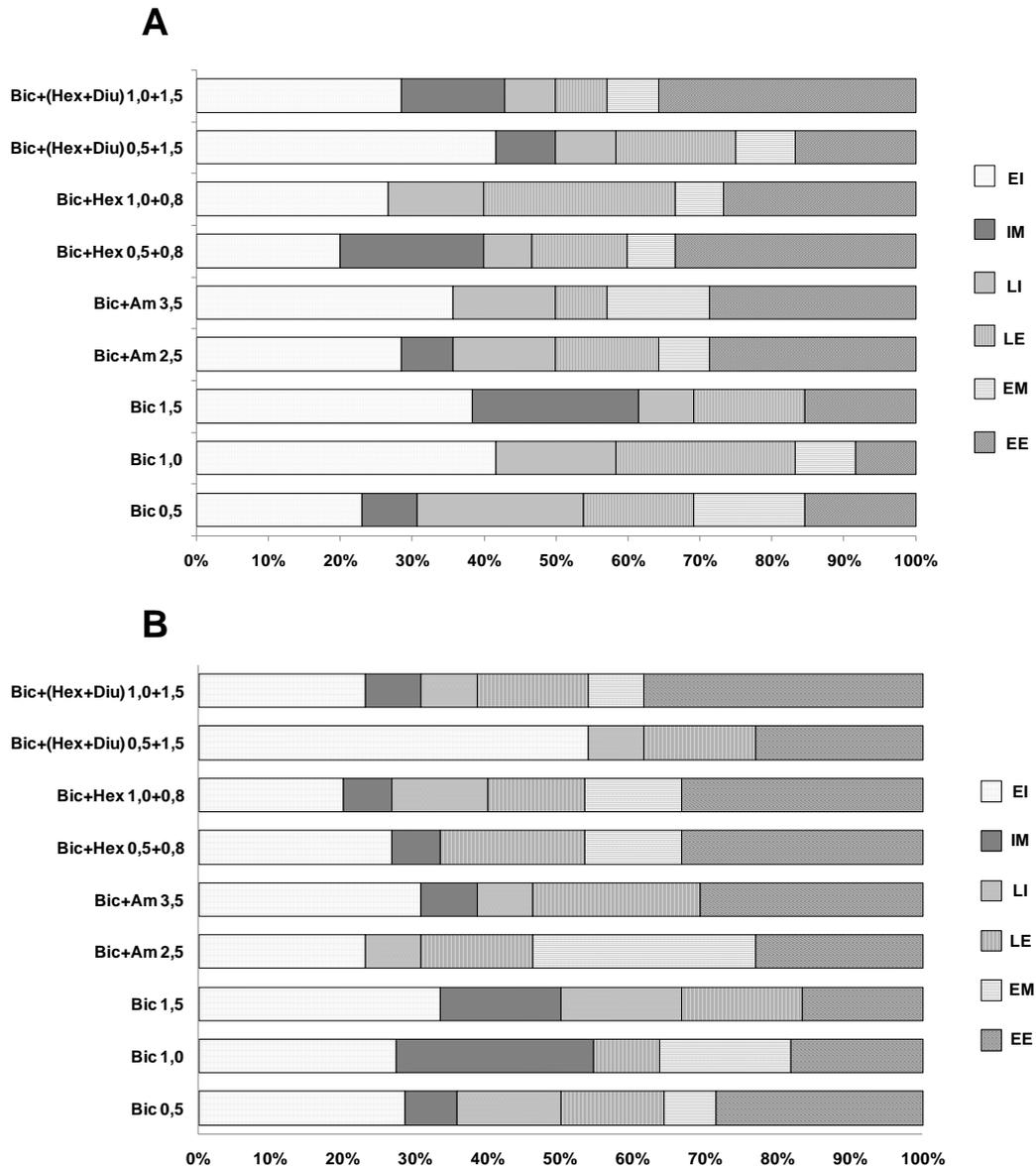


Figura 21. Resultado da aplicação do Índice V de Wardle (1995), aos grupos da fauna do solo coletados de um campo experimental com diferentes aplicações de herbicidas tendo como referência o tratamento testemunha sem capina (A) e testemunha capinada (B). Os resultados estão expressos em porcentagem dos grupos classificados nas categorias de inibição/estimulação. EI = extrema inibição; IM = inibição moderada; LI = ligeira inibição; LE = ligeira estimulação; EM = estimulação moderada e EE = extrema estimulação.

Tendo como referência a testemunha sem capina (TesSCap) quatro tratamentos apresentaram mais de 50% de inibição, dois tratamentos apresentaram mais de 50% de estimulação, e três tratamentos apresentaram 50% de inibição e 50% de estimulação. Já na testemunha capinada (TesCap) três

tratamentos apresentaram mais de 50% de inibição e cinco tratamentos apresentaram mais de 50% de estimulação, apenas um tratamento apresentou 50% de inibição e 50% de estimulação (Tabela 12).

