

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**INTERFERÊNCIA INTRA E INTERESPECÍFICA DE *Urochloa*
decumbens E *Synedrellopsis grisebachii***

Pedro de Figueiredo Rocha Barbosa Martins

Engenheiro Agrônomo

JABOTICABAL

2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**INTERFERÊNCIA INTRA E INTERESPECÍFICA DE *Urochloa*
decumbens E *Synedrellopsis grisebachii***

Pedro de Figueiredo Rocha Barbosa Martins

Orientador: Prof. Dr. Pedro Luís da Costa Aguiar Alves

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal)

JABOTICABAL

2015

M386i Martins, Pedro de Figueiredo Rocha Barbosa
Interferência intra e interspecífica de *Urochloa decumbens* e
Synedrellopsis grisebachii / Pedro de Figueiredo Rocha Barbosa
Martins. -- Jaboticabal, 2015
ix, 36 p. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2015
Orientador: Pedro Luís da Costa Aguiar Alves
Banca examinadora: Davi Rodrigo Rossatto, Roberto Estêvão
Bragion de Toledo
Bibliografia

1.Competitividade. 2. Capim-braquiária. 3. Experimento
substitutivo. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e
Veterinárias.

CDU 632.51:633.3

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: INTERFERÊNCIA INTRA E INTERESPECÍFICA DE *Urochloa decumbens* E *Synedrellopsis grisebachii*

AUTOR: PEDRO DE FIGUEIREDO ROCHA BARBOSA MARTINS

ORIENTADOR: Prof. Dr. PEDRO LUIS DA COSTA AGUIAR ALVES

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. PEDRO LUIS DA COSTA AGUIAR ALVES

Departamento de Biologia Aplicada À Agropecuária / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal



Prof. Dr. DAVI RODRIGO ROSSATTO

Departamento de Biologia Aplicada À Agropecuária / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal



Prof. Dr. ROBERTO ESTEVÃO BRAGION DE TOLEDO

Universidade de São Paulo / Piracicaba/SP

Data da realização: 30 de julho de 2015.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Pedro de Figueiredo Rocha Barbosa Martins – Nascido em 08 de fevereiro de 1990, na cidade de Campo Grande, estado de Mato Grosso do Sul, filho de Raquel de Figueiredo Rocha e Plínio Barbosa Martins. Graduado em Engenharia Agrônômica pela Universidade Anhanguera-Uniderp, em Campo Grande, Mato Grosso do Sul, com ingresso em 08 de fevereiro de 2008 e conclusão em 08 de agosto de 2012. Estagiou nos laboratórios de Fertilidade do Solo, Morfologia Vegetal, Fitopatologia e Hidroquímica/Química Orgânica, fazendo parte de projetos nas áreas de fertilidade de solos de cana-de-açúcar, levantamento florístico de áreas do Cerrado e Pantanal, análise morfoanatômica e histoquímica de plantas do Cerrado e Pantanal, levantamento de fungos fitopatogênicos e avaliação do potencial alelopático de plantas do Cerrado e Pantanal. Possuiu, durante a graduação, três anos de bolsa de iniciação científica pelo Centro de Pesquisas do Pantanal (CPP). Ingressou no mestrado pelo programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal), na Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Campus de Jaboticabal, com início em agosto de 2013, trabalhando no Laboratório de Plantas Daninhas (LAPDA).

“The world is a thing of utter inordinate complexity and richness and strangeness that is absolutely awesome. The idea that such complexity can arise not only out of such simplicity, but probably absolutely out of nothing is the most fabulous extraordinary idea. And once you get some kind of inkling of how that might have happened, it’s just wonderful. And the opportunity to spend 70 or 80 years of your life in such a universe is time well spent as far as I am concerned.”

Douglas Adams

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Raquel, pelo apoio incondicional desde sempre, que me possibilitou estar aqui.

Ao meu irmão, por todas as horas de conversas, piadas, e entretenimento, que muito serviram de alívio nestes anos.

Ao meu pai, que embora ausente, sei que estaria também me incentivando.

Ao meu orientador, Pedro Luís da Costa Aguiar Alves, por toda a dedicação, paciência e suporte durante estes três anos e meio juntos.

Ao Laboratório de Plantas Daninhas (LAPDA) e todos os seus integrantes, que sempre estão à disposição para ajudar uns aos outros.

Aos meus amigos Foxes, que mesmo distantes ainda são muito queridos.

Aos vários professores, amigos e colegas da Universidade Anhanguera-Uniderp, que também mostraram apoio em todos os momentos, desde a graduação até depois de vir para longe deles.

Aos meus amigos do teatro (Grupo Teatral “Mãe, Tô no Palco” e Cia Uscambal de Teatro), que renderam várias horas de risadas e descontração.

Aos integrantes da minha banca de qualificação, Dra. Mariluce Nepomuceno, Prof. Dr. Silvano Bianco e Prof. Dr. Dagoberto Martins, pelas várias sugestões apontadas no trabalho.

Aos integrantes da banca de defesa, Dr. Roberto Bragion Estêvão de Toledo e Prof. Dr. Davi Rodrigo Rossatto, por outras inúmeras sugestões no trabalho final.

Aos funcionários do Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária, pelo auxílio sempre que necessário.

A todos que ajudaram, direta ou indiretamente, durante todo o mestrado.

Sumário

INTERFERÊNCIA INTRA E INTERESPECÍFICA ENTRE <i>Urochloa decumbens</i> E <i>Synedrellopsis grisebachii</i>	vi
INTRA AND INTERSPECIFIC INTERFERENCE BETWEEN <i>Urochloa decumbens</i> AND <i>Synedrellopsis grisebachii</i>	vii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Capim-braquiária	3
2.2. Agriãozinho	3
2.3. Interferência: competição e alelopatia.....	4
2.4. Estudos de coexistência	7
3. MATERIAL E MÉTODOS	9
3.1. Experimento substitutivo	9
3.1.1 Determinação da população crítica.....	10
3.1.2. Experimento de convivência em substitutivo	11
3.2. Experimento substitutivo em dialelo.....	13
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
4.1. Determinação da densidade crítica.....	17
4.2. Experimento substitutivo – qualitativo	18
4.3. Experimento substitutivo – quantitativo.....	19
4.4. Experimento substitutivo em dialelo.....	23
5. CONCLUSÕES	28
6. REFERÊNCIAS.....	29
7. APÊNDICE	34

INTERFERÊNCIA INTRA E INTERESPECÍFICA ENTRE *Urochloa decumbens* E *Synedrellopsis grisebachii*

RESUMO – O objetivo neste trabalho foi avaliar a coexistência de *Urochloa decumbens* (capim-braquiária) e *Synedrellopsis grisebachii* (agriãozinho) e elucidar detalhes sobre a interferência entre as mesmas. Foram realizados dois experimentos: um modelo substitutivo, para determinar as interferências intra e interespecíficas das espécies em monocultivo e em coexistência, e um modelo substitutivo em dialelo com divisórias permeável e impermeável para avaliação da coexistência e do potencial alelopático entre as duas espécies. Para a determinação da população crítica a ser usada no experimento substitutivo, foram plantadas nas densidades de 1, 2, 4, 8, 16, 24 e 32 plantas por vaso cada uma das espécies e colhidas, secadas e pesadas as partes aéreas, para serem analisadas por meio de análise de regressão. O experimento substitutivo teve como proporções percentuais de capim-braquiária e agriãozinho, respectivamente, 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 e 0:100. Foram colhidas as partes aéreas e analisadas pelos métodos qualitativos e quantitativos. O ensaio substitutivo em dialelo consistiu no plantio de quatro ou oito plantas em caixas contendo areia, onde foram plantados o capim-braquiária e o agriãozinho em monocultivo ou em coexistência, sendo que foram analisados três tratamentos dentro dos cultivos: uma divisória permeável, uma impermeável e nenhuma divisória. Foi realizada análise de variância e análise por índices ecológicos para determinar a capacidade competitiva. Foram necessárias 16 plantas para a população crítica do capim-braquiária. A análise qualitativa indica que as duas espécies têm decréscimo na produção de biomassa em coexistência. A análise quantitativa indica que o agriãozinho possui maior competitividade que o capim-braquiária nos estágios iniciais, fato que pode ser devido a um efeito alelopático.

Palavras-chave: experimento substitutivo, competitividade, índices ecológicos, capim-braquiária, agriãozinho

INTRA AND INTERSPECIFIC INTERFERENCE BETWEEN *Urochloa decumbens* AND *Synedrellopsis grisebachii*

ABSTRACT – This study evaluates the coexistence of *Urochloa decumbens* (Surinam grass) and *Synedrellopsis grisebachii* (Cinderella weed). Two experiments were conducted: a replacement series, to determine intra and interspecific interferences of both species grown in monoculture and in coexistence, and a diallel replacement series using permeable and impermeable barriers between said species to evaluate allelopathic and general interference among them. In order to determine the critical population density to be used in the replacement series, 1, 2, 4, 8, 16, 24 and 32 plants were planted in the same box and harvested 40 days after, dried and weighted, to be analyzed through regression analysis. Replacement series experiment used the percentage densities for Surinam grass and Cinderella weed of 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 and 0:100. The above-ground parts were harvested, dried and analyzed through qualitative and quantitative methods. The diallel replacement series consisted of four or eight plants in sand-filled boxes on growth chamber environment, being the species grown in monoculture or coexisting with each other, and three treatments were analyzed: a permeable one, an impermeable one and one without barrier between the plants. Analysis of variance and ecological coefficient analysis were performed to determine the competitive capacity. 16 plants per vase were needed for the Surinam grass to achieve the critical population. Qualitative analysis show there is mutual harm to the dry matter allocation of both species. Quantitative analysis shows Cinderella weed as a better competitive species than signal grass during the initial growth phase, fact which may be caused on account of allelopathic processes.

Keywords: replacement series experiment, competitiveness, ecological indexes, Surinam grass, Cinderella weed

1. INTRODUÇÃO

O capim-braquiária (*Urochloa decumbens* Stapf.) é uma planta bastante difundida no Brasil, sendo utilizada como pastagem e fonte de palha para plantio direto (MACHADO; ASSIS, 2010) e também considerada planta daninha em diversos ambientes, urbanos e rurais (LORENZI, 2008). Assim como qualquer cultura, está sujeita à interferência de diversas plantas daninhas, que diminuem o rendimento e afetam a qualidade do pasto, causando custos elevados na reforma do pasto.

Uma dessas plantas daninhas é o agriãozinho (*Synedrellopsis grisebachii* Hieron. & Kuntze). Além de ser infestante em pomares e cafezais, essa planta costuma estar presente em locais com grama, como parques, e também em pastagens, onde está se tomando cada vez mais frequente e notável.

Autores já relataram que o agriãozinho consegue suprimir as gramíneas em parques, praças, canteiros, e a grama forrageira e também diminui o preço de tapetes de grama para jardins, que levam consigo ainda sementes para outras áreas.

Já foi verificado visualmente que o agriãozinho costuma surgir nas bordas e falhas nos gramados e pastagens, assim se estabelecendo na área e se alastrando por meio dos seus ramos. Esse processo de invasão também acaba causando uma diminuição do desenvolvimento da gramínea, o que leva a um melhor desenvolvimento do agriãozinho, possibilitando que ele se torne dominante.

