

**ESTUDO DE SELEÇÃO DA COMUNIDADE INFESTANTE POR HERBICIDAS UTILIZANDO TÉCNICAS DE ANÁLISE MULTIVARIADA**

## STUDY OF SELECTION OF WEEDS COMMUNITY BY HERBICIDES USING MULTIVARIATE ANALYSIS TECHNIQUES

Diego Abduch Miranda<sup>a</sup>, Renata Thaysa da Silva Santos<sup>a\*</sup>, Allan Lopes Bacha<sup>a</sup>, Juliana de Souza Rodrigues<sup>b</sup>, Pedro Luis da Costa Aguiar Alves<sup>a</sup>, Marco Antonio Kuva<sup>c</sup><sup>a</sup>Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, Brasil. <sup>b</sup>Universidade da Geórgia, Geórgia, Estados Unidos da América. <sup>c</sup>Herbae Consultoria e Projetos Agrícolas, São Paulo, Brasil.

\*Autor correspondente:renata.thaysa@unesp.br.

**INFORMAÇÕES DO ARTIGO****Histórico do artigo:**

Recebido: 29 Agosto 2019.

Aceito: 11 Agosto 2020.

Publicado: 02 Outubro 2020.

**Palavras-chave/Keywords:**

Seleção de flora/ flora selection.

*Alternanthera tenella*/ *Alternanthera tenella*.*Commelina benghalensis*/ *Commelina benghalensis*.Análise de componentes principais/  
Principal Component Analysis.**Direito Autoral:** Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença Creative Commons, que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor e a fonte originais sejam creditados.**Citação deste artigo:**MIRANDA, D. A.; SANTOS, R. T. S.; BACHA, A. L.; RODRIGUES, J. S.; ALVES, P. L. C.A.; KUCA, M. A. Estudo de seleção da comunidade infestante por herbicidas utilizando técnicas de análise multivariada. *Revista Brasileira de Herbicidas*, v. 19, n. 2. 2020.**RESUMO**

Para a tomada de decisão sobre qual estratégia é melhor para manejo de plantas daninhas podem ser usadas ferramentas estatísticas, como análise multivariada, principalmente quando se dispõe de quantidade elevada de dados. Assim, objetivou-se avaliar a viabilidade da utilização da análise multivariada para estudos de seleção da flora de plantas daninhas em decorrência da aplicação de diferentes herbicidas. O experimento foi conduzido em campo, em delineamento experimental blocos ao acaso, com quatro repetições, e a área foi dividida em 32 parcelas com 3 x 5 metros de comprimento, com 8 parcelas por bloco. Os tratamentos experimentais foram: 1-glifosato; 2- 2,4D; 3- glifosato + 2,4D; 4- carfentrazone-ethyl; 5- glifosato + carfentrazone-ethyl; 6- haloxyfop-methyl; 7- cletodim; 8- glufosinato de amônio. Foram feitos os levantamentos da comunidade infestante em cada parcela antes da aplicação e aos 30 dias após a aplicação dos tratamentos. Os dados foram submetidos à análise de agrupamento e componentes principais. As espécies de plantas daninhas mais discriminantes foram *Alternanthera tenella* e *Commelina benghalensis*, seguidas das gramíneas *Panicum maximum*, *Cenchrus echinatus* e *Eleusine indica*. Os resultados da análise de agrupamento foram bastante similares àqueles obtidos pela análise dos componentes principais. As técnicas de estatística multivariada foram capazes de agrupar tratamentos químicos de acordo com a composição específica independentemente do índice fitossociológico considerado.

**ABSTRACT**

For decision making on which strategy is improve for weed management, statistical tools such as multivariate analysis. Especially with a large amount of data, can be used. The objective of this study was to evaluate the feasibility of the use of multivariate analysis for studies on the selection of weed flora as a result of the application of different herbicides. The experiment was in field, in randomized blocks, with four repetition, the area was divided into 32 plots with 3 x 5 meters in length with 8 plots per block. The experimental treatments were: 1-glyphosate, 2- 2,4D; 3-glyphosate + 2,4D; 4- carfentrazone-ethyl; 5- glyphosate + carfentrazone-ethyl; 6-haloxyfop-methyl; 7-clethodim; 8-ammonium glufosinate. The weed community was surveyed in each plot, before application and at 30 days after application of the treatments. The data were submitted to cluster analysis and main components. The most discriminating weed species were *Alternanthera tenella* and *Commelina benghalensis*, followed by the grasses *Panicum maximum*, *Cenchrus echinatus* and *Eleusine indica*. The results of cluster analysis were very similar to those obtained by principal component analysis. Multivariate statistical techniques were able to group chemical treatments according to specific composition regardless of the phytosociological index considered.

## 1. Introdução

A presença de plantas daninhas nas áreas agrícolas interfere negativamente na produtividade da cultura e na qualidade do produto final, e contribui para o aumento dos custos de produção (BANDEIRA et al., 2018). Um procedimento adotado na agricultura para o manejo das plantas daninhas é o levantamento fitossociológico da comunidade infestante, monitorando áreas dentro dos talhões sem aplicação de herbicidas (FERREIRA et al., 2011).

Os estudos da composição florística realizados na unidade de produção podem contribuir para melhor alocar os recursos para controle de plantas daninhas, por permitirem o conhecimento do grau de infestação, variabilidade de espécies na área e composição do banco de sementes do solo, o tamanho da área ocupada pelas plantas daninhas e o monitoramento de dos resultados obtidos (KUYVA et al., 2008). No entanto, os custos e a operacionalização desse processo devem ser baixos o suficiente para viabilizar essa implantação (FERREIRA et al., 2011).

Os estudos fitossociológicos são importantes, visto que possibilitam o acompanhamento da introdução de espécies que sejam tolerantes ou resistentes a determinados herbicidas, o que auxilia diretamente nas escolhas das estratégias de controle, principalmente no momento do surgimento destas espécies. Assim, é possível adotar práticas culturais que minimizem os danos causados pela interferência das plantas daninhas na cultura de interesse (BANDEIRA et al., 2018). Para a recomendação do manejo adequado destas plantas, é necessário a identificação das espécies presentes na área, bem como o conhecimento daquelas que têm maior índice do valor de importância (SILVA et al., 2018). O índice de valor de importância consiste em uma junção de informações sobre o número de indivíduos de uma população, uniformidade de indivíduos distribuídos em uma determinada área e a biomassa das plantas infestantes da área, portanto, este índice reflete a importância de uma população dentro da comunidade infestante (QUEIROZ et al., 2017).

Na estratégia de manejo de plantas daninhas em uma unidade produtiva, as maiores atenções devem estar voltadas para os grupos mais isolados, que se caracterizaram pela alta infestação por determinada espécie ou grupo de espécies. A adoção de estratégias de controle específico para cada um desses grupos poderá contribuir para deslocar, ao longo do tempo, os talhões para outros grupos cuja infestação de plantas daninhas é menor (FERREIRA et al., 2011).

O uso das ferramentas estatísticas, como análise multivariada, contribui para tomadas de decisões, sobretudo quando se tem uma grande quantidade de dados, de forma a aproveitar todas as informações. Em estudos realizados por Queiroz et al. (2017) e Salomão, Santana e Costa Neto

(2012), os autores relatam a importância da aplicação da análise multivariada para a análise fitossociológica, especialmente a análise de componentes principais. Assim, a necessidade de análise multivariada surge toda vez que o pesquisador tem vários atributos a serem analisados e necessita estudar simultaneamente suas relações (GAUCH JUNIOR, 1982). Desta forma, objetivou-se avaliar a viabilidade da utilização da análise multivariada para estudos de seleção de flora infestante de plantas daninhas em decorrência da aplicação de diferentes herbicidas.