Considerando as duas referências (testemunha sem capina e testemunha capinada) nos tratamentos com o herbicida bicyclopyrone nas três dosagens (0,5; 1,0 e 1,5 L/ha), observou-se que os mesmos apresentaram inibição sobre a fauna do solo maior ou igual a 50% em todos os tratamentos (Tabela 12), indicando assim, que esse herbicida aplicado sem qualquer tipo de mistura e em dosagens diferentes afeta negativamente a fauna do solo.

Já nos tratamentos com “Bic+Am 2,5” e “Bic+Am 3,5”, tendo como referência a testemunha sem capina (Figura 21) a fauna do solo apresentou um comportamento bem dividido em relação à estimulação e/ou inibição dos herbicidas, pois cerca de 50% foi inibido e 50% foi estimulado pelo herbicida, ou seja, sem alteração. Porém, tendo como referência a testemunha capinada (Figura 21), esses herbicidas estimularam a fauna do solo, sendo que o “Bic+Am 2,5” estimulou mais de 65% e o “Bic+Am 3,5” estimulou cerca de 55%. Ou seja, a mistura desses herbicidas provocou estimulação na fauna do solo.

Os herbicidas “Bic+Hex 1,0+0,8” e “Bic+Hex 0,5+0,8” tiveram comportamento estimulante da fauna do solo em todos os tratamentos com mais de 50% (Tabela 12).

“Bic+(Hex+Diu) 1,0+1,5” na Figura 21, promoveu 50% estimulação e 50% inibição, porém o mesmo herbicida (Figura 21) estimulou em 61%. Já “Bic+(Hex+Diu) 0,5+1,5”, na menor dose, apresentou maior inibição da fauna do solo com 58% (Figura 21) e de 62% (Figura 21). Estes dados indicam, que para a mistura destes herbicidas, a fauna do solo pode ser estimulada na dose de 1,0 L/ha do herbicida bicyclopyrone, visto que a dose do herbicida hexazinone+diuron foi a mesma. Outra conclusão que se pode chegar é que quando é aplicado apenas o herbicida bicyclopyrone ele teve uma ação inibidora da fauna do solo, mas quando aplicado em conjunto ele apresentou efeito estimulante da fauna do solo.

Tabela 12. Resumo dos tratamentos que foram estimulados e/ou inibidos, ou sem alteração a todos os grupos fauna edáfica, utilizando o índice V de Wardle (1995).

Tratamentos	Estimulação (> 50%)		Inibição (< 50%)		Sem alteração	
	TesSCap	TesCap	TesSCap	TesCap	TesSCap	TesCap
“Bic 0,5”	-	-	X	-	-	X
“Bic 1,0”	-	-	X	X	-	-
“Bic 1,5”	-	-	X	X	-	-
“Bic+Am 2,5”	-	X	-	-	X	-
“Bic+Am 3,5”	-	X	-	-	X	-
“Bic+Hex 0,5+0,8”	X	X	-	-	-	-
“Bic+Hex 1,0+0,8”	X	X	-	-	-	-
“Bic+(Hex+Diu) 0,5+1,5”	-	-	X	X	-	-
“Bic+(Hex+Diu) 1,0+1,5”	-	X	-	-	X	-
TOTAL	7		7		3	

TesSCap = testemunha sem capina; TesCap = testemunha capinada

Analisando cada grupo da fauna do solo e comparando com todos os tratamentos com os herbicidas, tendo como referência testemunha sem capina e testemunha capinada para a aplicação do índice V de Wardle (1995), observou-se estimulação e/ou inibição da fauna do solo.

Tendo como referência o tratamento testemunha sem capina, os grupos Acarina, Araneae, Collembola e Formicidae apresentaram estimulação a todos os tratamentos com herbicidas, com 100%, 89%, 56% e 78%, respectivamente (Figura 22).

Os grupos Coleoptera (ad.), Coleoptera (larva), Diplopoda, Diptera (ad.), Oligochaeta, Pauropoda e Protura, foram inibidos em 89%, 89%, 89%, 100%, 100%, 100% e 89%, respectivamente, considerando todos os tratamentos com herbicidas (Figura 22).

Tomando como referência o tratamento testemunha capinada, os grupos que foram estimulados pelos herbicidas foram Acarina em 100% dos tratamentos químicos, Araneae (100%), Collembola (100%) e Formicidae (56%), conforme Figura 22.

Os grupos observados na Figura 22 foram inibidos pelos herbicidas, de acordo com o índice V, tendo como referência os tratamentos testemunha capinada, representados por Blattodea (100%), Coleoptera (ad.) com 100%, Coleoptera (larva) com 67%, Diplopoda (56%), Diptera (larva) com 56%, Isoptera (78%) e Psocoptera (100%).