Sendo uma planta que tem baixa produção de biomassa, um sistema radicular relativamente raso e pouco difuso (KISSMAN; GROTH, 1992), há dificuldade em se entender como essa planta consegue ser tão eficiente na supressão de uma espécie como o capim-braquiária, espécie esta considerada agressiva.

Uma das hipóteses levantadas pelo grupo de trabalho no Laboratório de Plantas Daninhas (LAPDA) durante os estudos do agriãozinho envolve a alelopatia das espécies, que responderia de que modo uma espécie aparentemente pouco competitiva consegue interferir no desenvolvimento de plantas de maior crescimento e acúmulo de biomassa.

Partindo do pressuposto de que o agriãozinho e o capim-braquiária convivem em um mesmo ambiente, onde estão passíveis de competir pelos mesmos recursos do meio, e que as duas plantas possuem compostos com potencial alelopático (HERNÁNDEZ et al., 1996; SOUZA et al., 1997; SOUZA-FILHO; RODRIGUES; RODRIGUES, 1997; SOUZA; VELLINI; MAIOMONI-RODELLA, 2003; BARROS et al., 2009; RODRIGUES et al., 2012), o objetivo foi estudar os efeitos da interferência intra e interespecífica no desenvolvimento inicial de ambas as espécies de plantas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Capim-braquiária

Urochloa decumbens (Syn: *Brachiaria decumbens*), conhecida no Brasil por capim-braquiária, braquiária ou capim-pangola, é uma espécie da família Poaceae, muito utilizada como fonte de alimento na pecuária extensiva no Brasil. Dos 85% de pastos que utilizam alguma espécie de *Urochloa*, 55% são compostos por *U. decumbens*, principalmente devido à sua resistência, tolerância a solos que possuem baixo teor de nutrientes, índices de pH baixos, e também à produção elevada de sementes, que ainda permanecem no solo por um bom tempo devido à dormência das mesmas (MOREIRA et al., 2009).

Originária da África, foi introduzida no Brasil por volta de 1962 por meio do Instituto Brasileiro de Pesquisas Experimentais Agropecuárias do Norte – IPEAN, sendo melhorada desde então para o uso em diversas áreas e para obter maior taxa de reprodução por sementes no campo, dado que antes era produzida por mudas vegetativas (SEIFFERT, 1980).

Planta perene, ereta ou decumbente, com intenso enraizamento pelos nós, de coloração verde-escura, medindo de 30 a 90 cm, sendo propagada por forma vegetativa ou sexuada (LORENZI, 2008). Por conta da dormência das sementes, estas podem persistir até oito anos em uma área com boa viabilidade, além de conseguir emergir mesmo em profundidades muito baixas. Possui metabolismo C4 de fotossíntese, o que possibilita alta formação de palha, de boa persistência sobre o solo (KISSMAN, 1991).

2.2. Agriãozinho

Synedrellopsis grisebachii é uma espécie da família Asteraceae, originária da América do Sul. Conhecida por agriãozinho, agriãozinho-das-pastagens ou puejinho, é considerada planta infestante e já é dispersa nas regiões Centro-Sul e Sudeste do país. É uma planta perene que possui hábito prostrado, é herbácea, muito ramificada e com alto poder de enraizamento por seus nós (KISSMANN; GROTH, 1992; LORENZI, 2008).

O agriãozinho infesta lavouras anuais (PROCÓPIO et al., 2006; MARCHI, et al., 2013), perenes, como citros (FIDALSKI; TORMENA; SILVA, 2007; AULER et al.,

2008; SANTOS et al., 2014) e cafezais (CUNHA; MELO; SANTOS, 2013), em áreas de pastagens (OLIVEIRA et al., 2000), gramados (OLIVEIRA, 2011), parques (SILVA; COELHO; MEDEIROS, 2008) e até mesmo áreas alagadas (POTT, 2007).

É comum encontrar esta espécie em praças, gramados, entre outras áreas contendo gramíneas, sendo que sua densidade populacional é alta e diminui o rendimento dessas gramíneas quando está presente (OLIVEIRA, 2011).

2.3. Interferência: competição e alelopatia

O termo “interferência” é definido como o conjunto de ações que uma atividade ou cultura antrópica recebe em função da presença de plantas daninhas num determinado ambiente. Estas ações podem se dar de maneira direta – competição, alelopatia e parasitismo – como de maneira indireta – hospedando pragas e doenças (PITELLI, 1987). Segundo Harper (1977), a interferência é o efeito adverso que uma planta pode exercer sobre o crescimento e desenvolvimento de outras espécies que estejam próximas. De acordo com Alves (1992), são poucos os estudos que separam os componentes dessa interferência, dada a complexidade que existe nesse fenômeno.

Quando o ser humano iniciou a produção agrícola, ele separou as plantas em plantas cultivadas e plantas infestantes. O próprio ser humano também auxiliou no processo de formação e evolução das plantas daninhas, sendo estas selecionadas pelos métodos de controle e pelo distúrbio ambiental que era causado, pelas hibridações naturais que ocorriam ou pelo abandono de uma espécie no processo de domesticação (BAKER, 1974).

Várias plantas infestantes possuem efeitos nocivos, tais como intoxicação alimentar, alergias, irritações da pele, diminuição da visibilidade em vias rodoviárias, ocupação de terrenos baldios, depreciação de áreas de jardinagem e recreativas, impedimento da navegação e do uso de recursos hídricos para produção de energia, além da interferência causada em áreas de produção agrícola (OLIVEIRA JR; CONSTANTIN; INOUE, 2011).

A competição é uma das formas mais comuns de interferência entre plantas, sendo os recursos mais disputados nutrientes minerais, água, interceptação de luz e espaço; porém, também podem interferir mediante liberação de compostos químicos

no ambiente, sendo este o processo de alelopatia (OLIVEIRA JR; CONSTANTIN; INOUE, 2011).

Lorenzi (2008) cita que os danos causados por plantas infestantes podem impactar na redução de 30-40% na agricultura mundial, pelos processos de interferência direta, ainda podendo causar efeitos indiretos, como atrair pragas, doenças, interferir na qualidade final do produto ou reduzir o rendimento operacional de atividades como a colheita.

A definição de Bleasdale (1960) para competição é que “duas plantas estão competindo quando o crescimento de uma ou de ambas é reduzido ou sua forma modificada quando comparada com seu crescimento isoladamente”, e Mather (1961) define que a competição “implica a presença de um indivíduo como uma parte efetiva no ambiente de outro e uma similaridade das necessidades sendo que o seu impacto é prospectivamente prejudicial”.

O impacto de uma planta sobre outra é considerado competição quando há redução no montante de recursos disponível para uma espécie-alvo. A habilidade competitiva de uma espécie está relacionada também com sua utilização eficiente de recursos em função do meio em que outra planta também se encontra (RIZZARDI et al., 2001). A água é um dos principais recursos captados na competição, sendo que a absorção da mesma pelas plantas daninhas também afeta a disponibilidade de nutrientes para a cultura (PATTERSON, 1995).

Alelopatia é um termo cunhado por Molisch em 1937, no seu último livro, “*Der Einfluss einer Pflanze auf die andere – Allelopathie*” e cuja definição mais aceita atualmente é o efeito benéfico ou deletério que compostos do metabolismo secundário causam no crescimento e desenvolvimento de espécies próximas ao organismo que as produz (WILLIS, 2007).

Os modos de ação dos compostos alelopáticos são diversos e seu conhecimento é essencial aos estudos de biologia das plantas (SANCHEZ-MOREIRAS et al., 2004). Podem ser liberados por quatro vias: lixiviação – através de água das chuvas, orvalho ou irrigação; volatilização – liberação de compostos voláteis no ar; exsudação radicular – liberação de compostos no solo por meio das raízes; e decomposição – compostos produzidos e armazenados nos tecidos são

liberados quando as células são rompidas durante os processos degenerativos (RICE, 1974).

Segundo Rice (1984), alelopatia é o efeito que metabólitos secundários produzidos por plantas e liberados no ambiente causam em outras plantas ao redor. Compostos químicos produzidos por plantas e liberados no ambiente são chamados aleloquímicos e são produzidos por diversas partes da planta em diferentes quantidades.

Os métodos de estudo de efeitos alelopáticos são complexos, principalmente por conta da dificuldade de separar no sistema os efeitos da alelopatia dos efeitos causados pela competição (BLUM, 2014).

Quanto à composição química relacionada ao potencial alelopático de uma espécie, o capim-braquiária possui produção de metabólitos secundários com tal potencial (SOUZA et al., 2006; BARBOSA; PIVELLO; MEIRELLES, 2008), assim como substâncias como a protodioscina, comum em espécies do gênero *Urochloa* (NEPOMUCENO, 2011) e a substância (6R,9S)-3-oxo- α -ionol (KOBAYASHI; KATONOGUCHI, 2015), e o agriãozinho produz também classes de substâncias alelopáticas, como compostos fenólicos e lactonas sesquiterpênicas (HERNÁNDEZ et al., 1996; BARROS et al., 2009) A interferência causada pelos processos de competição e alelopatia pode ser de duas naturezas distintas quanto à espécie originária: a interespecífica – que ocorre entre indivíduos de espécies diferentes, e a intraespecífica – que ocorre entre indivíduos da mesma espécie. A combinação espacial das plantas, independente da espécie, depende muito de fatores como a densidade da espécie no meio, a distribuição das mesmas, os recursos existentes na área, dentre outros fatores (ZANINE; SANTOS, 2004).

O grau de interferência na competição varia de acordo com fatores inerentes à cultura – espécie, variedade/cultivar, espaçamento e densidade de plantio –, à comunidade infestante – composição específica, densidade e distribuição –, a fatores mútuos como a época e extensão da convivência e aos fatores climáticos (PITELLI, 1987).

Entre estes fatores, a densidade populacional é considerada um dos mais importantes, dado que quanto mais plantas existirem num mesmo espaço, maior

será a necessidade de recursos para atender cada uma (CHRISTOFFOLETI; VITÓRIA-FILHO, 1996).

2.4. Estudos de coexistência

O estudo da interferência entre plantas pode ser feito de diversas maneiras, sendo que modelos que estudam coexistência são os mais comuns, como os modelos aditivos, substitutivos e sistêmicos (ASLANI; SAEDIPOUR, 2015).

A mistura de duas espécies é a forma mais simples de diversidade para um estudo e, apesar de uma comunidade a campo ser composta de diversas espécies, é muito útil para entender o funcionamento das partes de um todo (HARPER, 1977).

Próximo ao ano de 1900, já haviam sido propostos modelos nos quais espécies diferentes ou diferentes biótipos de uma mesma espécie são cultivados em monocultura e depois em coexistência, sendo que essa mistura costumava baixar drasticamente o rendimento da cultura (SPITTERS, 1990).