## 2. Material e métodos

O experimento foi realizado em área da fazenda experimental no município de Jaboticabal, São Paulo. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Escuro, distrófico, de textura média (EMBRAPA, 2013). Segundo a classificação de Köppen (1936), o clima da região é caracterizado como Aw, definido como tropical úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno, com temperatura média anual de 22,2 °C. A área de estudo foi mantida em pousio durante os seis meses que antecederam o início do experimento no campo. Neste período, a comunidade de plantas daninhas se estabeleceu livremente, sem intervenções químicas ou mecânicas.

A área do experimento foi dividida demarcando-se 32 parcelas com 3 metros de largura e 5 metros de comprimento dispostos em blocos ao acaso, sendo quatro repetições, com 8 parcelas por bloco. Os tratamentos experimentais empregados nas diferentes parcelas consistiram de tratamentos químicos, com herbicidas isolados ou em associações duplas, conforme Tabela 1. Esses tratamentos foram estabelecidos para proporcionar controle diferencial da comunidade infestante e seleção de flora com apenas uma intervenção. Para a aplicação dos tratamentos foi utilizado um pulverizador de pesquisa pressurizado por CO<sub>2</sub>, com uma barra com suporte para quatro pontas de pulverização espaçadas a 0,5 m entre si, operando em pressão constante de 280 kPa, ponta de pulverização TT 11015, com gotas classificadas como média e volume de aplicação de 150 L ha<sup>-1</sup>.

Antes da aplicação dos tratamentos e aos 30 dias após a aplicação dos tratamentos químicos foi realizado levantamento da composição da comunidade infestante em cada uma das parcelas, arremessando-se dois quadros metálicos de 0,5 x 0,5 m, totalizando uma área de 0,25 m<sup>2</sup> por parcela. As espécies contidas dentro dos limites do quadrado foram identificadas, contadas e recolhidas para determinação da massa seca em laboratório, após a secagem por 72 horas em estufa com circulação forçada de ar ajustada na temperatura de 75 °C. A pesagem do material seco foi realizada em balança com precisão de centigramas.

**Tabela 1.** Herbicidas e doses utilizadas na composição dos tratamentos químicos utilizados no experimento.

Tratamentos	Descrição dos tratamentos		
	Herbicidas	Doses (g p.c./ha)	Dose (g i.a. ou e.a./ha)
1	glifosato <sup>1</sup>	2000	1440
2	2,4D <sup>2</sup>	1500	1005
3	glifosato + 2,4D	2000 + 800	1440 + 536
4	carfentrazone-ethyl <sup>3</sup>	75	30
5	glifosato + carfentrazone-ethyl	2000 + 75	1440 + 30
6	Haloxypop-methyl <sup>4</sup>	1000	120
7	cletodin <sup>5</sup>	800	192
8	glufosinato de amônio <sup>6</sup>	1500	300

<sup>1</sup>Roundup® WG; <sup>2</sup>Aminol®; <sup>3</sup>Aurora®; <sup>4</sup>Verdict® R; <sup>5</sup>Select®; <sup>6</sup>Finale®.

Os dados de densidade, massa seca específica e frequência de ocorrência foram utilizados para determinação dos índices fitossociológicos das espécies: densidade relativa (DeR), dominância relativa (DoR) e índice de valor de importância (IVI) conforme Mueller-Dombois e Ellenberg (1974). Esses índices fitossociológicos, por sua vez, foram utilizados como variáveis nas técnicas de análise multivariada. Antes do processamento dessas análises foi realizada uma redução no número de variáveis eliminando-se da análise espécies cujos valores de densidade relativa, dominância relativa ou índice de valor de importância foram inferiores a 2%. As técnicas utilizadas neste trabalho foram a análise de agrupamento e componentes principais, descritas por Hair et al. (2005).

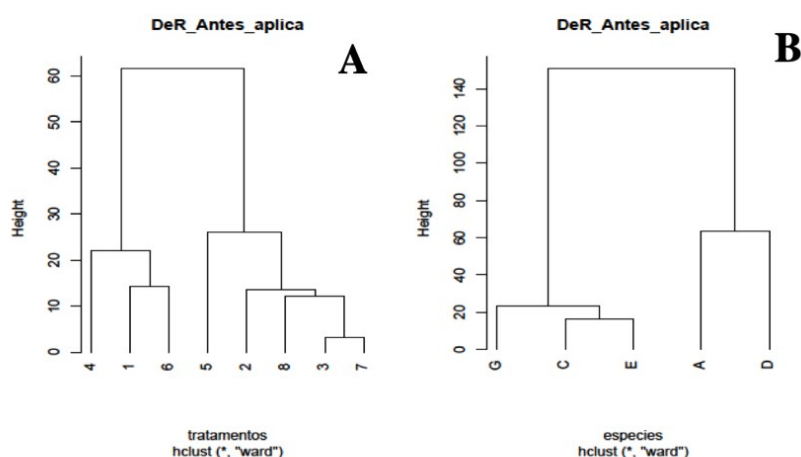
Nas análises de agrupamento por método hierárquico, realizou-se a padronização dos dados. Posteriormente, foi usada a distância euclidiana como coeficiente de semelhança, e o método de agrupamento “Single linkage”,

para verificar a menor distância entre os grupos. A Análise de Componentes Principais (*Principal Component Analysis* - PCA) é uma técnica entendida como um método de transformações de variáveis, assim, cada componente é uma combinação linear das variáveis originais (HAIR et al., 2005). A análise foi processada no programa Statistica 7.0 (StatSoft. Inc., Tulsa, OK, USA).