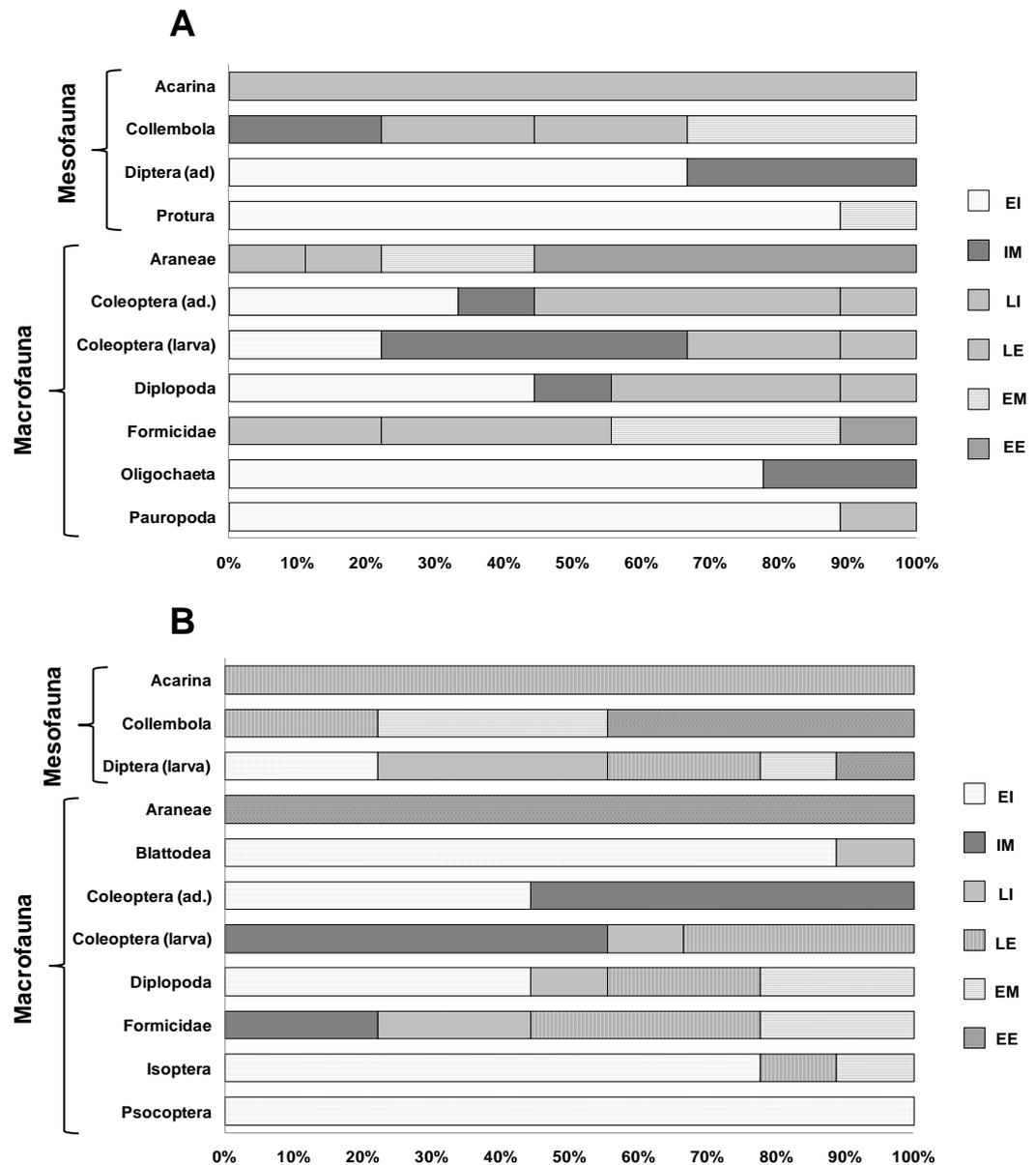


Figura 22. Resultado da aplicação do Índice V de Wardle (1995), aos grupos da fauna do solo divididos em mesofauna e macrofauna, coletados de um campo experimental comparando com todas as aplicações dos herbicidas tendo como referência o tratamento testemunha sem capina (A) e testemunha capinada (B). Os resultados estão expressos em porcentagem dos grupos classificados nas categorias de inibição/estimulação. EI = extrema inibição; IM = inibição moderada; LI = ligeira inibição; LE = ligeira estimulação; EM = estimulação moderada e EE = extrema estimulação.

Os grupos da fauna do solo que foram estimulados pelos herbicidas considerando as duas referências (testemunha sem capina e testemunha capinada) foram Acarina, Araneae, Collembola e Formicidae (Tabela 13). Os

grupos inibidos foram Blattodea, Coleoptera (adulto), Coleoptera (larva), Diplopoda, Diptera (adulto), Diptera (larva), Isoptera, Oligochaeta, Pauropoda, Protura e Psocoptera (Tabela 13).

Tabela 13. Resumo dos grupos da fauna edáfica que foram estimulados e/ou inibidos pelos herbicidas aplicados, utilizando o índice V de Wardle (1995).