Modelos aditivos são comumente utilizados avaliando a interação entre culturas e plantas daninhas, mantendo a densidade de uma cultura constante – fator que é comum em plantações comerciais – e variando a quantidade de indivíduos de determinada espécie de planta daninha na parcela. Porém, essa metodologia possui uma variação da densidade populacional total, o que causa dificuldade na interpretação dos dados (RADOSEVICH, 1987).

Nas décadas de 1960 e 1970, vários modelos foram propostos com base no sistema aditivo de coexistência para estudar a habilidade competitiva de espécies, mas muitos desses não foram bem sucedidos por conta da especificidade da situação proposta e por requerem muitos parâmetros para serem estudados (SPITTERS, 1990).

De Wit (1960), na sua publicação “*On Competition*”, propunha o princípio do estudo em modelos de coexistência através do sistema substitutivo para estudo entre plantas diferentes e modelos estatísticos adequados para essa análise.

Modelos sistêmicos têm um foco maior na influência da área de interferência de uma planta no conjunto total, tanto nos modelos de Nelder quanto sistêmico-aditivo, que são modelos que estudam a variação espacial e de densidade numa mesma área (RADOSEVICH, 1987).

No quesito de consistência da interpretação dos dados, o modelo substitutivo possui maiores vantagens que os modelos citados anteriormente. Mantendo uma densidade constante na comunidade, é possível estabelecer valores mais precisos quanto à interferência intraespecífica, interespecífica e, portanto, avaliam melhor a capacidade competitiva entre espécies ou biótipos (PASSINI; CHRISTOFOLETTI; YADA; 2003).

Experimentos no modelo substitutivo são usuais para avaliar a convivência entre culturas e plantas daninhas (WANDSCHEER et al., 2014; YAMAUTI; ALVES; CARVALHO, 2011; FONTANA et al., 2015; SANTOS; BEWICK; SHILLING, 1997), pois avaliam bem a coexistência, exclusão, coadaptação, diferenciação de nichos, abundância, distribuição e produtividade de um sistema, sendo um modelo “elegante” para estudar as interações entre duas espécies e muito informativo e eficiente na formulação de hipóteses (JOLLIFFE, 2000).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foram trabalhadas as espécies capim-braquiária e agriãozinho nos experimentos realizados, para verificação da convivência entre as mesmas. As sementes de capim-braquiária foram adquiridas no comércio local. As sementes de agriãozinho foram coletadas das plantas existentes nos gramados da FCAV.

As condições de temperatura e de precipitação (médias mensais) no período dos experimentos podem ser encontradas na Figura 1.

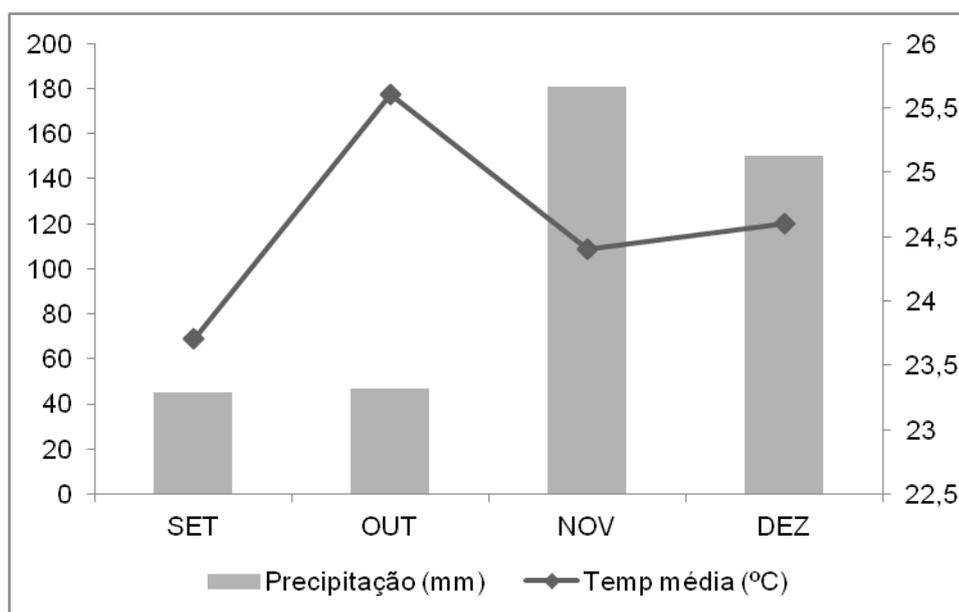


Figura 1: Dados climatológicos médios durante o período de setembro a dezembro de 2014. Fonte: Estação Climatológica FCAV/UNESP.

3.1. Experimento substitutivo

Foram conduzidos dois experimentos em condições semicontroladas, durante os meses de setembro a dezembro de 2014, sem restrição de água com irrigação por aspersão não controlada. Os experimentos foram conduzidos em caixas de polietileno com capacidade para 19,8L (0,40×0,33×0,15 m²), sendo preenchidas com mistura de Latossolo Vermelho Escuro e areia de rio na proporção de 3:1 (v/v), previamente adubadas com quantidade equivalente a 300 kg.ha⁻¹ do adubo formulado NPK 04-20-20, com adição de 200 kg.ha⁻¹ de ureia.

Para cada etapa do experimento, foram feitas mudas de capim-braquiária e agriãozinho em bandejas de poliestireno com 128 células, utilizando substrato comercial hortícola para mudas, antecedendo em 15 dias o plantio nos recipientes.

3.1.1 Determinação da população crítica

O primeiro experimento constou do cultivo de plantas de capim-braquiária e de agriãozinho em caixas separadas, ou seja, sem coexistência das plantas, e foi realizado com o objetivo de determinar a densidade crítica das populações. Para tanto, foram utilizadas as densidades de 1, 2, 4, 8, 16, 24 e 32 mudas por caixa, equivalendo aproximadamente a 7,5, 15, 30, 60, 121, 181 e 242 plantas.m⁻².

Após 40 dias do plantio das mudas, por conta do crescimento do agriãozinho exceder os limites das caixas, foram cortadas as partes aéreas das plantas, acondicionadas em sacos de papel e levadas para secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65°C. Depois, foram determinadas as massas secas em balança semianalítica com precisão de três casas decimais.

A análise para a obtenção da população crítica foi de acordo com o descrito por Spitters (1990). Com os valores obtidos, foi calculado o recíproco da biomassa (1/w) através da fórmula:

$$\frac{1}{w} = \frac{N}{Y}$$

Onde o recíproco é a relação entre a densidade de plantas (N) e a biomassa produzida por unidade de área (Y). Com os valores do recíproco, foi gerada uma análise de regressão linear de modelo:

$$\frac{1}{w} = b_0 + b_1 \times N$$

Em que o valor de b_0 significa a biomassa que uma planta isolada produz e que é aumentada em b_1 unidades a cada aumento na população da dita espécie. A produção máxima de biomassa da espécie é dada pelo inverso de b_1 :

$$Y_{\max} = \frac{1}{b_1}$$

E a densidade crítica da população foi ajustada por uma equação da biomassa produzida em função da densidade:

$$Y = \frac{N}{b_0 + b_1 \times N}$$

Sendo que a população crítica é uma população próxima do valor de Y_{\max} .

O experimento foi realizado com delineamento inteiramente casualizado com sete tratamentos em quatro repetições para cada espécie avaliada. As análises foram realizadas por meio do software Origin 8.0.

3.1.2. Experimento de convivência em substitutivo

Após o término do primeiro experimento, instalou-se um segundo, sendo este em modelo substitutivo, contendo a densidade constante de 121 plantas.m⁻², seguindo dados obtidos na primeira etapa do experimento, mas com tratamentos representando diferentes proporções entre plantas de capim-braquiária e agriãozinho. As proporções foram de 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 e 0:100, representando, respectivamente, as densidades de plantas de capim-braquiária e agriãozinho.

As plantas foram conduzidas por 40 dias após o plantio, novamente por conta do crescimento do agriãozinho exceder os limites das caixas, e, após isso, foram cortadas as partes aéreas de cada espécie, acondicionadas em sacos de papel e levadas para secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65°C. Os materiais foram pesados em balança semianalítica com precisão de três casas decimais.

Os dados obtidos foram analisados por duas formas: qualitativa e quantitativa, por meio de análise gráfica seguindo os modelos propostos por de Wit (1960) e de análise de curvas de regressão, respectivamente.

Para a análise qualitativa, também chamada de método convencional para experimentos substitutivos (AGOSTINETTO et al., 2008), foi necessário calcular a produtividade relativa da biomassa da parte aérea de cada tratamento e espécie.

Para a obtenção da produtividade relativa (YR) foi utilizada a fórmula da produtividade relativa em função da densidade descrita por Cousens e O'Neil (1993):

$$YR = p \times \frac{Y_{mist}}{Y_{max}}$$

Sendo p a densidade porcentual da espécie em questão, variando de 0 a 1, Y_{mist} é a produtividade do tratamento em coexistência com a segunda espécie e Y_{max} é a produtividade da espécie quando em monocultura obtida no experimento.

Foi construído, então, um gráfico de dispersão com os dados da produtividade relativa de cada espécie e a produtividade relativa total, que é a soma das

produtividades relativas das espécies em separado. Também foi colocada a linha de igualdade teórica, que representa a produtividade relativa se nenhuma das espécies sofresse interferência alguma, que vai de 0 a 1 para as espécies em separado, e uma reta em 1, para a produção relativa total. Quando os valores de uma espécie estão acima da reta de igualdade, houve aumento na produção relativa da mesma. Se os valores estão abaixo da mesma, houve diminuição da produtividade (HARPER, 1977).

Com os pontos obtidos, foi calculada a diferença quanto à linha de igualdade. Utilizando o teste t, foi verificado se a diferença entre a linha de igualdade e a produtividade relativa é diferente, sendo que a hipótese nula seria quando a média fosse igual a zero ($H_0 = 0$; $H_1 \neq 0$).

Com isso, o resultado foi obtido analisando se a biomassa nos tratamentos mistos foi superior ou inferior à reta obtida pela produtividade máxima esperada. Havendo uma linha côncava, há prejuízo na interação das plantas; havendo uma linha convexa, há benefício na interação (COUSENS, 1991).

Para a análise quantitativa, segundo Spitters (1983), Passini (2001) e Yamauti, Alves e Carvalho (2011), é obtida uma equação de regressão múltipla quanto ao recíproco da massa seca ($1/w$) seguindo o modelo:

$$\frac{1}{w} = \frac{N}{Y} = b_{1,0} + b_{1,1} \times N_1 + b_{1,2} \times N_2$$

Sendo que N é o número de plantas por área, Y é a biomassa produzida por área, $b_{1,0}$ é a teórica biomassa máxima de uma planta da espécie 1. Essa biomassa máxima é diminuída em função da competição intraespecífica, em $b_{1,1}$ unidades com cada aumento unitário em N da própria espécie 1, e da competição interespecífica, em $b_{1,2}$ unidades com cada aumento unitário em N da espécie 2 competidora.

Com base nas equações obtidas para cada espécie, foram calculados os índices ecológicos de competição relativa (C) para cada espécie e o índice de diferenciação de nicho ecológico (IDN), por meio das fórmulas:

$$C = \frac{b_{1,1}}{b_{1,2}} \quad IDN = C_1 \times C_2$$

Há diferenciação do nicho quando o IDN é maior que 1 (SPITTERS, 1990).