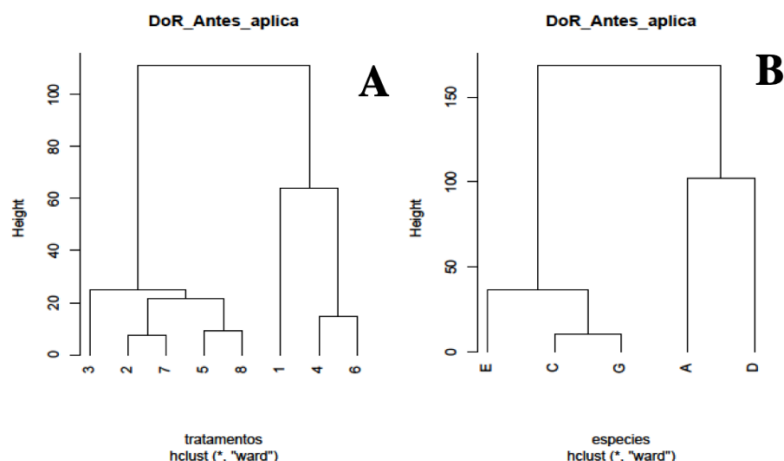
### 3. Resultados e discussão

#### *Antes da aplicação dos tratamentos químicos*

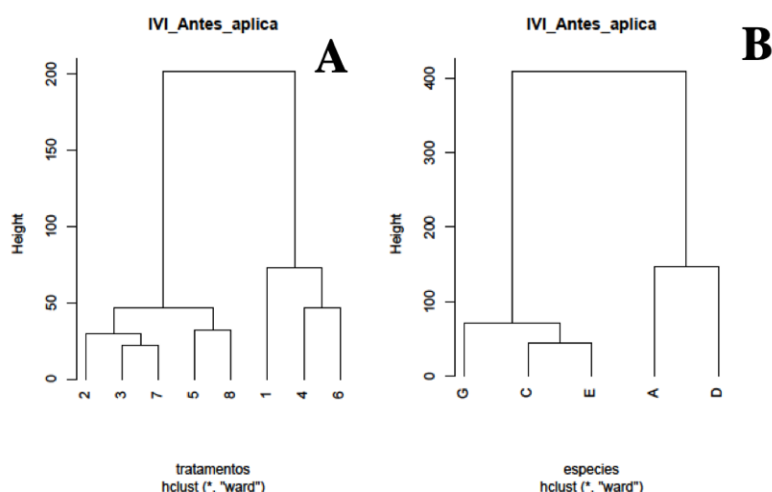
Antes da aplicação dos tratamentos químicos verificou-se que a distribuição hierárquica obtida com dados de densidade relativa (DeR), dominância relativa (DoR) e índice de valor de importância (IVI) obedeceram um mesmo padrão de distribuição, conforme figuras 1, 2 e 3, respectivamente.



**Figura 1.** Dendrogramas resultante da análise de agrupamento realizado com dados de densidade relativa das espécies antes da aplicação dos tratamentos químicos. (A) – agrupamento por tratamento; (B) agrupamento por espécies. A – *A. tenella*; C – *C. echinatus*; D – *C. benghalensis*; E – *E. indica*; G – *I. quamoclit*.



**Figura 2.** Dendrogramas resultante da análise de agrupamento realizado com dados de dominância relativa das espécies antes da aplicação dos tratamentos químicos. (A) – agrupamento por tratamento; (B) agrupamento por espécies. A – *A. tenella*; C – *C. echinatus*; D – *C. benghalensis*; E – *E. indica*; G – *I. quamoclit*.



**Figura 3.** Dendrogramas resultante da análise de agrupamento realizado com dados de índice de valor de importância (IVI) das espécies antes da aplicação dos tratamentos químicos. (A) – agrupamento por tratamento; (B) agrupamento por espécies. A – *A. tenella*; C – *C. echinatus*; D – *C. benghalensis*; E – *E. indica*; G – *I. quamoclit*.

No agrupamento por tratamento químico, mesmo antes da aplicação, sempre se verificou uma organização hierárquica contendo dois diferentes grupos. Independentemente do índice fitossociológico considerado, o primeiro grupo foi composto pelas parcelas que seriam destinadas ao glifosato, carfentrazone-ethyl e haloxyfop-methyl, ao passo que o segundo grupo foi composto pelas parcelas que seriam destinadas ao 2,4-D, glifosato + 2,4-D,

glifosato + carfentrazone-ethyl, cletodin e glufosinato de amônio. Pelas Tabelas 2, 3 e 4 é possível verificar que as parcelas do primeiro grupo apresentaram as menores participações de *Commelina benghalensis* (D) e as maiores de *Alternanthera tenella* (A), quando comparado às parcelas do segundo grupo, cuja proporção foi invertida, ou seja, maiores participações de *C. benghalensis* (D) e menores de *A. tenella* (A).

**Tabela 2.** Valores médios de densidade relativa das espécies de plantas daninhas antes da aplicação dos tratamentos químicos.

Descrição dos tratamentos		A	C	D	E	G
Nº	Herbicidas					
1	glifosato <sup>1</sup>	36,36	7,79	35,06	1,30	3,90
2	2,4-D <sup>2</sup>	18,00	8,00	45,00	10,00	0,00
3	glifosato + 2,4-D	28,85	6,73	45,19	9,62	1,92
4	carfentrazone-ethyl <sup>3</sup>	27,35	20,51	24,79	15,38	3,42
5	glifosato + carfentrazone-ethyl	18,85	4,10	63,93	7,38	1,64
6	Haloxypop-methyl <sup>4</sup>	38,64	14,77	25,00	5,68	9,09
7	cletodin <sup>5</sup>	28,99	8,70	44,93	7,25	1,45
8	glufosinato de amônio <sup>6</sup>	25,26	0,00	49,47	9,47	3,16

A – *A. tenella*; C – *C. echinatus*; D – *C. benghalensis*; E – *E. indica*; G – *I. quamoclit*.

**Tabela 3.** Valores médios de dominância relativa das espécies de plantas daninhas antes da aplicação dos tratamentos químicos.

Descrição dos tratamentos		A	C	D	E	G
Nº	Herbicidas					
1	glifosato <sup>1</sup>	87,37	4,80	0,00	0,00	0,00
2	2,4D <sup>2</sup>	25,71	4,92	47,66	14,76	0,00
3	glifosato + 2,4D	37,18	1,07	34,66	19,91	1,81
4	carfentrazone-ethyl <sup>3</sup>	42,64	9,90	12,87	24,08	6,30
5	glifosato + carfentrazone-ethyl	34,08	2,99	51,61	2,36	5,87
6	Haloxypop-methyl <sup>4</sup>	43,49	10,65	14,81	12,37	14,88
7	cletodin <sup>5</sup>	31,93	1,94	49,69	12,50	1,20
8	glufosinato de amônio <sup>6</sup>	35,05	0,00	43,04	1,92	4,96

A – *A. tenella*; C – *C. echinatus*; D – *C. benghalensis*; E – *E. indica*; G – *I. quamoclit*.

**Tabela 4.** Valores médios de índice de valor de importância (IVI) das espécies de plantas daninhas antes da aplicação dos tratamentos químicos.

Descrição dos tratamentos		A	C	D	E	G
Nº	Herbicidas					
1	glifosato <sup>1</sup>	145,16	23,31	56,49	4,87	11,04
2	2,4-D <sup>2</sup>	65,14	26,63	119,66	39,05	0,00
3	glifosato + 2,4-D	89,36	17,80	103,18	42,86	10,40
4	carfentrazone-ethyl <sup>3</sup>	94,13	51,10	51,44	56,70	13,17
5	glifosato + carfentrazone-ethyl	77,94	19,59	144,71	22,24	11,67
6	Haloxypop-methyl <sup>4</sup>	108,21	38,46	61,55	26,75	41,36
7	cletodin <sup>5</sup>	88,18	24,27	121,89	33,39	7,20
8	glufosinato de amônio <sup>6</sup>	84,12	0,00	121,08	20,92	17,64

A – *A. tenella*; C – *C. echinatus*; D – *C. benghalensis*; E – *E. indica*; G – *I. quamoclit*.

O padrão de distribuição espacial das plantas daninhas nas áreas de cultivo é caracterizado pela frequência e proximidade de ocorrência dentro da unidade amostral (MEIRA JUNIOR et al., 2017). As outras espécies tiveram pouca participação na diferenciação destes dois grandes grupos. É possível verificar, ainda, que a distância entre os grupos foi da ordem de 60, 110 e 200 considerando como variáveis a densidade relativa (Figura 1), a dominância relativa (Figura 2) ou o índice de valor de importância (Figura 3), respectivamente.

As plantas daninhas apresentam distribuição não uniforme nas áreas, sendo mais comum apresentar distribuições populacionais agregadas, com diferentes índices de agregação, assim, a visualização da distribuição espacial na área das plantas daninhas possibilita o manejo localizado (KUYA et al., 2007; PAZINI et al., 2015). Essa variação na participação das espécies nas diferentes parcelas pode ser considerada normal e não limitante para o estudo de seleção de plantas daninhas por herbicidas.