Grupos da fauna do solo	Estimulação (> 50%)		Inibição (< 50%)	
	TesSCap	TesCap	TesSCap	TesCap
Acarina	X	X	-	-
Araneae	X	X	-	-
Blattodea	-	-	-	X
Coleoptera (adulto)	-	-	X	X
Coleoptera (larva)	-	-	X	X
Collembola	X	X	-	-
Diplopoda	-	-	X	X
Diptera (adulto)	-	-	X	-
Diptera (larva)	-	-	-	X
Formicidae	X	X	-	-
Isoptera	-	-	-	X
Oligochaeta	-	-	X	-
Pauropoda	-	-	X	-
Protura	-	-	X	-
Psocoptera	-	-	-	X
TOTAL	8		14	

TesSCap = testemunha sem capina; TesCap = testemunha capinada

CONCLUSÕES

Utilizando o índice V de Wardle (1995), a fauna do solo obteve um comportamento diferenciado de acordo com as dosagens e os herbicidas aplicados. Quando foi aplicado apenas o herbicida bicyclopyrone nas três doses diferentes, a fauna do solo apresentou mais de 50% de inibição. Porém, quando em mistura, a fauna edáfica foi estimulada nas duas dosagens aplicadas (“Bic+Am 2,5” e “Bic+Am 3,5”). O mesmo comportamento foi observado na mistura “Bic+Hex 1,0+0,8” e “Bic+Hex 0,5+0,8”. Para a mistura de herbicidas “Bic+(Hex+Diu) 1,0+1,5” foi observada estimulação da fauna do solo com cerca de 60%. Já na menor dose de bicyclopyrone (“Bic+(Hex+Diu) 0,5+1,5) houve mais de 60% de inibição, apresentando um resultado contraditório. Contudo, utilizando apenas o herbicida bicyclopyrone, observou-se comportamento inibitório da fauna do solo.

Os grupos da fauna do solo que foram estimulados foram Acarina, Araneae, Collembola e Formicidae, e os que foram inibidos foram Blattodea, Coleoptera (adulto), Coleoptera (larva), Diplopoda, Diptera (adulto), Diptera (larva), Isoptera, Oligochaeta, Pauropoda, Protura e Psocoptera.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, H.C.; Almeida, D.; Alves, M.V.; Schneider, J.; Mafra, Á.L. & Bertol, I. (2007) Propriedades químicas e fauna do solo influenciadas pela calagem em sistema semeadura direta. *Cienc. Rural*. 37(5):1462-1465.
- Alves, M.V.; Santos, J.C.P.; Gois, D.T. de ; Alberton, J.V.; Baretta, D. (2008) Macrofauna do solo influenciada pelo uso de fertilizantes químicos e dejetos de suínos no oeste do estado de Santa Catarina. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*. 32(2):589-598.
- Baretta, D.; Mafra, A.L.; Santos, J.C.P.; Amarante, C.V.T. do ; Bertol, I. (2006) Análise multivariada da fauna edáfica em diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41(11):1675-1679.

- Baretta, D.; Santos, J.C.P.; Mafra, A.L.; Wildner, L.P.; Miquelluti, D.J. (2003) Fauna edáfica avaliada por armadilhas de catação manual afetada pelo manejo do solo na região oeste catarinense. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 2:97-106.
- Cividanes, F.J. (2002) Efeitos do sistema de plantio e da consorciação soja-milho sobre artrópodes capturados no solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37:15-23.
- Correia, M. E. F.; Oliveira, L. C. M. (2000) *Fauna do solo: Aspectos Gerais e Metodológicos*. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 46p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 112).
- Costa, E.A.D., Matallo, M.B., Almeida, J.E.M., Loureiro, E.S., Sano, A.H. (2004) Efeitos de herbicidas utilizados em cana-de-açúcar no desenvolvimento in vitro do fungo endemopatogênico *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin. *Pesticidas: R. ecotoxicol. e meio Ambiente*, 14:19-24.
- Lorenzi, H.J., Brunelli NETO, V., Oliveira, J.E. (1994) Estudo do efeito do herbicida oxyfluorfen, aplicado em pré-emergência, sobre o crescimento e produtividade da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) cv. SP 71-6163. *STAB*, 12.
- Moço, M. K. S.; Gama-Rodrigues, E. F.; Gama-Rodrigues, A. C.; Correia, M. E. F. (2005) Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte fluminense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, p.555-564.
- Nunes, L.A.P.L.; Araújo Filho, J.A. de A.; Menezes, R.I. de Q. (2009) Diversidade da fauna edáfica em solos submetidos a diferentes sistemas de manejo no semi-árido nordestino. *Scientia Agraria, Curitiba*, 10(1):043-049.
- Wardle, D. (1995) Impacts of disturbance on detritus food webs in agro-ecosystems of contrasting tillage and weed management practices. *Advances Ecological Research*. New York, v. 26, p. 105-182
- Wardle, D. A.; Parkinson, D. (1991) Analysis of co-occurrence in a fungal community. *Mycological Research, Cambridge*, v.95, p.504-507.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Os tratamentos que apresentaram os maiores controles de plantas daninhas aos 120 DAA foram os “Bic+(Hex+Diu) 1,0+1,5”, “(Hex+Diu)+Clo 1,5+1,3”, “Bic+Hex 0,5+0,8”, “Bic+Hex 1,0+0,8”, “Bic 1,0”, “Bic 1,5”, “Bic+Am 2,5”, “Bic+(Hex+Diu) 0,5+1,5”, “S-met+Am 2,5+3,0” e “(Hex+Diu)+Teb 1,5+1,0”. Esse resultado indica que quando é aplicado apenas o herbicida bicyclopyrone ele se mostra eficiente tanto quanto em mistura.