Por fim, foram calculados os índices de competitividade relativa (CR), índice de agrupamento relativo (k) e a agressividade (A) de cada espécie, utilizando as fórmulas descritas em Cousens e O'Neil (1993):

$$CR = \left(\frac{1-p}{p} \right) \left(\frac{C_1}{C_2} \right) \qquad k_a = \left(\frac{1-p}{p} \right) \left(\frac{C_1}{1-C_1} \right)$$

$$k_b = \left(\frac{1-p}{p} \right) \left(\frac{C_2}{1-C_2} \right) \qquad A = \frac{C_1}{2p} - \frac{C_2}{2(1-p)}$$

Onde C é o índice de competição relativa; os subscritos “1” e “2” referem-se às espécies e “p” é a densidade da primeira espécie, variando entre 0 a 1.

Analisando juntamente os três parâmetros, tem-se um resultado com maior confiabilidade de qual a espécie mais competitiva nas condições do experimento. Quando uma espécie obtém dois índices favoráveis ($CR > 1$, $K_a > K_b$, $A > 0$), a espécie é considerada mais competitiva. A densidade padrão a ser utilizada para estes cálculos é a densidade 50:50 (%) (RADOSEVICH, 1987; PASSINI, 2001; YAMAUTI ALVES; CARVALHO, 2011).

Os gráficos e análises de regressão para este experimento foram realizados no software estatístico Origin 8.0.

3.2. Experimento substitutivo em dialelo

Foram feitas mudas de cada uma das duas espécies em bandejas de poliestireno expandido de 128 células antecedendo 20 dias o plantio definitivo.

O plantio definitivo foi feito em caixas de polietileno de 4,5 L (0,29 × 0,14 × 0,11m) contendo areia lavada como substrato. O ensaio foi conduzido em câmara de crescimento controlada à temperatura média de 25°C e umidade de 50%, em ambiente com luz branca de 120 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.

Para a divisão de cada lado da caixa, foram utilizadas divisórias de acordo com o tratamento: impermeável – placa de ferro inoxidável; e permeável – grade perfurada de mesh 18 revestida com tecido, possibilitando assim a passagem de líquidos, mas não das raízes. O tratamento-controle foi conduzido sem divisória alguma.

As situações de convivência dentro de cada tipo de divisória foram capim-braquiária:capim-braquiária, capim-braquiária:agriãozinho e agriãozinho:agriãozinho

(Tabela 1). Para cada situação, foram plantados conjuntos de quatro plantas da espécie indicada. Foram analisados também tratamentos em que apenas um conjunto (quatro plantas) foi plantado na caixa, para analisar a produção máxima de cada espécie no espaço disponível (Figura 2). As divisórias, caixas e fotos dos tratamentos podem ser verificadas nos Apêndices 3 e 4.

Tabela 1. Denominação dos tratamentos experimentais da convivência de capim-braquiária e agriãozinho.

Tratamento	Espécie(s)	Divisória	Código
1	BRADC	-	BRADCMONO
2	BRADC/BRADC	I	BRADCIMP
3	BRADC/BRADC	P	BRADCPER
4	BRADC/BRADC	SD	BRADCSDIV
5	BRADC/SDPGR	SD	COEXSDIV
6	BRADC/SDPGR	P	COEXPER
7	BRADC/SDPGR	I	COEXIMP
8	SDPGR/SDPGR	I	SDPGRIMP
9	SDPGR/SDPGR	P	SDPGRPER
10	SDPGR/SDPGR	SD	SDPGRSDIV
11	SDPGR	-	SDPGRMONO

BRADC: Capim-braquiária; SDPGR: Agriãozinho; I: impermeável; P: permeável; SD: sem divisória.

Durante o experimento, as plantas foram irrigadas diariamente (aproximadamente 250 mL.dia⁻¹) com água deionizada ou com solução nutritiva de Hoagland, no intuito de isolar o efeito competitivo e avaliar apenas o possível efeito alelopático. A solução de Hoagland foi adicionada, na primeira semana, com 50% da concentração, em dois dias diferentes. Após a primeira semana, foi utilizada a concentração de 100%. A solução nutritiva foi colocada duas vezes por semana.

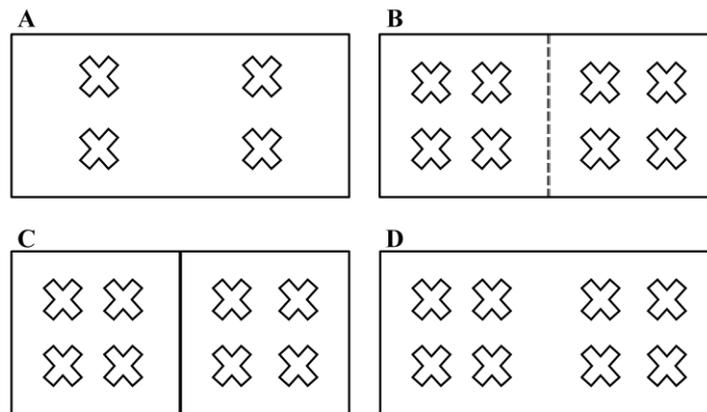


Figura 2. Modelo da disposição dos tratamentos. A – Tratamento com quatro plantas; B – Tratamento com oito plantas e divisória permeável; C – tratamento com oito plantas e divisória impermeável; D – Tratamento com oito plantas sem divisória.

Após 50 dias do transplante, as plantas foram retiradas das caixas e foram medidos altura/comprimento das plantas, comprimento das raízes, número de folhas e teor relativo de clorofila total (ClorofiLog, Falker). Logo após, as plantas foram separadas em parte aérea e raiz, acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até atingir massa constante, em pesagem em balança semianalítica com precisão de 0,01g.

Esse peso foi analisado conforme o modelo experimental substitutivo em dialelo, por meio das equações do Índice Relativo de Agrupamento (k) (DE WIT, 1960), Produtividade Relativa Total (PRT) (TRENATH, 1975), competitividade agressiva (A) e produtividade (R) (GLEESON; MCGILCHRIST, 1980), e os conceitos do efeito relacional e somativo das espécies (HARPER, 1977) conforme as fórmulas que se seguem:

$$k_{ab} = \frac{\frac{O_{ab}}{O_{ba}}}{\frac{M_a}{M_b}}$$

$$PRT = \frac{1}{2} \left(\frac{O_{ab}}{M_a} + \frac{O_{ba}}{M_b} \right)$$

$$A_{ab} = \frac{O_{ab}}{M_a} - \frac{O_{ba}}{M_b}$$

$$R_{ab} = \frac{O_{ab}}{M_a} + \frac{O_{ba}}{M_b} - 1$$

$$Y_r = \frac{1}{2} (O_{ab} - M_a) + \frac{1}{2} (O_{ba} - M_b) \quad Y_s = \frac{1}{2} (M_a + M_b) + \frac{1}{2} (O_{ab} + O_{ba})$$

Onde os subscritos “a” e “b” se referem ao agriãozinho e ao capim-braquiária, respectivamente; “O” é a produtividade de massa seca das parcelas em coexistência para cada espécie e “M” é a produtividade de massa seca em monocultivo.

Quando a produtividade relativa é igual a 1, não há diferença entre os monocultivos e o conjunto em coexistência das espécies; a produtividade indica o efeito mútuo estimulante ou inibitório da coexistência, sendo que quando igual a 0, as espécies não tiveram nenhuma influência, e valores maiores ou menores indicam efeito positivo ou negativo; já a competitividade agressiva é a diferença entre a produtividade entre as espécies, indicando qual a que melhor utilizou recursos.

Os efeitos relacional e somativo são variáveis em função das espécies com as quais se trabalha, sendo análogos aos efeitos “geral” e “específico” de um cruzamento em dialelo na área da genética (HARPER, 1977).

Esses dados foram analisados dentro de uma mesma divisória, sendo então que os tratamentos T1 e T11 não foram considerados nesta análise. Os dados foram então agrupados em divisória impermeável – T2, T7 e T8; permeável – T3, T6 e T9; e sem divisória – T4, T5 e T10.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os dados obtidos para as variáveis altura/comprimento da parte aérea, comprimento de raiz, teor de clorofila e número de folhas foram avaliados por análise de variância e quando houve diferenças, foi utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados dos pesos de parte aérea e de raiz foram analisados utilizando os índices ecológicos já citados. As análises foram realizadas no software estatístico Origin 8.0.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Determinação da densidade crítica

Para o capim-braquiária, a equação linear relativa ao recíproco da biomassa foi $Y = 0,00368 + 0,000625649*N$ (Figura 3A). Com isso, foi estimado que a biomassa máxima para a população de capim-braquiária aos 40 dias após o plantio seja de 1.598,34 g.

Extraindo os coeficientes b_0 e b_1 da regressão linear do capim-braquiária, foi inferido que a equação para a produção esperada do capim-braquiária em função da densidade fosse dada por $Y = N/(0,00368 + 0,000625649*N)$ (Figura 3B). Com isso, foi determinado que, partindo de uma população de 121 plantas.m⁻², não há diferença na produção de biomassa quanto à biomassa máxima.

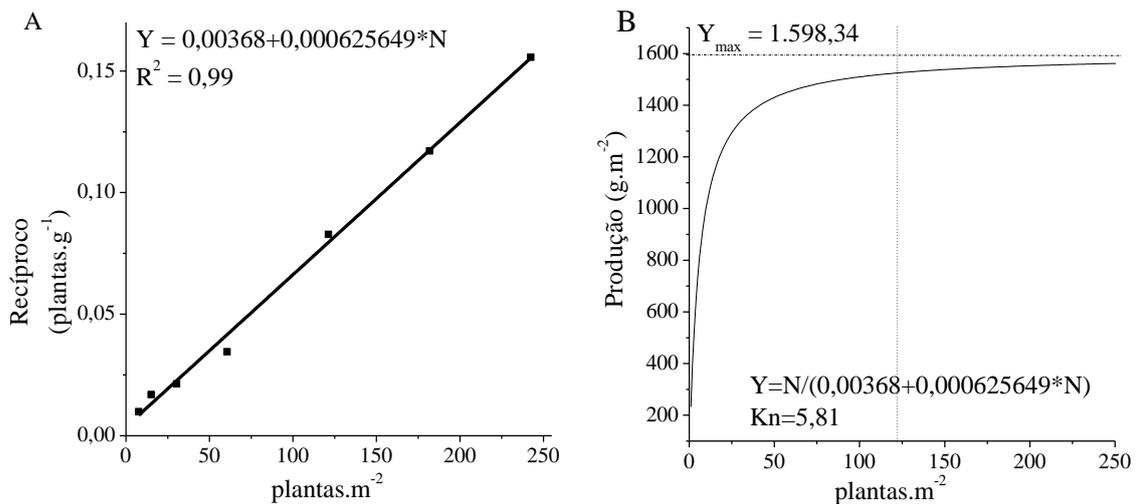


Figura 3. Recíproco da biomassa (A) e produção esperada (B) de capim-braquiária para obtenção da densidade crítica.