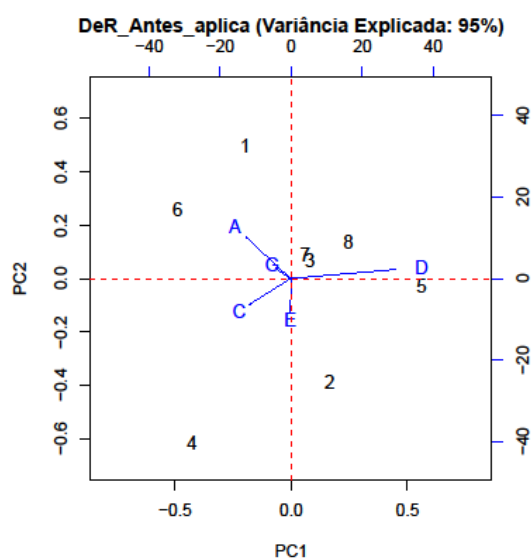
Em relação ao agrupamento das principais espécies

de plantas daninhas também se verificou uma organização hierárquica com dois grandes grupos, seja para densidade relativa (Figura 1), dominância relativa (Figura 2) ou índice de valor de importância (Figura 3). Independentemente do índice fitossociológico considerado, de um lado, situaram-se as espécies A (*Alternanthera tenella*) e D (*Commelina benghalensis*), cuja participação sempre foi elevada, destacando-se em relação às demais espécies; e do outro, as espécies C (*Cenchrus echinatus*), E (*Eleusine indica*) e G (*Ipomoea quamoclit*) que formaram o segundo grupo (Tabelas 2, 3 e 4). As distâncias que separaram os grupos foram da ordem de 150 para densidade relativa, 170 para dominância relativa e 400 para índice de valor de importância.

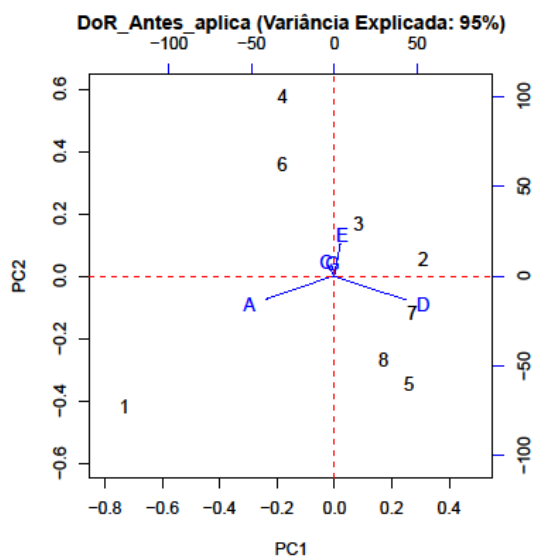
As espécies *C. benghalensis* e *A. tenella* foram as mais importantes no estudo, pois foram as plantas daninhas de maior frequência, possivelmente devido às características de rusticidade e adaptabilidade das duas plantas. A *Commelina benghalensis* possui uma enorme capacidade reprodutiva mesmo em situações de restrições nutricionais e mudanças no fotoperíodo, facilitando sua ocupação na área. *A. tenella* apresenta enorme capacidade de adaptação podendo sobreviver em áreas restritas, devido sua capacidade de tolerar minerais tóxicos a outras plantas, além de apresentar alta taxa de germinação independente da temperatura e luminosidade (RIAR et al., 2016; RODRIGUES et al., 2017; CANOSSA et al., 2008).

A distribuição dos grupos por tratamento químico e por espécies de planta daninha e a correlação entre elas pode ser melhor visualizada e interpretada pela distribuição gráfica utilizando os dois componentes principais (Figuras 4, 5 e 6), que foram capazes de reter 95% das informações relevantes, quando consideradas como variáveis a densidade relativa ou a dominância relativa, e 92% quando considerado o índice de valor de importância. Independentemente do índice fitossociológico considerado, as espécies de plantas daninhas mais periféricas e consequentemente mais discriminantes foram *Commelina benghalensis* (D) e *Alternanthera tenella* (A), respectivamente.

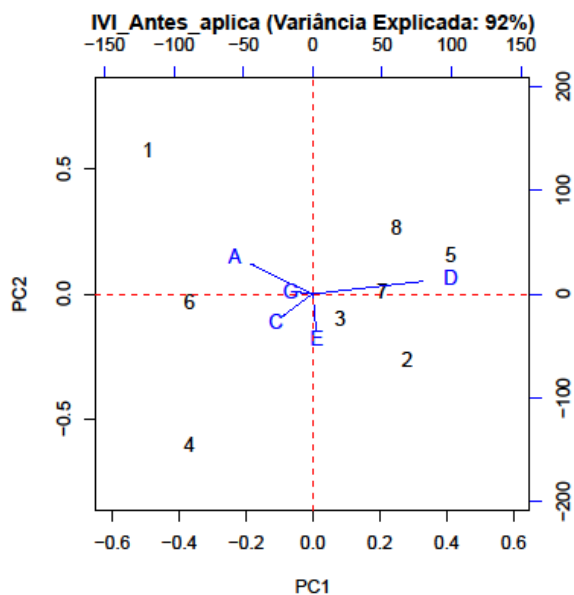
A área mostrou-se uniforme, mas algumas tendências foram observadas antes da aplicação dos tratamentos químicos. Considerando a densidade relativa das espécies (Figura 4) observou-se que a espécie D (*C. benghalensis*) já se destacava nas parcelas destinadas ao glifosato + carfentrazone-ethyl e que a espécie A (*Alternanthera tenella*) já se destacava nas parcelas destinadas aos herbicidas haloxyfop-methy e glifosato. Baseando-se na dominância relativa das espécies (Figura 5), verificou-se maiores participações da espécie D (*Commelina benghalensis*) nas parcelas destinadas aos produtos cletodín, 2,4-D, glufosinato de amônio e glifosato + carfentrazone-ethyl e da espécie A (*A. tenella*) nas parcelas destinadas ao glifosato.



**Figura 4.** Dispersão gráfica das espécies de plantas daninhas e tratamentos químicos utilizando os dois primeiros componentes principais (PC1 e PC2) considerando a densidade relativa das principais espécies antes da aplicação dos tratamentos químicos. Os tratamentos: 1- glifosato; 2- 2,4D; 3- glifosato + 2,4D; 4- carfentrazone-ethyl; 5- glifosato + carfentrazone-ethyl; 6- haloxyfop-methyl; 7- Cletodín; 8- glufosinato de amônio. As espécies: A – *A. tenella*; C – *C. echinatus*; D – *C. benghalensis*; E – *E. indica*; G – *I. quamoclit*.



**Figura 5.** Dispersão gráfica das espécies de plantas daninhas e tratamentos químicos utilizando os dois primeiros componentes principais (PC1 e PC2) considerando a dominância relativa das principais espécies antes da aplicação dos tratamentos químicos. Os tratamentos: 1- glifosato; 2- 2,4D; 3- glifosato + 2,4D; 4- carfentrazone-ethyl; 5- glifosato + carfentrazone-ethyl; 6- haloxyfop-methyl; 7- Cletodin; 8- glufosinato de amônio. As espécies: A – *A. tenella*; C – *C. echinatus*; D – *C. benghalensis*; E – *E. indica*; G – *I. quamoclit*.