Em todos os tratamentos a fitotoxicidade na cana-de-açúcar foi considerada leve, não sendo superiores a 20%. Após 45 DAA não foi detectado nenhum sintoma de fitotoxidez.

As espécies de plantas daninhas com maiores incidências encontradas na área experimental foram a *Cyperus rotundus*, *Sorghum arundinaceum*, *Rottboelia cochinchinensis* e *Cynodon dactylon*. De um modo geral, todas as plantas daninhas de folhas estreitas (Liliopsidas), incluindo as mais incidentes obtiveram melhores controles nos tratamentos “(Hex+Diu)+Teb 1,5+1,0”, “Bic+(Hex+Diu) 1,0+1,5”, “Bic+Am 2,5”, “S-met+Am 2,5+3,0”, “(Hex+Diu)+Clo 1,5+1,3” e “Bic+Hex 0,5+0,8”. Os herbicidas já utilizados na região “S-met+Am 2,5+3,0”, “(Hex+Diu)+Clo 1,5+1,3” também se mostraram eficientes. E a mistura Bic+(Hex+Diu) 1,0+1,5” na maior dose de bicyclopyrone controlou as plantas daninhas de folha estreita.

No estudo da dinâmica do banco de sementes de plantas daninhas no solo, conclui-se que a estatística clássica juntamente com a geoestatística se completam. Pois, os tratamentos que indicaram melhor controle do banco de sementes analisados pelo teste t foram observados por meio dos mapas de infestação gerados, mostrando que o método do inverso do quadrado da distância é eficaz para a visualização da distribuição espacial das plantas daninhas, podendo auxiliar futuramente na tomada de decisão sobre que método de controle utilizar, bem como aplicar herbicida a taxa variável, e assim, contribuir para avanços na agricultura de precisão.

A análise geoestatística juntamente com o emprego do geoprocessamento foi possível a elaboração de mapas da variabilidade espacial de plantas daninhas por meio do seu banco de sementes no solo, assim como relacionar com os tratamentos realizados no experimento.

Utilizando o índice V de Wardle (1995), a fauna do solo obteve um comportamento diferenciado de acordo com as dosagens e os herbicidas aplicados. Quando foi aplicado apenas o herbicida bicyclopyrone nas três doses diferentes, a fauna do solo apresentou mais de 50% de inibição. Porém, quando em mistura, a fauna edáfica foi estimulada nas duas dosagens aplicadas ("Bic+Am 2,5" e "Bic+Am 3,5"). O mesmo comportamento foi observado na mistura "Bic+Hex 1,0+0,8" e "Bic+Hex 0,5+0,8". Para a mistura de herbicidas "Bic+(Hex+Diu) 1,0+1,5" foi observada estimulação da fauna do solo com cerca de 60%. Já na menor dose de bicyclopyrone ("Bic+(Hex+Diu) 0,5+1,5) houve mais de 60% de inibição, apresentando um resultado contraditório.

Contudo, utilizando apenas o herbicida bicyclopyrone, observou-se comportamento inibitório da fauna do solo, mas quando aplicado em mistura com outros herbicidas ele apresentou comportamento estimulante.

Os grupos da fauna do solo que foram estimulados foram Acarina, Araneae, Collembola e Formicidae, e os que foram inibidos foram Blattodea, Coleoptera (adulto), Coleoptera (larva), Diplopoda, Diptera (adulto), Diptera (larva), Isoptera, Oligochaeta, Paupoda, Protura e Psocoptera.

Pesquisas com a fauna do solo em função da aplicação de herbicidas devem ser estudadas, não só em um campo experimental onde diversos fatores edafoclimáticos estão envolvidos, mas também em laboratório em condições controladas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Assad, M. L. L. (1997) Fauna do solo. In: VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. (Eds.) *Biologia dos solos dos Cerrados*. Planaltina: EMBRAPA/CPAC, p. 363-444.
- Baio, F. H. R. (2001) Aplicação localizada de defensivos baseada na variabilidade espacial das plantas daninhas. Piracicaba, 2001. 113p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- Baretta, D.; Santos, J. C. P.; Mafra, A. L.; Wildner, L. P.; Miquelluti, D. J. (2003) Fauna edáfica avaliada por armadilhas de catação manual afetada pelo manejo do solo na região oeste catarinense. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v.2, p.97-106.
- Carbonari, C. A.; Velini, E. D.; Correa, M. R.; Negrisoli, E.; Rossi, C. V.; Oliveira, C. P. (2010) Efeitos de períodos de permanência de clomazone + hexazinona no solo e na palha de cana-de-açúcar antes da ocorrência de chuvas na eficácia de controle de plantas daninhas. *Planta Daninha*, v. 28, n. 1, p. 197-205.