Quanto ao agriãozinho, a equação da regressão linear relativa ao recíproco da biomassa foi $Y = 0,13196 + 0,000711428*N$ (Figura 4A). Para essa equação, a biomassa máxima para o agriãozinho aos 40 dias após o plantio seja de 1.405,62 g.

Ao extrair os coeficientes b_0 e b_1 da regressão linear do agriãozinho, a equação resultante da biomassa em função da densidade de agriãozinho foi dada por $Y = N/(0,13196 + 0,000711428*N)$ (Figura 4B).

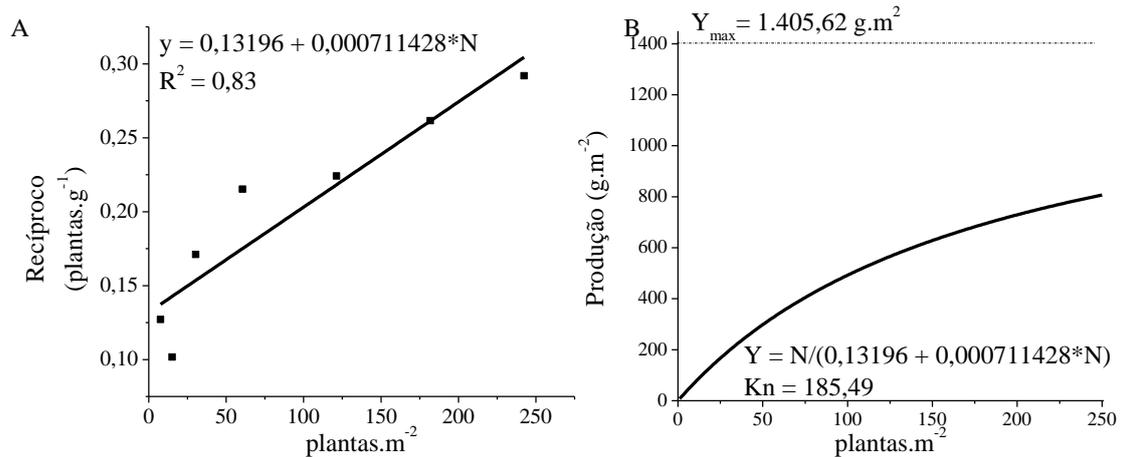


Figura 4. Recíproco da biomassa (A) e produção esperada (B) de agriãozinho para obtenção da densidade crítica.

Quando utilizada a fórmula para extrair a densidade crítica para o agriãozinho, percebe-se que não foi possível chegar a uma população que fosse próxima da biomassa máxima da população, sendo uma população mínima necessária de aproximadamente 10000 plantas.m⁻².

O K_n é a quantidade de plantas necessária para o acúmulo de biomassa ser de 50% da produção máxima esperada. Quanto mais plantas são necessárias para atingir 50%, menor a competição intraespecífica da espécie.

O K_n do capim-braquiária foi de 5,81 plantas (Figura 1B), e o de agriãozinho foi de 185,49 plantas (Figura 2B). Portanto, a competição intraespecífica do capim-braquiária é maior que a de agriãozinho.

Para o experimento substitutivo, é utilizada a menor população crítica entre as duas espécies trabalhadas, portanto foi utilizada a quantidade de 121 plantas.m⁻², densidade crítica do capim-braquiária.

4.2. Experimento substitutivo – qualitativo

Pode-se observar que as duas espécies, quando em convivência, tiveram a biomassa menor que a linha de igualdade estabelecida (Figura 5). Assim, pode-se afirmar que a coexistência das espécies reduz a eficiência de captação de recursos para ambas. O fato de que o acúmulo de biomassa no conjunto ($Y_{rel_{total}}$) está em torno de 50% confirma isso.

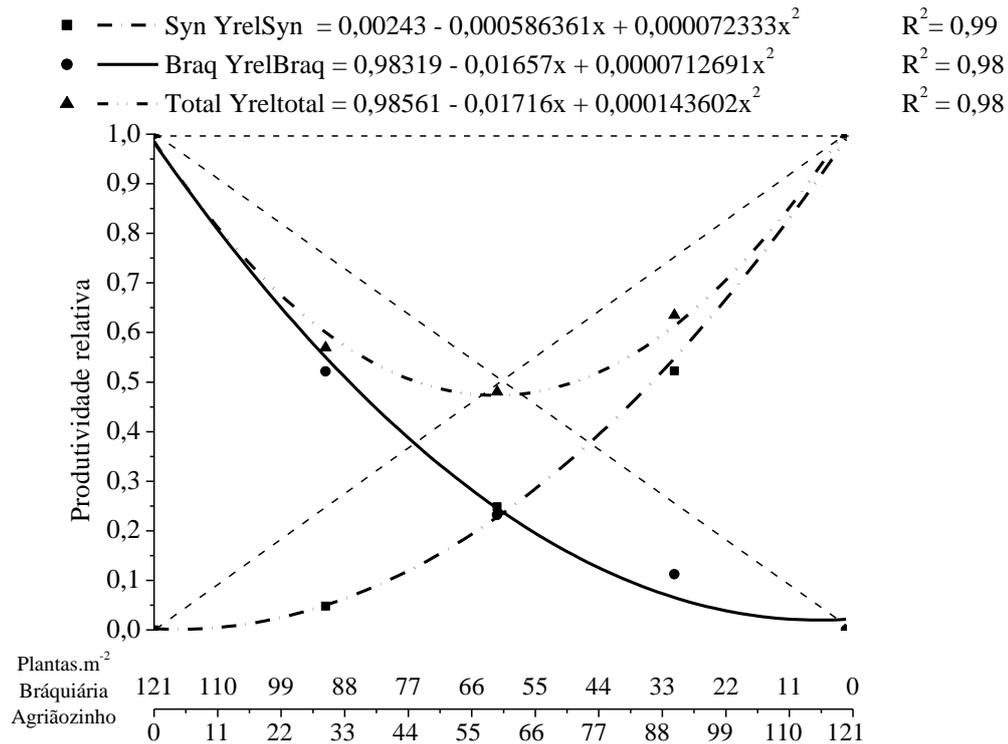


Figura 5. Produção relativa de capim-braquiária e agriãozinho no modelo substitutivo.

Segundo Harper (1977), no comportamento das espécies aqui descrito, a competição interespecífica de cada uma é maior que a intraespecífica, podendo ser causada por duas situações: uma liberação de toxinas (compostos alelopáticos) de uma sobre a outra, que limita o crescimento de cada uma; ou o consumo de elementos por uma espécie A é maior, mas o maior porte de uma espécie B pode ocasionar o sombreamento e, conseqüentemente, um menor rendimento de A.

4.3. Experimento substitutivo – quantitativo

Partindo do recíproco da massa seca de cada espécie, foram obtidas as equações de regressão linear múltipla em função da densidade de cada espécie no tratamento, dadas por: $1/w_a = -24,67609701 + 0,226175469 \cdot N_a + 0,234500221 \cdot N_b$; e $1/w_b = 71,4530262 - 0,570418986 \cdot N_b - 0,579562073 \cdot N_a$, nas quais o subscrito “a” refere-se ao agriãozinho e o subscrito “b” ao capim-braquiária; $1/w$ é o recíproco referente à espécie e N é a densidade da espécie. O R^2 para cada equação é de 0,84 e 0,92, respectivamente. Os dados estão apresentados nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2. Regressão linear múltipla do recíproco das biomassas de agriãozinho e análise de variância.
$$1/w_a = -24,67609701 + 0,223175469 * N_a + 0,244500221 * N_b$$

R múltiplo	0,846235716			
	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>
Interseção	-24,67609701	49,81963147	-0,495308702	0,707226504
Densidade A	0,223175469	0,41208187	0,548860511	0,680437283
Densidade B	0,244500221	0,41343732	0,567196548	0,671536026

ANOVA	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significância</i>
Regressão	2	0,300968132	0,150484066	1,261275869	0,532808702
Resíduo	1	0,119310985	0,119310985		
Total	3	0,420279117			

Tabela 3. Regressão linear múltipla do recíproco das biomassas de capim-braquiária e análise de variância.
$$1/w_b = 71,4530262 - 0,520418986 * N_b - 0,579562073 * N_a$$

R múltiplo	0,927462379			
	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>
Interseção	71,4530262	40,03168533	1,784911767	0,325108969
Densidade B	-0,520418986	0,331121116	-1,722689851	0,334829236
Densidade A	-0,579562073	0,332210259	-1,744564042	0,331352529

ANOVA	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significância</i>
Regressão	2	0,473947836	0,236973918	3,076191667	0,373916482
Resíduo	1	0,077034835	0,077034835		
Total	3	0,550982671			

Com base nos dados das regressões, foram calculados, portanto, os índices ecológicos de competição relativa e o índice de diferenciação de nicho ecológico (IDN), dispostos na Tabela 4.

Tabela 4. Coeficientes de interferência inter e intraespecíficos, índice ecológico de competição e índice de diferenciação de nicho de agriãozinho e capim-braquiária.

	SDPGR	BRADC
$C_{intra} (b_1)$	0,223175469	-0,520418986
$C_{inter} (b_2)$	0,244500221	-0,579562073
C	0,912782279	0,897952109
IDN	0,819634773	

SDPGR: *Synedrellopsis grisebachii*; BRADC: *Urochloa decumbens* – Código Bayer das espécies.

O índice ecológico de competição expressa, para uma determinada espécie A, quantas plantas de uma espécie B causam uma competição interespecífica equivalente à adição de uma planta da espécie A, que causa uma competição intraespecífica (SPITTERS, 1990). Ou seja, uma planta de braquiária compete o mesmo tanto que 0,91 planta de agriãozinho em convivência, e uma planta de agriãozinho compete o mesmo tanto que 0,89 planta de braquiária na mesma condição.

O índice de diferenciação de nicho foi abaixo de 1, ou seja, as plantas ocupam o mesmo nicho total nas condições em que o experimento foi montado. A ocupação do mesmo nicho condiz com as condições de redução da produção relativa das espécies, pois estas espécies tendem a requerer os mesmos recursos (HARPER, 1977).

O gênero *Urochloa* já foi estudado em função de seu potencial alelopático e já foi observada a presença de substâncias que tenham atividade alelopática, como o ácido *p*-cumárico e o ácido aconítico (SOUZA et al., 2006), assim como já foi relatado que um dos motivos do capim-braquiária invadir áreas de vegetação natural é devido parcialmente ao seu potencial alelopático (BARBOSA; PIVELLO; MEIRELLES, 2008). O trabalho de Nepomuceno (2011) indica que a palhada incorporada de *U. ruziziensis*, dessecada antes do plantio da soja, causa efeitos deletérios na produção dessa soja, além de ainda avaliar o potencial alelopático de *U. ruziziensis* através de bioensaios, sendo que a protodioscina, uma saponina esteroide, causa o maior efeito alelopático. Saponinas são hidrossolúveis, o que pode causar a extração da mesma pela água da chuva ou irrigação.