**Figura 6.** Dispersão gráfica das espécies de plantas daninhas e tratamentos químicos utilizando os dois primeiros componentes principais (PC1 e PC2) considerando o índice de valor de importância (IVI) das principais espécies antes da aplicação dos tratamentos. Os tratamentos: 1- glifosato; 2- 2,4D; 3- glifosato + 2,4D; 4- carfentrazone-ethyl; 5- glifosato + carfentrazone-ethyl; 6- haloxyfop-methyl; 7- Cletodin; 8- glufosinato de amônio. As espécies: A – *A. tenella*; C – *C. echinatus*; D – *C. benghalensis*; E – *E. indica*; G – *I. quamoclit*.

Por fim, considerando o índice de valor de importância das espécies (Figura 6), verificou-se maiores participações da espécie D (*Commelina benghalensis*) nas parcelas destinadas ao glifosato + carfentrazone-ethyl, glufosinato de amônio, cletodin e 2,4-D, e da espécie A (*A. tenella*) nas parcelas destinadas aos herbicidas glifosato, haloxyfop-methyl e carfentrazone-ethyl.

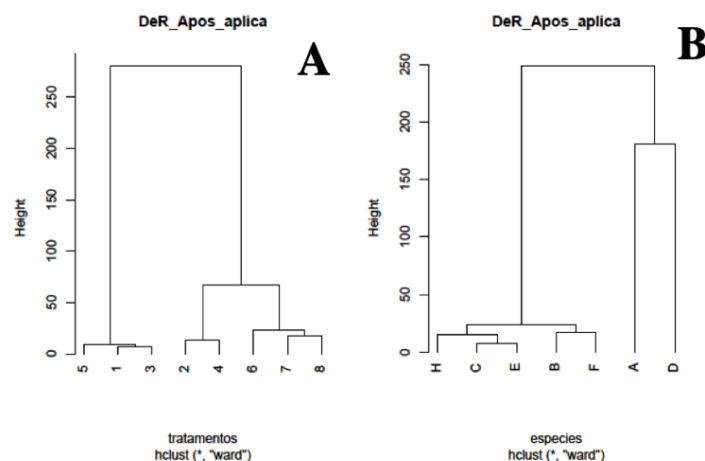
#### *Após a aplicação dos tratamentos químicos*

Após trinta dias da aplicação dos herbicidas houve algumas alterações na organização hierárquica (Figuras 7, 8 e 9). Quando o agrupamento foi realizado por herbicida, invariavelmente se obteve dois grandes grupos com componentes fixos, independentemente do critério adotado para agrupamento (densidade relativa, dominância relativa

ou índice de valor de importância). A distância de separação dos grupos foi de aproximadamente 275 para densidade relativa, 320 para dominância relativa e de 780 para índice de valor de importância.

O primeiro grupo foi formado pelos herbicidas glifosato, glifosato + 2,4-D e glifosato + carfentrazone-

ethyl, e caracterizou-se pelas maiores participações de *C. benghalensis* (D), e menores de *A. tenella* (A) na densidade relativa (Figura 7 e Tabela 5), dominância relativa (Figura 8 e Tabela 6) e no índice de valor de importância (Figura 9 e Tabela 7).

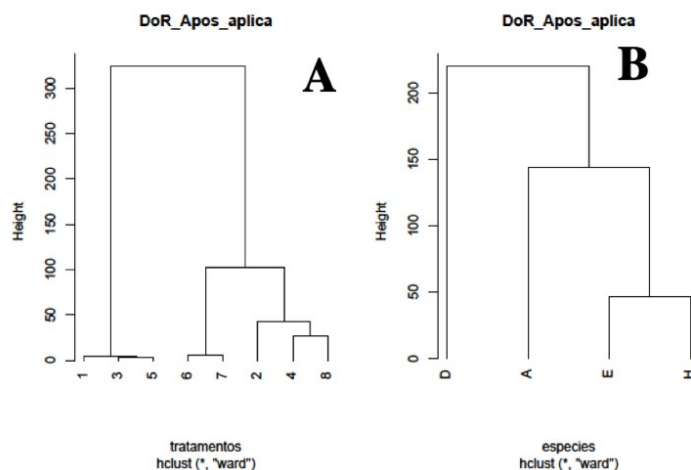


**Figura 7.** Dendrogramas resultante da análise de agrupamento realizado com dados de densidade relativa das espécies aos trinta dias após a aplicação dos tratamentos químicos. (A) – agrupamento por tratamento; (B) agrupamento por espécies. A – *A. tenella*; B – *B. pilosa*; C – *C. echinatus*; D – *C. benghalensis*; E – *E. indica*; F – *E. sonchifolia*; H – *P. maximum*.

**Tabela 5.** Valores médios de densidade relativa das espécies de plantas daninhas aos trinta dias após a aplicação dos tratamentos químicos.

Descrição dos tratamentos		A	B	C	D	E	F	H
Nº	Herbicidas							
1	glifosato	0,00	2,56	0,00	87,18	2,56	0,00	0,00
2	2,4-D	39,66	0,00	12,07	25,86	10,34	3,45	1,72
3	glifosato + 2,4-D	0,00	0,00	0,00	87,88	3,03	6,06	3,03
4	carfentrazone-ethyl	41,27	0,00	6,35	36,51	7,94	0,00	6,35
5	glifosato + carfentrazone-ethyl	0,00	8,33	0,00	86,11	0,00	5,56	0,00
6	Haloxifop-methyl	67,19	9,38	0,00	20,31	0,00	0,00	0,00
7	cletodin	73,68	0,00	0,00	7,02	3,51	10,53	0,00
8	glufosinato de amônio	63,27	0,00	2,04	6,12	6,12	4,08	12,24

A – *A. tenella*; B – *B. pilosa*; C – *C. echinatus*; D – *C. benghalensis*; E – *E. indica*; F – *E. sonchifolia*; H – *P. maximum*.



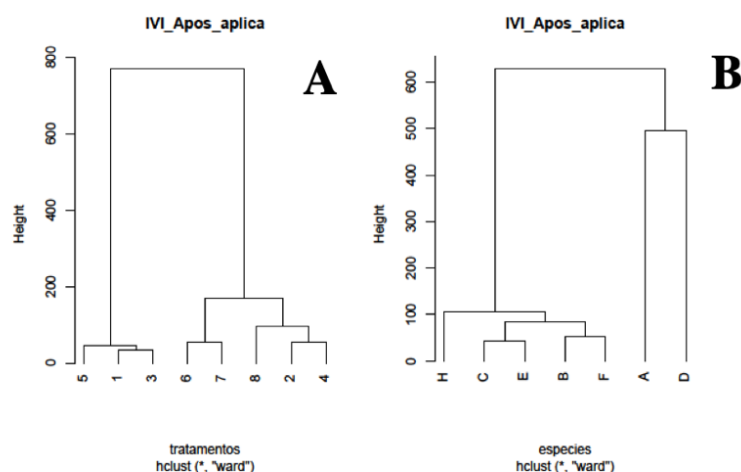
**Figura 8.** Dendrogramas resultante da análise de agrupamento realizado com dados de dominância relativa das espécies aos trinta dias após a aplicação dos tratamentos químicos. (A) – agrupamento por tratamento; (B) agrupamento por espécies. A – *A. tenella*; B – *B. pilosa*; C – *C. echinatus*; D – *C. benghalensis*; E – *E. indica*; F – *E. sonchifolia*; H – *P. maximum*.