- Cardoso, E. J. B. N. (1992) Ecologia microbiana do solo. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. (Coord.) *Microbiologia do solo*, Campinas: SBCS, p. 33-39.
- Christensen, S.; Heisel, T.; Benlloch, J.V. (1999) Patch spraying and rational weed mapping in cereals. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 4, 1998. Precision Agriculture: *Proceedings*. Madison: ASA; CSSA, SSSA, p. 773-785.
- Cividanes, F. J. (2002) Efeitos do sistema de plantio e da consorciação soja-milho sobre artrópodes capturados no solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, p.15-23.
- Colbach, N.; Forcella, F.; Johnson, G. A. (2000) Spatial and temporal stability of weed population over five years. *Weed Science*, v.48, n.3, p.366-377, May/June.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. (2010) Avaliação da Safra Agrícola de Cana-de-Açúcar. <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/344b55c90f6d37e3beca41418e5df0e5..pdf> em 10/10/2010.
- Correia, M. E. F.; Oliveira, L. C. M. (2000) *Fauna do solo: Aspectos Gerais e Metodológicos*. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 46p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 112).
- Curry, J. P.; Good, J. A. (1992) Soil fauna degradation and restoration. *Advances in Soil Science*, v. 17, p. 171-215.
- Freitas, S. P.; Oliveira, A. R.; Freitas, S. J.; Soares, L. M. S. (2004) Controle químico de *Rottboellia exaltata* em cana-de-açúcar. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 461-466.
- Galon, L; Ferreira, F. A.; Ferreira, E. A.; Silva, A. A.; Silva, A. F.; Aspiazú, I.; Concenção, G.; Fialho, C. M. T.; Santos, E. A.; Tironi, S. P.; Barbosa, M. H. P.

(2009) Seletividade de herbicidas a genótipos de cana-de-açúcar. *Planta Daninha*, v. 27, p. 1083-1093, Número Especial.

Gerhards, R.; Wyse-Pester, D. Y.; Mortensen, D. A. (1996) Spatial Stability of weed patches in agricultural fields, In: THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 3., Minneapolis, 1999. *Proceedings*, Wisconsin: ASA, CSSA, SSSA, p.495-504.

Gomes, F. P. (1985) *Curso de estatística experimental*. São Paulo: Nobel, 1985. 466p.

Gonçalves, A. C. A. (1997) Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo para fins de manejo da irrigação. Piracicaba, 1997. 118p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

Gonçalves, A. C. A.; Folegatti, M. V.; Vieira, S. R. (1999) Padrões de amostragem e intensidade de krigagem na caracterização do armazenamento de água no solo, em área irrigada por pivô central. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, v.23, p.485-495, jul/set.

Gotway, C. A.; Ferguson, R. B.; Hergert, G. W.; Peterson, T. A. (1996) Comparison of kriging and inverse-distance methods for mapping soil parameters. *Soil Science Society of America Journal*. Madison, v.60, p. 1237-1247.

Guerra, P. A. G. (1988) *Geoestatística operacional*. Brasília: Departamento Nacional da Produção Mineral, 145p.

Guzman, G.; Molina, M.; Sevilla, E. (2000) *Introducion a la agroecologia como desarrollo rural sostenible*. Ediciones MUNDI – PRENSA: Madri, 560.p

Heisel, T.; Christensen, S.; Walter, A.M. (1996) Weeds managing model for patch spraying in cereal. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 3, Minneapolis, 1996. Precision Agriculture: *Proceedings*. Madison: ASA; CSSA, SSSA, p. 999-1005.

Hopkin, S. P. (1997) *Biology of the Springtails (Insecta, Collembola)*. Oxford University Press, Oxford, p. 330.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. (2008) Produção Agrícola Municipal. www.sidra.ibge.gov.br em 16/08/2008.

Isaaks, E. H.; Srivastava, R. M. (1989) *An introduction to applied geostatistics*. New York: Oxford University Press, 561 p.

Johnson, G. A.; Mortensen, D. A.; Gotway, C. A. (1996) Spatial and temporal analysis of weed seedling populations using geostatistics. *Weed Science*, v.44, p.704-710.

Kuva, M. A.; Gravena, R.; Pitelli, R. A.; Christoffoleti, P. J.; Alves, P. L. C. A. (2003) Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. III- capim brachiaria (*Brachiaria decumbens*) e capim colonião (*Panicum maximum*). *Planta Daninha*, v. 21, n. 1, p. 37-44.