Outros trabalhos relatam o potencial alelopático de *U. decumbens* (SOUZA et al., 1997; SOUZA-FILHO; RODRIGUES; RODRIGUES, 1997; SOUZA; VELLINI; MAIOMONI-RODELLA, 2003; RODRIGUES et al., 2012), contribuindo para confirmar que a espécie está liberando compostos no meio e que esses podem estar afetando o desenvolvimento do agriãozinho.

No caso do agriãozinho, há trabalhos para identificação de metabólitos secundários, encontrando várias classes com potencial alelopático, tais como compostos fenólicos, taninos, esteroides/triterpenos e alcaloides (BARROS et al., 2009), sendo que trabalhos realizados com a planta proveniente de San Miguel de Tucumán – Argentina, encontraram lactonas sesquiterpênicas (HERNÁNDEZ et al., 1996).

Reigosa, Pedrol e Gonzalez (2006) afirmam que os compostos sesquiterpênicos são os mais numerosos e que costumam ser biologicamente ativos, sendo que plantas que possuem lactonas sesquiterpênicas costumam ter propriedades alelopáticas, sendo que a família na qual é mais comum encontrá-los é a Asteraceae.

Os índices ecológicos de competição relativa, agrupamento relativo e agressividade seguem na Tabela 5.

Tabela 5. Coeficientes ecológicos de competitividade relativa (CR), agrupamento relativo (k), agrupamento total (k_{12}) e agressividade (A) de agriãozinho e capim-braquiária.

	SDPGR	BRADC
CR	1,016515546	0,983752785
k	10,46555988	8,799320637
A	0,01483017	

SDPGR: *Synedrellopsis grisebachii*; BRADC: *Urochloa decumbens* – Código Bayer das espécies.

A competitividade relativa (CR) é o crescimento comparado de uma espécie em relação ao da outra. Os índices de agrupamento (k) revelam a dominância de uma espécie sobre a outra. Já o índice de agressividade aponta qual das espécies é melhor competidora quanto à outra (COUSENS; O'NEIL, 1993).

Os valores do CR para ambas as espécies foram semelhantes e a agressividade foi próxima a zero. A diferença entre os valores do índice de agrupamento indicam uma pequena vantagem do agriãozinho sobre a braquiária. Disso pode-se inferir que existe uma dominância do agriãozinho sobre o capim-braquiária. Esse resultado pode explicar as observações a campo, de que o agriãozinho consegue suprimir plantas de capim-braquiária.

Barros et al. (2009) já relataram a presença de compostos fenólicos, taninos, flavonoides, esteroides/triterpenos, saponinas e alcaloides em agriãozinho, sendo que estas são classes de compostos considerados aleloquímicos, entre os quais, flavonoides, saponinas e alcaloides são hidrossolúveis.

Estes compostos podem ser lixiviados pelas plantas e ficar retidos no solo, sendo interceptados mais tardiamente por outras espécies, sendo assim uma das formas pelas quais a alelopatia afeta o processo de sucessão das plantas no ambiente (BAZZAZ, 1979).

Reigosa, Pedrol e Gonzalez (2006) observaram que o solo no qual *Agerathum conyzoides* L. (mentrasto), uma outra espécie da família Asteraceae, se desenvolveu foi fitotóxico, e foram encontrados principalmente compostos fenólicos hidrossolúveis, além de a planta possuir compostos voláteis e óleos ricos em mono e sesquiterpenos, juntamente a fenóis e flavonoides, extraídos no extrato aquoso. Sendo o agriãozinho pertencente à mesma família, é capaz de possuir uma capacidade semelhante, principalmente devido à proximidade química analisada.

4.4. Experimento substitutivo em dialelo

Para o capim-braquiária, houve diferença nos parâmetros clorofila e comprimento de raiz (Tabela 6).

O teor de clorofila diminuiu quando havia apenas metade do espaço para desenvolvimento (tratamento 2). Isso pode ser justificado pelo sombreamento das plantas, que, em espaço reduzido, precisariam de maior taxa fotossintética para manter o crescimento adequado. No tratamento 7, apesar da redução de espaço, não há competição por luz nas mesmas caixas por conta do agriãozinho ser uma planta rasteira.

Tabela 6. Análise estatística para clorofila e comprimento de raiz de capim-braquiária no sistema substitutivo em dialelo.

Tratamentos	Teor de Clorofila (UR)	Comprimento de raiz (cm)
BRADCMONO	47,350 b	53,750 c
BRADCIMP	31,450 a	37,708 ab
BRADCPER	41,488 b	34,792 ab
BRADCSDIV	40,754 ab	36,250 ab
COEXSDIV	43,713 b	51,250 c
COEXPER	43,513 b	31,667 a
COEXIMP	48,538 b	44,667 bc
CV%	8,46	10,30
F	7,33*	12,43*

Médias seguidas de mesma letra dentro da mesma coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; *: significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. BRADC: Capim-braquiária; COEX: Tratamento com coexistência de capim-braquiária e agriãozinho; MONO: tratamento com apenas quatro plantas de uma única espécie; IMP: divisória impermeável; PER: divisória permeável; SDIV: sem divisória.

O comprimento de raiz, como esperado, é maior no tratamento 1, dada a maior disponibilidade de espaço no sistema, sendo que o tratamento 5 obteve resultado igual. O baixo porte das raízes de agriãozinho (KISSMANN; GROTH, 1992) faz com que haja mais espaço para a braquiária poder se desenvolver também.

O tratamento 6 – convivência interespecífica com divisória permeável – obteve o menor desenvolvimento das raízes em tamanho. Considerando que existe a mobilidade da fase aquosa no sistema, essa redução do comprimento pode ser atribuída à presença de compostos alelopáticos sendo transferidos do agriãozinho para a braquiária.

Vários trabalhos com extratos de espécies da família Asteraceae indicam a redução do comprimento radicular de plantas testes (INDERJIT; DAKSHINI, 1994; BUTCKO; JENSEN, 2002; PAULA et al., 2014). Reigosa, Pedrol e González (2006) afirmam que a redução do comprimento de raiz não é incomum na presença de fitotoxinas, mas que costuma ser um efeito secundário.

Quanto ao agriãozinho, só houve diferença no parâmetro clorofila (Tabela 7). A clorofila manteve-se em níveis semelhantes na convivência com o capim-braquiária com os obtidos no tratamento 11, excetuando-se quando na divisória impermeável. Os níveis de clorofila nos tratamentos com divisória impermeável são

semelhantes entre si, sendo que o espaço necessário para o desenvolvimento da espécie é a provável causa dessa mudança.

Tabela 7. Análise estatística para o teor de clorofila de agriãozinho no sistema substitutivo em dialelo.

Tratamento	Teor de Clorofila
COEXSDIV	28,850 a
COEXPER	30,075 a
COEXIMP	40,163 c
SDPGRIMP	32,006 abc
SDPGRPER	30,244 ab
SDPGRSDIV	39,438 bc
SDPGRMONO	29,488 a
CV%	10,16
F	6,24*

Médias seguidas de mesma letra dentro da mesma coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; *: significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. SDPGR: agriãozinho; COEX: Tratamento com coexistência de capim-braquiária e agriãozinho; MONO: tratamento com apenas quatro plantas de uma única espécie; IMP: divisória impermeável; PER: divisória permeável; SDIV: sem divisória.

As massas obtidas, tanto para a parte aérea quanto para as raízes, demonstram uma diferença entre os tratamentos, conforme pode ser visualizado na Tabela 8.

Tabela 8. Resultados dos parâmetros analisados pelo modelo substitutivo em dialelo para a parte aérea e raízes de agriãozinho e capim-braquiária.

Parâmetro	Parte aérea		Raízes	
	SDPGR	BRADC	SDPGR	BRADC
Impermeável				
K	0,942481776	1,061028473	1,142988	0,8749
PRT	1,034220304		0,941952934	
Produtividade	0,828992155		1,017887757	
Agressividade	-0,054157718		0,150594263	
Efeito Relacional	-0,01		0,02	
Efeito Somativo	0,8946875		1,26671875	
Permeável				
K	4,104166667	0,243654822	2,841863	0,351882
PRT	0,545703572		0,45601465	
Produtividade	3,347821489		2,193744876	
Agressividade	2,416216216		0,995324314	
Efeito Relacional	-0,22		-0,25	
Efeito Somativo	0,9621875		0,84421875	
Sem Divisória				
K	0,83189846	1,202069781	0,830076	1,204708
PRT	1,200496537		1,098892147	
Produtividade	1,033968241		1,034784782	
Agressividade	-0,119603465		-0,19580801	
Efeito Relacional	-0,09		0,05	
Efeito Somativo	1,01921875		0,7928125	

O cultivo com a divisória impermeável obteve índices próximos de 1, ou seja, não há nenhuma diferença entre as plantas. Isso é claramente explicado pelo isolamento causado pela barreira.

A barreira permeável, no entanto, obteve valores bem diferenciados, sendo que o agriãozinho teve maiores índice de agrupamento, produtividade, e agressividade, enquanto o capim-braquiária foi bem mais afetado.

Apesar disso, o efeito relacional foi menor que o esperado para uma situação desse nível, sendo negativo. Isso consta que a produção em convivência, apesar de ter sido melhor para o agriãozinho, houve menor desenvolvimento quando comparado com o monocultivo.

A barreira permeável possibilita a passagem de água e solução nutritiva por entre os lados da caixa, o que permite também a passagem de compostos que sejam liberados no meio pelas plantas, que podem ser compostos alelopáticos.

Associado aos estudos fitoquímicos de Barros et al. (2009) e Hernández et al. (1996), que identificaram classes e compostos alelopáticos, entre os quais existem compostos solúveis em água, nas plantas de agriãozinho, a probabilidade da interferência por questão alelopática é bem suportada.

Já os resultados das caixas sem divisórias, o capim-braquiária obteve índices melhores que o agriãozinho. A utilização de recursos pelo capim-braquiária seria bem mais facilitada pelo maior volume de raízes em comparação com o agriãozinho.

5. CONCLUSÕES

A coexistência de capim-braquiária e agriãozinho causa a redução da massa de ambas as espécies, devido à ocupação do mesmo nicho ecológico. Existe uma dominância do agriãozinho sobre o capim-braquiária na fase inicial de desenvolvimento de ambas as espécies, fato que pode ser atribuído a possíveis fatores alelopáticos.