**Tabela 6.** Valores médios de dominância relativa das espécies de plantas daninhas aos trinta dias após a aplicação dos tratamentos químicos.

Descrição dos tratamentos		A	D	E	H
Nº	Herbicidas				
1	glifosato	0,00	98,67	0,64	0,00
2	2,4-D	32,97	17,62	29,51	8,60
3	glifosato + 2,4-D	0,00	95,83	2,53	0,92
4	carfentrazone-ethyl	32,78	11,84	18,15	35,69
5	glifosato + carfentrazone-ethyl	0,00	93,61	0,00	0,00
6	Haloxypop-methyl	80,51	17,86	0,00	0,00
7	cletodin	79,39	12,46	2,35	0,00
8	glufosinato de amônio	52,07	4,51	1,40	39,05

A – *A. tenella*; D – *C. benghalensis*; E – *E. indica*; H – *P. maximum*.

**Figura 9.** Dendrogramas resultante da análise de agrupamento realizado com dados de índice de valor de importância das espécies aos trinta dias após a aplicação dos tratamentos químicos. (A) – agrupamento por tratamento; (B) agrupamento por espécies. A – *A. tenella*; B – *B. pilosa*; C – *C. echinatus*; D – *C. benghalensis*; E – *E. indica*; F – *E. sonchifolia*; H – *P. maximum*.**Tabela 7.** Valores médios de índice de valor de importância das espécies de plantas daninhas aos trinta dias após a aplicação dos tratamentos químicos.

Descrição dos tratamentos		A	B	C	D	E	F	H
Nº	Herbicidas							
1	glifosato	0,00	11,77	0,00	249,49	12,30	0,00	0,00
2	2,4-D	104,21	0,00	31,04	54,01	55,64	10,93	15,59
3	glifosato + 2,4-D	0,00	0,00	0,00	243,71	15,56	26,78	13,95
4	carfentrazone-ethyl	109,34	0,00	13,36	71,88	37,85	0,00	59,69
5	glifosato + carfentrazone-ethyl	0,00	34,15	0,00	235,27	0,00	30,57	0,00
6	Haloxypop-methyl	197,69	16,63	0,00	66,74	0,00	0,00	0,00
7	cletodin	200,13	0,00	0,00	31,24	17,62	33,36	0,00
8	glufosinato de amônio	155,33	0,00	7,24	20,63	12,52	16,11	71,30

A – *A. tenella*; B – *B. pilosa*; C – *C. echinatus*; D – *C. benghalensis*; E – *E. indica*; F – *E. sonchifolia*; H – *P. maximum*.

No segundo grupo, composto por 2,4-D, carfentrazone-ethyl, haloxypop-methyl, cletodin e glufosinato de amônio, o inverso foi observado, ou seja, maiores participações de *A. tenella* (A) e menores de *C.*

*benghalensis* (D) (Figura 7). Para os resultados de densidade relativa, dominância relativa e índice de valor de importância, dentro deste segundo grupo, houve a divisão em dois sub-grupos, cuja separação foi governada pela

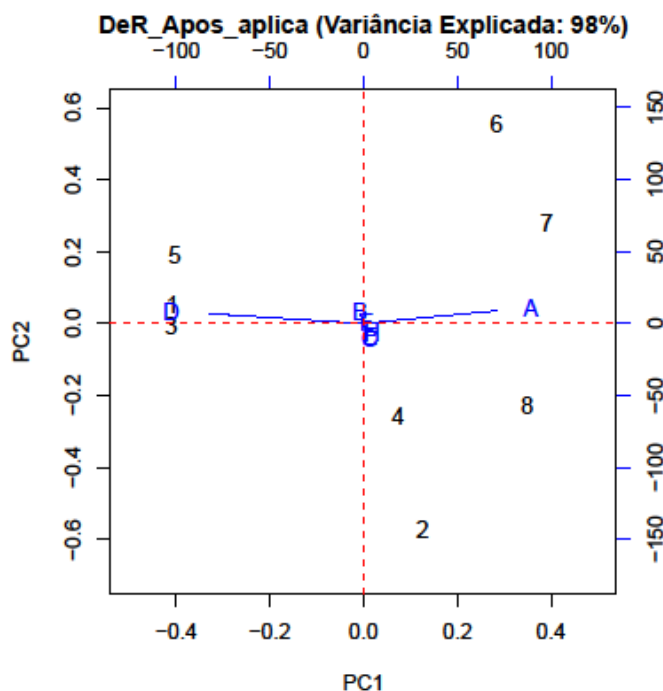
maior ou menor participação de plantas daninhas da família Poaceae (Figuras 8 e 9). De um lado os herbicidas haloxyfop-methyl e cletodin, e de outro, os herbicidas 2,4-D, carfentrazone-ethyl e glufosinato de amônio.

Quando o agrupamento foi realizado por espécie de planta daninha e o critério de agrupamento foi densidade relativa (Figura 7 e Tabela 5) ou índice de valor de importância (Figura 9 e Tabela 6), observou-se uma organização hierárquica com dois grandes grupos. O primeiro composto pelas espécies A (*A. tenella*) e D (*C. benghalensis*), as quais apresentaram os valores mais elevados, e o outro com as espécies F (*E. sonchifolia*), B (*B. pilosa*), E (*E. indica*), C (*C. echinatus*) e H (*P. maximum*), que apresentaram os menores valores. Quando o critério foi dominância relativa, houve somente quatro espécies mais importantes e a organização hierárquica indicou que a espécie D (*C. benghalensis*) apresentou ocorrência mais ampla, seguido da espécie A (*A. tenella*), E (*E. indica*) e H (*P. maximum*) (Figura 8B).

A distribuição gráfica utilizando os dois componentes principais obtidos pela análise dos dados de densidade relativa, dominância relativa e índice de valor de

importância, são representadas pelas Figuras 10, 11 e 12, respectivamente, e retiveram 98%, 96% e 96% das informações relevantes. As espécies que mais influenciaram na organização dos grupos de tratamentos químicos foram A (*A. tenella*) e D (*C. benghalensis*), que ocuparam posições mais periféricas, independentemente do índice fitossociológico considerado. Em trabalho sobre a cobertura de inverno, Werlang et al. (2018) observaram que a espécie *C. benghalensis* foi uma das espécies que apresentou maior frequência.

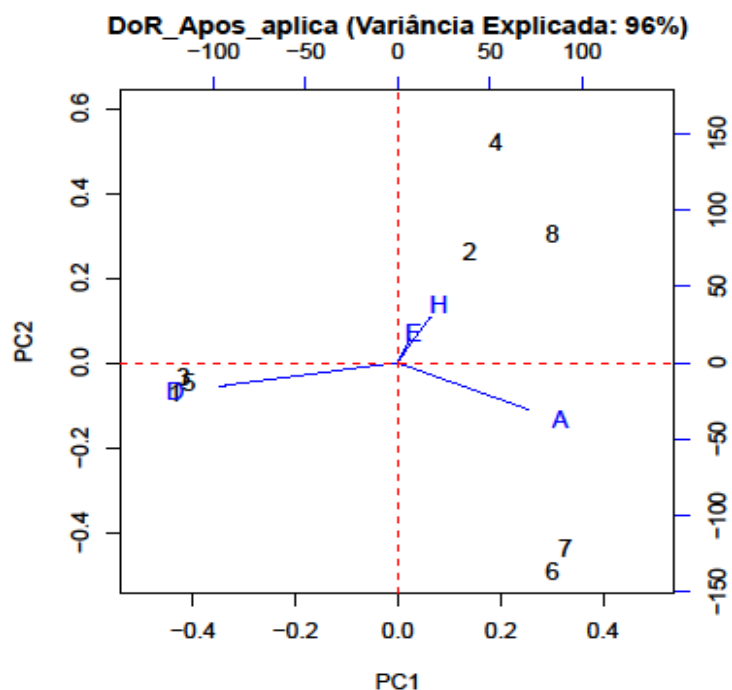
Observando a correlação entre tratamentos químicos e plantas daninhas, observou-se que a espécie D (*C. benghalensis*) teve participação destacada com os herbicidas glifosato, glifosato + 2,4-D e glifosato + carfentrazone-ethyl, seja considerando a densidade relativa (Figura 10), dominância relativa (Figura 11) ou índice de valor de importância (Figura 12). Observou-se que a espécie A (*A. tenella*) teve maior participação nos herbicidas cletodin, haloxyfop-methyl, glufosinato de amônio, carfentrazone-ethyl e 2,4-D, com destaque para os dois primeiros, quando utilizado a densidade relativa como critério de agrupamento (Figura 10).