Kuva, M. A.; Gravena, R.; Pitelli, R. A.; Christoffoleti, P. J.; Alves, P. L. C. A. (2001) Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. II- capim brachiaria (*Brachiaria decumbens*). *Planta Daninha*, v. 19, n. 3, p.323-330.

Kuva, M. A.; Pitelli, R. A.; Christoffoleti, P. J.; Alves, P. L. C. A. (2000) Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. I – Tiririca. *Planta Daninha*, v. 18, n. 2, p. 241-251.

Laca-Buendia, J. P. (1982) Classificação dos herbicidas. In: *INFORME AGROPECUÁRIO*, n. 87. Belo Horizonte. p. 32-34.

Landim, P. M. B.; Sturaro, J. R. (2002) Krigagem Indicativa aplicada à elaboração de mapas probabilísticos de riscos. Geomatemática, Texto Didático 6, DGA, IGCE, UNESP/Rio Claro, 2002. Disponível em <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>. Acesso em: 16 abril.2002.

- Larink, O. (1997) Springtail and Mites: important knots in the food web of soil. In: BENCKISER, G. (Ed.). *Fauna in soil ecosystems: recycling processes, nutrient fluxes, and agricultural production*. New York: Marcel Dekker, p. 225-264.
- Lavelle, P. (1997) Faunal activities and soil processes: adaptative strategies that determine ecosystem function. *Advances in Ecological Research*, New York, v.27, p. 93-132.
- Lima, H. V.; Oliveira, T. S.; Oliveira, M. M.; Mendonça, E. S.; Lima, P. J. B. F. (2007) Indicadores de qualidade do solo em sistemas de cultivo orgânico e convencional no semi-árido Cearense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31:1085-1098.
- Lorenzi, H. (1988) *Plantas daninhas e seu controle na cultura da cana-de-açúcar*. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 4., 1988, Piracicaba: Anais... Piracicaba: COPERSUCAR, p. 281-301.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA (2008) Estatísticas. www.agricultura.gov.br em 16/08/2008.
- Moço, M. K. S.; Gama-Rodrigues, E. F.; Gama-Rodrigues, A. C.; Correia, M. E. F. (2005) Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte fluminense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, p.555-564.
- Moço, M. K. S.; Gama-Rodrigues, E. F.; Gama-Rodrigues, A. C.; Machado, R. C. R.; Baligar, V. C. (2009) Soil and litter fauna of cacao agroforestry systems in Bahia, Brazil. *Agroforest Syst*, v.76, p.127-138.
- Molin, J. P. (2001) *Agricultura de precisão: o gerenciamento da variabilidade*. Piracicaba: Edição do Autor, 83 p.
- Monquero, P. A.; Silva, P. V.; Binha, D. P.; Amaral, L. R.; Inacio, E. M.; Silva, A. C. (2009) Eficácia de herbicidas aplicados em diferentes épocas e espécies

daninhas em área de cana-de-açúcar colhida mecanicamente. *Planta Daninha*, v. 27, n. 2, p. 309-317.

Nordmeyer, H.; Häusler, A.; Niemann, P. (1997) Patchy weed control as na approach in precision farming. In: PRECISION AGRICULTURE, Warwick, 1997. *Proceedings...* Oxford: SCI, v.1, p.307-314.

Nuspl, S. J.; Rudolph, W. W.; Guthland, R. (1996) Use of injection for Site-specific Chemical Application. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 3., 1996, Minnesota. *Anais...* Madison: ASAE, p. 739-744.

Oliveira, M. F. (2001) Comportamento de herbicidas no ambiente. In: OLIVEIRA Jr., R. S.; CONSTANTIN, J. *Plantas daninhas e seu manejo*. Guaíba: Agropecuária, p. 315-362.

Oliveira, M. W.; Freire, F. M.; Macêdo, G. A. R.; Ferreira, J. J. (2007) Nutrição mineral e adubação da cana-de-açúcar. In: *INFORME AGROPECUÁRIO*, v. 28, n.239. Belo Horizonte. p. 30-43.

Oliveira, A. R.; Freitas, S. P. (2008) Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em áreas de produção de cana-de-açúcar. *Planta Daninha*, v.26, p.33-46.

Ortiz, G. C. (2002) *Aplicação de métodos geoestatístico para identificar a magnitude e a estrutura da variabilidade espacial de variáveis físicas do solo*. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2002. 75p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo.

Ortiz, J. L. (2003) *Emprego do geoprocessamento no estudo da relação entre potencial produtivo de um povoamento de eucalipto e atributos do solo e do relevo*. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2003. 205p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo.