6. REFERÊNCIAS

- ALVES, P.L.C.A. **Estudo das propriedades alelopáticas de espécies de *Eucalyptus* spp. e sua potencialidade no manejo de plantas daninhas.** Jaboticabal: FCAV, 1992. 63p.
- AGOSTINETTO, D.; GALON, L.; MORAES, P.V.D.; RIGOLI, R.P.; TIRONI, S.P.; PANOZZO, L.E. Competitividade Relativa Entre Cultivares de Arroz Irrigado e Biótipo de Capim-Arroz (*Echinochloa* spp.) **Planta Daninha**. v.26, n.4, p.757-766. 2008.
- ASLANI, S.; SAEDIPOUR, S. Competitive interaction of canola (*Brassica napus*) against wild mustard (*Sinapis arvensis*) using replacement series method. **WALIA Journal**, v.31, n.2, p.111-116. 2015.
- AULER, P.A.M.; FIDALSKI, J.; PAVAN, M.A.; NEVES, C.S.V.J. Produção de Laranja 'Pêra' em Sistemas de Preparo de Solo e Manejo nas Entrelinhas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.1, p.363-374. 2008.
- BAKER, H.C. The evolution of weeds. **Annual Review of Ecology and Systematics**. v.5, p.1-24. 1974.
- BARBOSA, E.G.; PIVELLO, V.R.; MEIRELLES, S.T. Allelopathic evidence in *Brachiaria decumbens* and its potential to invade the Brazilian Cerrados. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.51, n.4, p.625-631. 2008.
- BARROS, M.F.; MACEDO, C.S.; SCHLEDER, E.J.D.; DOURADO, D.M.; SOLON, S.; MATIAS, R. Análise fitoquímica, atividade citotóxica e antioxidante de *Synedrellopsis grisebachii* Hieron & Kuntze (Asteraceae) coletada no Pantanal e Cerrado sul-matogrossense. **Revista Bio (In)Formação**, v.3, p.233-248. 2009.
- BAZZAZ, F.A. The Physiological Ecology of Plant Succession. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.10, p.351-371. 1979.
- BLEASDALE, J. K. A. Studies on plant competition. In: HARPER, J.L. (ED) **The biology of weeds**. Oxford: Blackwell Science Publisher. 1960. p.133-142
- BLUM, U. **Plant-Plant Allelopathic Interactions II – Laboratory Bioassays for Water-Soluble Compounds with an Emphasis on Phenolic Acids**. Dorecht: Springer. 2014. 337p.
- BUTCKO, V.M.; JENSEN, R.J. Evidence of Tissue-specific Allelopathic Activity in *Euthamia graminifolia* and *Solidago canadensis* (Asteraceae). **The American Midland Naturalist**. v.148, n.2, p.253-262. 2002.
- CHRISTOFFOLETI, P. J.; VICTORIA FILHO, R. Efeitos da densidade e proporção de plantas de milho (*Zea mays* L.) e caruru (*Amaranthus retroflexus* L.) em competição. **Planta Daninha**, v. 14, n. 1, p. 42-47, 1996.

COUSENS, R. Aspects of the design and interpretation of competition (interference) experiments. **Weed Technology**, v.5, n.3, p.664-673. 1991.

CUNHA, A.J.; MELO, B.; SANTOS, J.C.F. Fitossociologia de plantas daninhas em cafezal intercalado com leguminosas perenes. **Cerrado Agrociências**, v.4, p.9-15. 2013.

DE WIT, C.T. On competition. **Verslag Landbouw-Kundige**, v.66, n.8, p.1-82. 1960.

ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA FCAV/UNESP, CÂMPUS DE JABOTICABAL. **Dados meteorológicos mensais (a partir de 2010)**. Disponível em: <<http://www.fcav.unesp.br/#!/estacao-agroclimatologica/dados/estacao-convencional/>> . Acesso em 05 de agosto de 2015.

FIDALSKI, J., TORMENA, C.A.; SILVA, A.P. Qualidade física do solo em pomar de laranja no noroeste do Paraná com manejo da cobertura permanente na entrelinha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.31, p.423-433. 2007.

FONTANA, L.C.; SCHAEGLER, C.E.; ULGIUM, A.R.; AGOSTINETTO, D.; OLIVEIRA, C. Barley competitive ability in coexistence with black oat or wild radish. **Científica**, v.43, n.1, p.22-29. 2015.

GOELZ, J. C. G. Systematic Experimental Designs. **Native Plants Journal**, v.2, n.2, p.90-96. 2001.

HARPER, J.L. **Population Biology of Plants**. London: Academic Press, 1977. 892p.

HERNÁNDEZ, L.R.; RISCALA, E.C.; CATALÁN, C.A.N.; DÍAZ, J.G.; HERZ, W. Sesquiterpene lactones and other constituents of *Stevia maimarensis* and *Synedrellopsis grisebachii*. **Phytochemistry**, v.42, n.3, p.681-684. 1996.

HERNÁNDEZ, L.R.; RISCALA, E.C.; CATALÁN, C.A.N.; DÍAZ, J.G.; HERZ, W. JAKELATIS, A.; SILVA, A.A.A.; FERREIRA, L.R.; SILVA, A.F. FREITAS, F.C.L. Manejo de plantas daninhas no consórcio de milho com capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*). **Planta Daninha**, v.22, n.4, p.553-560. 2004.

INDERJIT; DAKSHINI, K.M.M. Allelopathic Effect of *Pluchea lanceolata* (Asteraceae) On Characteristics of Four Soils and Tomato and Mustard Growth. **American Journal of Botany**. v.81, n.7, p.799-804. 1994.

JOLLIFFE, P.A. The replacement series. **Journal of Ecology**. v.88, n.3, p. 371-385. 2000.

KISSMANN, K. G. **Plantas infestantes e nocivas** - Tomo I, 2ª ed. São Paulo: BASF, 1997. 825p.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas – Tomo II**. São Paulo: Basf Brasileira, 1992. 789 p.

KOBAYASHI, A.; KATO-NOGUCHI, H. Phytotoxic Substance with Allelopathic Activity in *Brachiaria decumbens*. **Natural Product Communications**, v.10, n.5, p. 761-763. 2015.

LORENZI, H. **Plantas Daninhas do Brasil – Terrestres, Aquáticas, parasitas e Tóxicas**, 4ª edição. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 2008. 640p.

MACHADO, L.A.Z.; ASSIS, P.G.G. Produção de palha e forragem por espécies anuais e perenes em sucessão à soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.4, p.415-422. 2010.

MARCHI, S.R.; BOGORNÍ, D.; BIAZZI, L.; BELLE, J.R. Associações entre glifosato e herbicidas pós-emergentes para o controle de trapoeraba em soja RR[®]. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.12, n.1, p.23-30. 2013.

MATHER, K. Competition and cooperation. **Symposia of the Society for Experimental Biology** v.15, p.264–281. 1961.

MOLISCH, H. **Der Einfluss einer Pflanze auf die andere: Allelopathie**. Gustav Fischer Verlag, Jena. 1937. 116p.

MOREIRA, L.M.; MARTUSCELLO, J.A.; FONSECA, D.M.; MISTURA, C.; MORAIS, R.V.; RIBEIRO JÚNIOR, J.I. Perfilhamento, acúmulo de forragem e composição bromatológica do capim-braquiária adubado com nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.9, p.1675-1684. 2009.

NEPOMUCENO, M.P. **Intervalo de Dessecação de *Urochloa ruziziensis* (R. German & Everard) Crins e Seu Efeito Alelopático na Cultura da Soja RR**. 2011. Tese (Doutorado em Produção Vegetal). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal. 2011.

OLIVEIRA JR, R.S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. **Biologia de Plantas Daninhas**. Curitiba: Omnipax. 2011. 362p.

OLIVEIRA, C.A.V.M. **Fitossociologia da comunidade infestante de gramados de grama-batatais (*Paspalum notatum* Flüggé) em praças de Jaboticabal, SP**. 2011.58f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. 2011.

OLIVEIRA, E.; MEDEIROS, G.B.MARUN, F.; OLIVEIRA, J.C.; SÁ, J.P.; COLOZZI-FILHO, A.; KRANZ, W.M.; SILVA JR, N.F.; ABRAHÃO, J.J.S.; GUERINI, V.L.; MARTIN, G.L. **Recuperação de pastagens no Noroeste do Paraná**. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná. 2000. 96p.

PASSINI, T. **Competitividade e Predição de Perdas de Rendimento da Cultura de Feijão Quando em Convivência com *Brachiaria plantaginea* (Link.) Hitch**. 2001, 146f. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2001.

PASSINI, T.; CHRISTOFOLETTI, P.J.; YADA, I.F.U. Competitivity of the common-bean plant relative to the weed alexandergrass [*Brachiaria plantaginea* (Link) Hitch.]. **Scientia Agricola**, v.60, n.2, p.259-268. 2003.

PATTERSON, D.T. Effects of environmental stress on weed/crop interactions. **Weed Science**, Champaign, v.43, n.3, p.483-490, 1995.

PAULA, C.S.; CANTELLI, V.C.D.; SILVA, C.B.; CAMPOS, R. MIGUEL, O.G.; MIGUEL, M.D. Atividade Alelopática do Extrato e Frações das Folhas de *Dasyphyllum tomentosum* (Spreng.) Cabrera. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**. v.35, n.1, p.47-52. 2014.

PITELLI, R.A. Competição e Controle das Plantas Daninhas em Áreas Agrícolas. **Série Técnica IPEF**, v.4, n.12, p.1-24. 1987.

POTT A., Dinâmica da Vegetação do Pantanal. In: **Congresso de Ecologia do Brasil**, Caxambú-MG, 2007.

PROCÓPIO, S.O., PIRES, F.R.; MENEZES, C.C.E; BARROSO, A.L.L.; MORAES, R.V.; SILVA, M.V.V.; QUEIROZ, R.G.; CARMO, M.L. Efeitos de Dessecantes no Controle de Plantas Daninhas na Cultura da Soja. **Planta Daninha**, v.24, n.1, p/193-197. 2006.

RADOSEVICH, S.R. Methods to Study Interactions among Crops and Weeds. **Weed Technology**, v.1, n.3, p.190-198. 1987.

REIGOSA, M.J.; PEDROL, N.; GONZÁLEZ, L. **Allelopathy: A physiological Process with Ecological Implications**. Dordecht: Springer, 2006. 635p.

RICE, E.L. **Allelopathy**. New York: Academic Press. 1974. 368p.

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

RIZZARDI, M.A.; FLECK, N.F.; VIDAL, R.A.; MERLOTTO JR, A.; AGOSTINETTO, D. Competição por recursos do solo entre ervas daninhas e culturas. **Ciência Rural**. v.31, n.4, p.707-714. 2001.

RODRIGUES, A.P.D.C.; LAURA, V.A.; PEREIRA, S.R.; DEISS, C. Alelopatia de Duas Espécies de Braquiária em Sementes de Três Espécies de Estilozantes. **Ciência Rural**. V.42, n.10, p. 1758-1763. 2012.

SÁNCHEZ-MOREIRAS, A. M.; COBA DE LA PEÑA, T.; MARTÍNEZ, A.; GONZÁLEZ, L.; PELLISIER, F.; REIGOSA, M. J. Mode of action of the hydroxamic acid BOA and other related compounds. In: MACÍAS, F. A.; GALINDO, J. C. G.; MOLINILLO, J. M. G.; CUTLER. H. G. eds. **Allelopathy: Chemistry and mode of action of allelochemicals**. Florida, CRC Press, p.239-252, 2004

SANTOS, B.M.; BEWICK, T.A.; SHILLING, D.G. Competitive interactions of tomato (*Lycopersicum esculentum*) and nutsedges (*Cyperus* spp.) **Weed Science**, v.45, p.229-233. 1997.