**Figura 10.** Dispersão gráfica das espécies de plantas daninhas e tratamentos químicos utilizando os dois primeiros componentes principais (PC1 e PC2) considerando a densidade relativa das principais espécies aos trinta dias após a aplicação dos tratamentos. Os tratamentos: 1- glifosato; 2- 2,4D; 3- glifosato + 2,4D; 4- carfentrazone-ethyl; 5- glifosato + carfentrazone-ethyl; 6- haloxyfop-methyl; 7- Cletodin; 8- glufosinato de amônio. As espécies: A – *A. tenella*; B – *B. pilosa*; C – *C. echinatus*; D – *C. benghalensis*; E – *E. indica*; F – *E. sonchifolia*; H – *P. maximum*.

Distribuição semelhante foi observada quando foi considerada a dominância relativa (Figura 11) ou o índice de valor de importância (Figura 12). As demais espécies ocuparam posições muito próximas ao centro e contribuíram

menos na distribuição dos tratamentos, porém, é possível observar a maior presença das Poaceas: C (*C. echinatus*), E (*Eleusine indica*) e H (*P. maximum*) associadas aos 2,4-D, carfentrazone-ethyl e glufosinato de amônio.



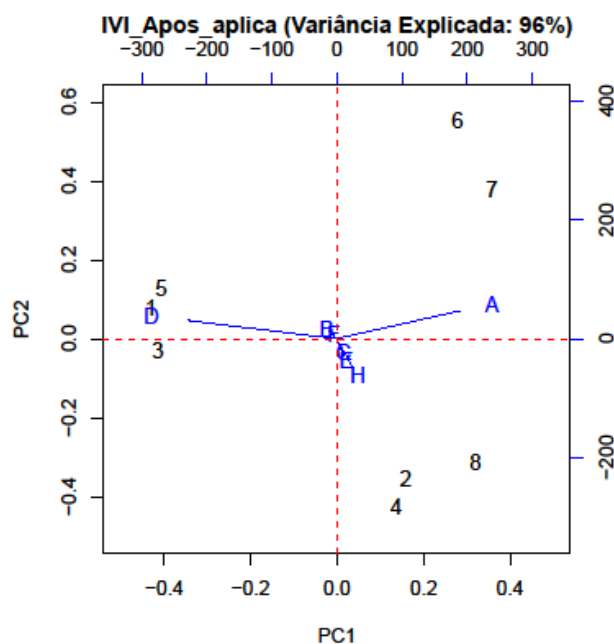
**Figura 11.** Dispersão gráfica das espécies de plantas daninhas e tratamentos químicos utilizando os dois primeiros componentes principais (PC1 e PC2) considerando a dominância relativa das principais espécies aos trinta dias após a aplicação dos tratamentos. Os tratamentos: 1- glifosato; 2- 2,4D; 3- glifosato + 2,4D; 4- carfentrazone-ethyl; 5- glifosato + carfentrazone-ethyl; 6- haloxyfop-methyl; 7- Cletodin; 8- glufosinato de amônio. As espécies: A – *A. tenella*; B – *B. pilosa*; C – *C. echinatus*; D – *C. benghalensis*; E – *E. indica*; F – *E. sonchifolia*; H – *P. maximum*.

A presença de glifosato nos tratamentos 1, 3 e 5, que compuseram o primeiro grupo, proporcionou eliminação total da população de *A. tenella*. Nas parcelas tratadas com esses herbicidas destacou-se a presença de *C. benghalensis*, uma espécie tolerante ao glifosato, conforme relatado por Rocha, Rodella e Martins (2007). Em áreas em que o glifosato tem sido utilizado continuamente tem ocorrido escape de trapoeira (*Commelina* spp.), sendo necessário o uso de outros herbicidas. Por isso, tem sido adotado a prática de mistura em tanque, sendo comum a mistura de glifosato com 2,4-D. A diversidade de herbicidas no manejo de plantas daninhas colabora para diminuir a seleção de plantas resistentes (MONQUERO; CHRISTOFFOLETI, 2001).

A mistura de carfentrazone-ethyl com glifosato proporcionou a redução da flora existente, ou seja, diminui a diversidade de plantas, resultando no controle químico satisfatório (Figura 12). Agostinetto et al. (2016) observaram que houve um aumento na eficácia de controle de *Ipomoea hederifolia* com mistura desses herbicidas. No entanto, no presente trabalho não houve a discriminação entre glifosato isolado e combinado com carfentrazone-ethyl ou 2,4-D. Isso ocorreu devido à utilização de uma escala relativa e pelo

grande diferencial entre os tratamentos no controle de *A. tenella*. Costa et al. (2018) observaram que *Macropodium atropurpureum* cultivado a pleno sol apresentou alta tolerância a dosagem do carfentrazone-ethyl e glifosato, mas a mistura dos dois herbicidas promoveu melhor taxa de controle.

No segundo grupo, constituído pelos tratamentos 2,4-D, carfentrazone-ethyl, haloxyfop-methyl, cletodin e glufosinato de amônio, o inverso foi observado, ou seja, maiores participações de *A. tenella* (A) e menores de *C. benghalensis* (D) (Figura 11 e 12). Os herbicidas haloxyfop-methyl e cletodin pertencem aos “FOPs”, que compartilham um modo de ação em comum, inibir a acetil-coenzima A carboxilase (ACCase) e, portanto, a síntese de ácidos graxos em plantas sensíveis. Os compostos são rapidamente hidrolisados no solo e nas plantas, sendo herbicidas eficazes no controle de Poaceas (POIGER et al., 2015). O glufosinato altera o metabolismo amônico, mas não é recomendado para controle de *A. tenella*. Joseph, Marshall e Sanders (2018) observaram que o controle de *Amaranthus palmeri* apresentou maior eficiência quando foi usado o glufosinato isolado ou em mistura com 2,4-D.



**Figura 12.** Dispersão gráfica das espécies de plantas daninhas e tratamentos químicos utilizando os dois primeiros componentes principais (PC1 e PC2) considerando o índice de valor de importância das principais espécies aos trinta dias após a aplicação dos tratamentos. Os tratamentos: 1- glifosato; 2- 2,4D; 3- glifosato + 2,4D; 4- carfentrazone-ethyl; 5- glifosato + carfentrazone-ethyl; 6- haloxyfop-methyl; 7- Cletodin; 8- glufosinato de amônio. As espécies: A – *A. tenella*; B – *B. pilosa*; C – *C. echinatus*; D – *C. benghalensis*; E – *E. indica*; F – *E. sonchifolia*; H – *P. maximum*.