- Paoletti, M. G.; Scweigl, U.; Favretto, M. R. (1995) Soil macroinvertebrates, heavy metals and organochlorines in low and high input apple orchards and a coppiced woodland. *Pedobiologia*. Jena, v.39, p. 20-33.
- Perrando, E. R. (2008) *Caracterização física e biológica do solo após aplicação de herbicidas em plantios de acácia-negra (Acacia mearnsii De Wild.) no rio grande do sul*. 2008. 93f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- Petersen, H., Luxton, M. A (1982) comparative analysis of soil fauna populations and their role in decomposition processes. *Oikos* 39, 288–388.
- Pitelli, R. A. (1985) Interferência das plantas daninhas em culturas agrícolas. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 11, n. 129, p. 16-27.
- Pizzo, I. V.; Azania, C. A. M.; Azania, A. A. P. M; Schiavetto, A. R. (2010) Seletividade e eficácia de controle de plantas daninhas pela associação entre óleo fúsel e herbicidas em cana-de-açúcar. *Planta Daninha*, v. 28, n. 2, p. 347-357.
- Ponge, J. F.; Arpin, P.; Sondag, F.; Delecour, F. (1997) Soil fauna and site assessment in beech stands of the Belgian Ardennes. *Canadian Journal of Forest Research* 27, 2053–2064.
- Ponge, J. F.; Bandyopadhyaya, I.; Marchetti, V. (2002) Interaction between humus form and herbicide toxicity to Collembola (Hexapoda). *Applied Soil Ecology*, 20:239-253.
- Procópio, S. O.; Silva, A. A.; Vargas, L. (2004) Manejo e controle de plantas daninhas em cana-de-açúcar. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. (Ed.). *Manual de manejo e controle de plantas daninhas*. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, p. 397-452.

- Procópio, S. O.; Silva, A. A.; Vargas, L.; Ferreira, F. A. (2003) *Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Suprema, 150 p.
- Reichardt, K; Vieira, S. R.; Libardi, P. L. (1986) Variabilidade espacial de solos e experimentação de campo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.10, n.1, p.1-6.
- Rodrigues, B. N.; Almeida, F. S. (2005) *Guia de herbicidas*. 5.ed. Londrina: 592p.
- Salminen, J.; Eriksson, I.; Haimi, J. (1996) Effects of Terbutylazine on Soil Fauna and Decomposition Processes. *Ecotoxicology Environmental Safety* 34, 184–189.
- Shiratsuchi, L. S.; Nicolai, M.; Cortucci, M.; Suguisawa, J. M.; Christoffoleti, P. J. (2002) Aplicação localizada de herbicida em soja utilizando mapas de banco de sementes e ferramentas da agricultura de precisão, *II Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos: Eficiência, Economia e Preservação da Saúde Humana e do Ambiente* pp. 1-5.
- Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para a Defesa Agrícola – SINDAG. (2009) <http://www.sindag.com.br> em 03/12/2009.
- Souza, I. F. (1985) Mecanismos de ação de herbicidas. In: *INFORME AGROPECUÁRIO*, n. 129. Belo Horizonte. p.28-31.
- Souza, L. S. (1992) *Variabilidade espacial do solo em sistemas de manejo*. Porto Alegre, 162p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Stork, N. E.; Eggleton, P. (1992) Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. *American Journal of Alternative Agriculture*. Greenbelt, v. 7 n. 1 e 2.
- Tangerino, G. T. (2009) *Sistemas de sensoriamento embarcado para uso em controle de aplicações de insumos agrícolas à taxa variável*. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2009. 125p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade de São Paulo.

- Teixeira, L. B.; Schubart, H. O. R. (1998) Mesofauna do solo em áreas de floresta e pastagem na Amazônia central. *Boletim de Pesquisa EMBRAPA CPATU*, n. 95, p. 1-16.
- Toledo, R. E. B.; Perim, L.; Negrisoli, E.; Corrêa, M. R.; Carbonari, C. A.; Rossi, C. V. S.; Velini, E. D. (2009) Eficácia do herbicida amicarbazone aplicado sobre a palha ou no solo no controle de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. *Planta Daninha*, v. 27, n. 2, p. 319-326.
- Trangmar, B. B.; Yost, R. S.; Wade, M. K.; Uehara, G.(1985) Applications of geostatistics to spatial studies of soil properties. *Advances in Agronomy*, v.38, p.45-94.
- Tschidell, M.; Ferreira, M. F. (2002) Introdução à agricultura de precisão: Conceitos e vantagens. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.32, n.1, p.159-163.
- Vieira, S. R. (2000) Geoestatística aplicada a agricultura de precisão. In: Borém, A.; Giúdice, M. P. del.; Queiroz, D. M. de; Mantovani, E. C.; Ferreira, L. R.; Valle, F. X. R. do; Gomide, R. L. (Ed.). *Agricultura de precisão*. Viçosa: UFV, 2000. cap.5, p.93-108.
- Wardle, D. (1995) Impacts of disturbance on detritus food webs in agro-ecosystems of contrasting tillage and weed management practices. *Advances Ecological Research*. New York, v. 26, p. 105-182
- Yang, C. C.; Prasher, S. O.; Landry, J. A. (1999) *Development of weed maps in corn fields for precision farming*. St. Joseph: ASAE, 16p.