SANTOS, C.V.; LEVIEN, R.; SCHWARTZ, S.F.; MAZURANA, M.; PETRY, H.B.; ZULPO, L.; FINK, J.A. Physical-Hydraulic Properties of a Sandy Loam Typic Paleudalf Under Organic Cultivation of 'Montenegrina' Mandarin (*Citrus deliciosa* TENORÉ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, n.6, p.1882-1889. 2014.

SEIFFERT, N.F. **Gramíneas forrageiras do gênero *Brachiaria***. Campo Grande: EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa do Gado de Corte, 1980. 83p. (Circular Técnica, 1).

SILVA, A.M.A.; COELHO, I.D.; MEDEIROS, P.R. Levantamento Florístico das Plantas Daninhas em um Parque Público de Campina Grande, Paraíba, Brasil. **Revista Biotemas**, v.21, n.4, p. 7-14. 2008.

SOUZA FILHO, A.P.S.; RODRIGUES, L.R.A.; RODRIGUERS, T.J.D. Potencial Alelopático de Forrageiras Tropicais: Efeitos Sobre Invasoras de Pastagens. **Planta Daninha**, v.15, n.1, p.53-60. 1997.

SOUZA, L.S.; VELINI, E.D.; MAIOMONI-RODELLA, R.C.S. Efeito Alelopático de Plantas Daninhas e Concentração de Capim-Braquiária (*Brachiaria decumbens*) no Desenvolvimento Inicial de Eucalipto (*Eucalyptus grandis*). **Planta Daninha**. v.21, n.3, p.343-354. 2003.

SOUZA, L.S.; VELINI, E.D.; MARTINS, D.; ROSOLEM, C.A. Efeito alelopático de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) sobre o crescimento inicial de sete espécies de plantas cultivadas. **Planta Daninha**, v.24, n.4, p.657-668. 2006.

SOUZA, L.S.; VELINI, E.D.; MARTINS, D.; ROSOLEM, C.A. Possíveis Efeitos Alelopáticos de *Brachiaria decumbens* Sobre o Crescimento Inicial de Limão Cravo (*Citrus limonia*). **Planta Daninha**. v.15, n.2, p.122-129. 1997.

SPITTERS, C.J.T. On descriptive and mechanistic models for inter-plant competition, with particular reference to crop-weed interaction. In: RABBINGE, R.; GOUDRIAAN, J.; VAN KEULEN, H.; DE VRIES, F.W.T.P.; VAN LAAR, H.H. **Theoretical production ecology: reflections and prospects**. 1990. p. 217-236.

TRENBATH, B.R. Neighbour Effects in the Genus *Avena*. III. A Diallel Approach. **Journal of Applied Ecology**. v.12, n.1, p.189-200. 1975.

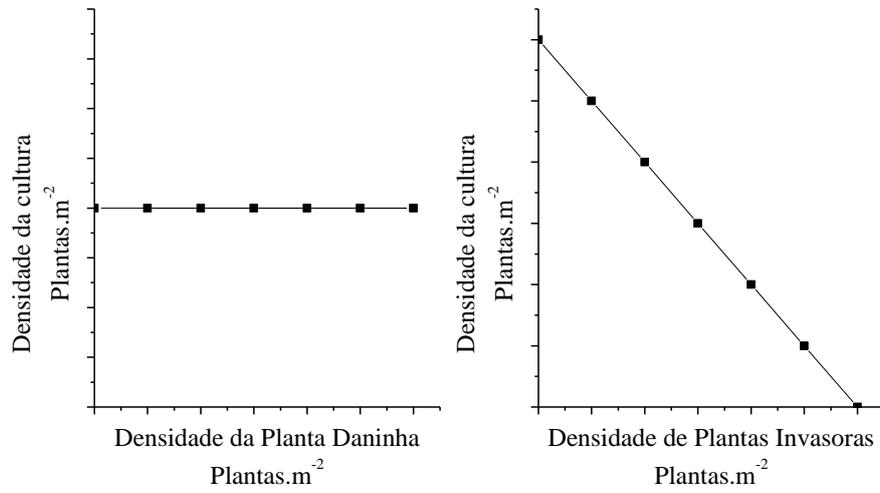
WANDESCHEER, A.C.D.; RIZZARDI, M.A.; REICHERT, M.; GAVIRAGHI, F. Capacidade competitiva da cultura do milho em relação ao capim-sudão. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.13, n.2, p.129-141. 2014.

WILLIS, R.J. **The History of Allelopathy**. Springer: Dorecht, 2007. 321p.

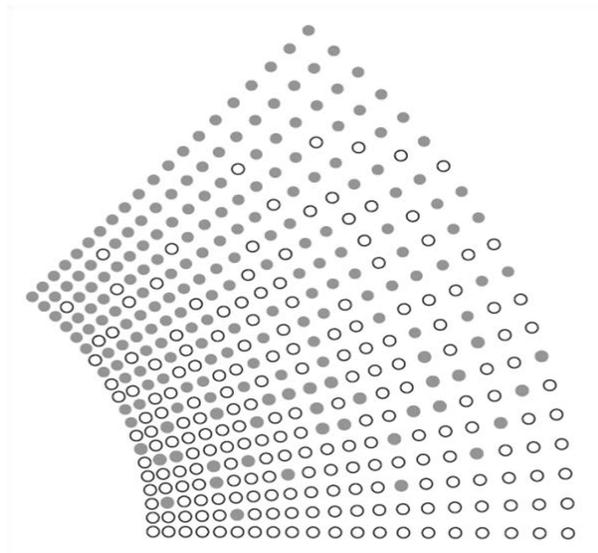
YAMAUTI, M.S.; ALVES, P.L.C.A.; CARVALHO, L.B. Interações competitivas de triticale (*Triticum turgidosecale*) e nabiça (*Raphanus raphanistrum*) em função da população e proporção de plantas. **Planta Daninha**, v.29, n.1, p.129-135. 2011.

ZANINE, A.M.; SANTOS, E.M. Competição entre espécies de plantas – Uma revisão. **Revista da FZVA**, v.11, n.1, p.10-30. 2004.

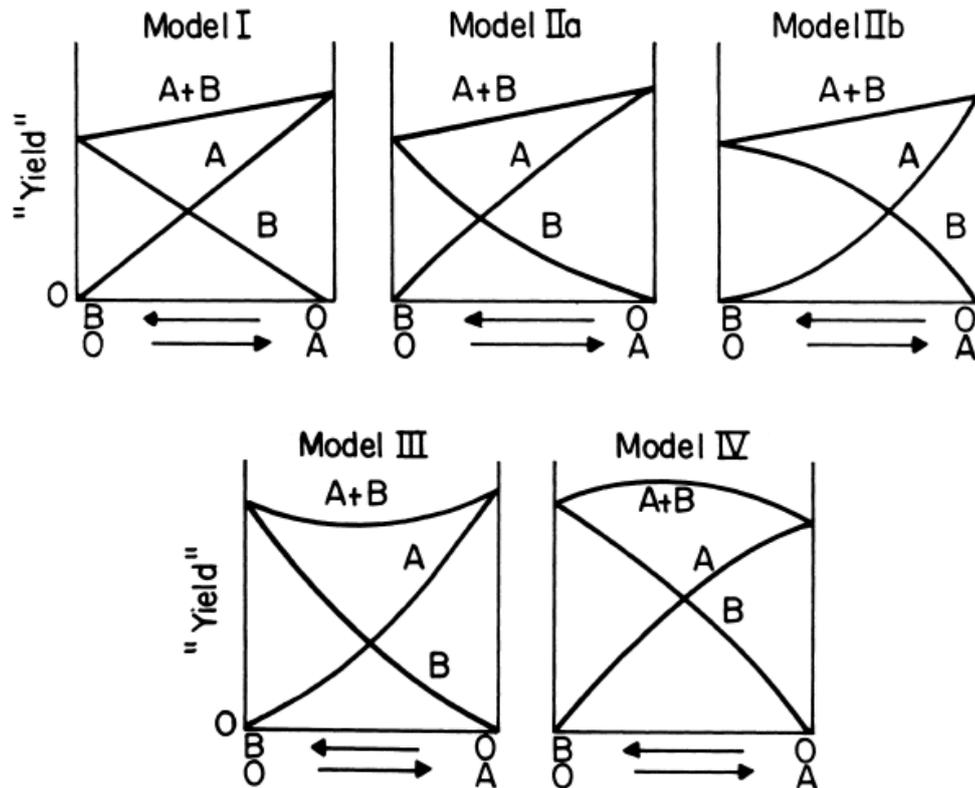
7. APÊNDICE



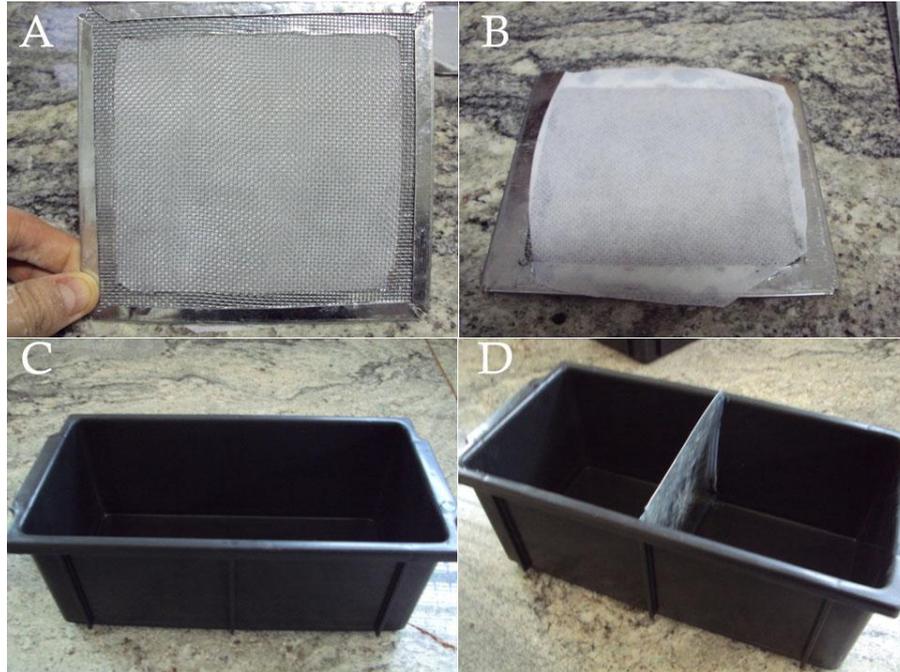
Apêndice 1. Modelo das densidades nos modelos aditivo e substitutivo. Adaptado de Cousens (1991).



Apêndice 2. Modelo de experimento sistêmico de Nelder (GOELTZ, 2001).



Apêndice 3. Modelos previstos de convivência no sistema substitutivo quanto à análise qualitativa. Eixo vertical indica a produtividade relativa e o eixo horizontal indica a quantidade de plantas das espécies A e B, variando de 0 a 1 (HARPER, 1977).



Apêndice 4. Fotos da divisória permeável utilizada e das caixas do experimento substitutivo em dialelo: A e B – Divisória permeável de malha metálica revestida com tecido; C – Caixas utilizadas no experimento; D – Caixa contendo divisória ao meio da caixa (divisória impermeável).



Apêndice 5. Disposição dos tratamentos do experimento.