É evidente que a identificação prévia das plantas possibilitou o entendimento na dinâmica de seu controle, uma vez que observando as espécies que apresentam maior importância, de acordo com os parâmetros estudados neste trabalho, foi possível notar uma oscilação na dinâmica da flora infestante (OLIVEIRA; FREITAS, 2008).

#### 4. Conclusões

As técnicas da estatística multivariada foram capazes de discriminar e agrupar tratamentos químicos de acordo com a composição específica, independentemente do índice fitossociológico considerado. As espécies de plantas daninhas mais discriminantes foram *A. tenella* e *C. benghalensis* seguido das gramíneas *P. maximum*, *C. echinatus* e *E. indica*.

Os resultados da análise de agrupamento foram bastante similares àqueles obtidos pela análise dos componentes principais, mas algumas informações ficaram prejudicadas devido à utilização de dados na escala relativa.

#### Referências

Agostineto, M. C.; Carvalho, L.; Ansolin, H. H.; Andrade, T.; Schmit, R. Sinergismo de misturas de glyphosate e herbicidas inibidores da PROTOX no controle de corda-de-violão. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v. 15, n. 1, p. 8-15, 2016.

Bandeira, A. S.; Lima, R. S.; Teixeira, E. C.; Nunes, R.T. C.; Novais, V. R.; Souza, U. O.; Públio Júnior, E. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi. *Cultura Agrônômica*, v. 27, n. 2, p. 327-340, 2018.

Canossa, R. S.; Oliveira Júnior, R. S.; Constantin, J.; Braccini, A. L.; Biffe, D. F.; Alonso, D. G.; Blainski, E. Temperatura e luz na germinação das sementes de apaga-fogo (*Alternanthera tenella*). *Planta Daninha*, v. 26, n. 4, p. 745-750, 2008.

Costa, G. A.; Santos, L. D.; Ferreira, G. A. D. P.; Cruz, L. R. D.; Machado, V. D.; Rocha, L. M. Levels of shading and application of glyphosate and carfentrazone-ethyl in the control of *Macropodium atropurpureum*. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 22, n. 12, p. 819-824, 2018.

EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 3. ed. Brasília: EMBRAPA, 2013. 353 p.

Ferreira, R. V.; Contato, E. D.; Kuva, M. A.; Ferraud, A. S.; Alves, P. L. C. A.; Magario, F. B.; Salgado, T. P. Organização das comunidades infestantes de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar em agrupamentos-padrão. *Planta Daninha*, v. 29, n. 2, p. 363-371, 2011.

Gauch Jr., H.G. *Multivariate analysis in community*

- ecology. New York, Cambridge University Press, 1982. 298p.
- Hair, J. F.; Black, W. C.; Babin, B. J.; Anderson, R. E.; Tatham, R. L. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 688 p.
- Joseph, D. D.; Marshall, M.W.; Sanders, C. H. Efficacy of 2, 4-D, dicamba, glufosinate and glyphosate combinations on selected broadleaf weed heights. **American Journal of Plant Sciences**, v. 9, n. 06, p. 1321, 2018.
- Köppen, W. Das geographische System der Klimate. In: Köppen W, Geiger R (Eds). **Handbuch der Klimatologie. Gebrüder Borntraeger**, Berlin, p. 1-44, 1936.
- Kuva, M. A.; Pitelli, R. A.; Salgado, T. P. E; Alves, P. L. C. A. Fitossociologia de comunidades de plantas daninhas em agroecossistema cana-crua. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 501-511, 2007.
- Kuva, M. A.; Ferraudo, A. S.; Pitelli, R. A.; Alves, P. L. C. A.; Salgado, T. P. Padrões de infestação de comunidades de plantas daninhas no agroecossistema de cana-crua. **Planta Daninha**, v. 26, p. 549, 2008.
- Meira Junior, M. S.; Machado, E. L. M.; Pereira, I. M.; Mota, S. D. L. L. Distribuição espacial de *Eremanthus incanus* (Less.) Less.(Asteraceae) em duas áreas com diferentes níveis de conservação. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 15, n. 1, 2017.
- Monquero, P. A.; Christoffoleti, P. J. Manejo de populações de plantas daninhas resistentes aos herbicidas inibidores da acetolactato sintase. **Planta Daninha**, v. 19, n. 1, p. 67-74, 2001.
- Mueller-Dombois, D.; Elleberg, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1974. 547 p.
- Oliveira, A. R.; Freitas, S. P. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em áreas de produção de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 26, n. 1, p. 33-46, 2008.
- Pazini, J. B.; Botta, R. A.; Seidel, E. J.; Da Silva, F. F.; Silva Martins, J. F.; Barrigossi, J. A. F.; Rübenich, R. Geostatística aplicada ao estudo da distribuição espacial de *Tibraca limbativentris* em arrozal irrigado por inundação. **Ciência Rural**, v. 45, n. 6, p. 1006-1012, 2015.
- Poiger, T.; Müller, M. D.; Buser, H. R.; Buerge, I. J. Environmental behavior of the chiral herbicide haloxyfop. 1. Rapid and preferential interconversion of the enantiomers in soil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, n. 10, p. 2583-2590, 2015.
- Queiroz, W. T.; Silva, M. L.; Jardim, F. C. S.; Vale, R.; Valente, M. D. R.; Pinheiro, J. Índice de valor de importância de espécies arbóreas da floresta nacional do tapajós via análises de componentes principais e de fatores. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 1, p. 47-59, 2017.
- Riar, M. K.; Carley, D. S.; Zhang, C.; Schroeder-Moreno, M. S.; Jordan, D. L.; Webster, T. M.; Rufty, T. W. Environmental influences on growth and reproduction of invasive *Commelina benghalensis*. **International Journal of Agronomy**, v. 2016, 2016.
- Rocha, D. C.; Rodella, R. A.; Martins, D. Caracterização morfológica de espécies de trapoeraba (*Commelina* spp.) utilizando a análise multivariada. **Planta Daninha**, v. 25, n. 4, p. 671 – 678, 2007.
- Rodrigues, L. C. A.; Martins, J. P. R.; Almeida Júnior, O.; Guilherme, L. R. G.; Pasqual, M.; Castro, E. M. Tolerance and potential for bioaccumulation of *Alternanthera tenella* Colla to cadmium under in vitro conditions. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)**, v. 130, n. 3, p. 507-519, 2017.
- Salomão, R. P.; Santana, A. C.; Costa Neto, S. V. Construção de índices de valor de importância de espécies para análise fitossociológica de floresta ombrófila através de análise multivariada. **Floresta**, v. 42, n. 1, p. 115-128, 2012.
- Silva, D. A.; Alburquerque, J. A. A.; Alves, J. M. A.; Rocha, P. R. R.; Medeiros, R. D.; Finoto, E. L.; Menezes, P. H. S. Caracterização de plantas daninhas em área rotacionada de milho e feijão-caupi em plantio direto. **Scientia Agropecuaria**, v. 9, n. 1, p. 7-15, 2018.
- Werlang, T.; Luz, A. C. P.; Pozzo, V. C.; Schwerz, L. A.; Tironi, S. P.; Franz, E. Fitossociologia de plantas daninhas em função de diferentes manejos de coberturas de inverno. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 17, n. 3, p. 1-14, 2018.