

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

INTERFERÊNCIA RELATIVA ENTRE O TOMATEIRO
INDUSTRIAL E *Amaranthus viridis*

Bruna Pires da Silva

Engenheira Agrônoma

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

2012

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**INTERFERÊNCIA RELATIVA ENTRE O TOMATEIRO
INDUSTRIAL E *Amaranthus viridis***

Bruna Pires da Silva

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

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

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Julho de 2012

S586i Silva, Bruna Pires da
Interferência relativa entre o tomateiro industrial e *Amaranthus*
viridis / Bruna Pires da Silva. - - Jaboticabal, 2012
x, 60 f.; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2012
Orientador: Pedro Luís da Costa Aguiar Alves
Banca examinadora: Arthur Bernardes Cecílio Filho, Ricardo
Victória Filho
Bibliografia

1. Experimento substitutivo. 2. *Lycopersicon esculentum*. 3.
Caruru-de-mancha. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias.

CDU 632.51:635.64

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

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

BRUNA PIRES DA SILVA – nascida em 05 de março de 1987, na cidade de Jaborandi, estado de São Paulo, filha de Marilza Brunozi Pires da Silva e João Paulo Pires da Silva. Graduiu-se em Engenharia Agrônômica pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Câmpus de Jaboticabal – junto à LIX turma do curso de Agronomia, no dia 05 de fevereiro de 2010. Durante a graduação, estagiou no Laboratório de Plantas Daninhas - LAPDA (Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária – UNESP/ Câmpus de Jaboticabal), e desenvolveu projetos científicos na área de matocompetição, como bolsista de iniciação científica pelo programa PIBIC/CNPq por dois anos consecutivos. Em 2010, ingressou no curso de Mestrado em Produção Vegetal, nessa mesma instituição, dando continuidade aos trabalhos iniciados durante a graduação, com auxílio financeiro do CNPq (agosto/2010 a fevereiro/2011) e da FAPESP (março/2011 a julho/2012), que possibilitaram a elaboração desta dissertação.

*“... Bom mesmo é ir à luta com determinação,
abraçar a vida e viver com paixão.
Perder com classe e vencer com ousadia,
pois o triunfo pertence a quem mais se atreve,
e a vida é ‘muito’ para ser insignificante.
Eu faço e abuso da felicidade
e não desisto dos meus sonhos.
O mundo está nas mãos daqueles que tem coragem de sonhar
e correr o risco de viver seus sonhos.”*

Charles Chaplin

À minha família - minha base, minha fortaleza, meu

exemplo de amor e dedicação,

Ao meu noivo Bruno, pelo imenso amor, apoio, carinho e

compreensão,

DEDICO

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a

conclusão desta etapa da minha vida,

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Agradeço,

A Deus por ter me proporcionado vida e saúde para que eu pudesse concretizar este sonho, e por ter me guiado em todos os momentos da minha vida. Muito obrigada, Senhor!

Ao meu orientador, Prof. Dr. Pedro Luís da Costa Aguiar Alves, pelas orientações, disponibilidade, dedicação, amizade, paciência, e principalmente pelos conselhos. Prof. Pedro, muito obrigada por confiar em mim! Sem o seu apoio, nada disso seria possível.

À Universidade Estadual Paulista – “Júlio de Mesquita Filho” – câmpus Jaboticabal e ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, pela oportunidade de cumprir mais esta etapa da minha vida. Agradeço a todos os professores, tanto da Graduação quanto da Pós-graduação, por terem contribuído, de forma tão valiosa, para a minha formação acadêmica.

Ao Prof. Dr. Silvano Bianco – UNESP/FCAV (banca de qualificação), ao Prof. Dr. Arthur Bernardes Cecílio Filho – UNESP/FCAV (banca de qualificação e defesa) e ao Prof. Dr. Ricardo Victória Filho – ESALQ/USP (banca de defesa). A todos, muito obrigada pelas correções e contribuições para a conclusão deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (Processo 136199/2010-0) e, principalmente, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (Processo 2010/03797-9), pela concessão do auxílio financeiro para o desenvolvimento deste trabalho. A concessão da bolsa de Mestrado, sem dúvida, possibilitou que todos os objetivos propostos fossem cumpridos da melhor forma possível.

À minha família, em especial aos meus pais Marilza e João Paulo, às minhas irmãs Cristiani e Andréia, e às minhas sobrinhas Letícia, Eduarda e Júlia, por serem o meu porto seguro. Eu amo vocês!

Ao meu noivo, Bruno, pelo apoio incondicional em todos os momentos, pela paciência, pelo amor, pelo carinho, pela segurança e incentivo, enfim, por fazer parte da minha vida. Obrigada, meu amor!

A todos os colegas do LAPDA – Laboratório de Plantas Daninhas, em especial à Mariluce Nepomuceno e ao José Valcir Fidelis Martins, pelo apoio, disponibilidade, ajuda, colaboração e pelos ótimos momentos de convivência, que jamais serão esquecidos.

A todos os funcionários do Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária.

À Ana Carolina Dias, pelo auxílio e colaboração na condução do experimento.

A todos os meus amigos mais que especiais, que mesmo distantes sempre me apoiaram e vibraram com as minhas conquistas. Amigos do meu coração, muito obrigada!

A todos os colegas da Gravena Ltda., pela colaboração e confiança. Muito obrigada!

A todos aqueles aqui não nomeados, que colaboraram de forma direta ou indireta para a conclusão deste trabalho.

“Mas, acima de tudo, quero agradecer aquelas pessoas amargas, corruptas, egoístas, traiçoeiras, invejosas, torturadoras, manipuladoras, sem caráter, que cruzaram o meu caminho, pois com essas pessoas eu aprendi a lição mais importante da minha vida: O TIPO DE PESSOA QUE NÃO QUERO SER!” (Maria Rita Avelar)

SUMÁRIO

	Página
INTRODUÇÃO	1
REVISÃO DE LITERATURA	3
MATERIAL E MÉTODOS	15
1. Preparo do substrato	15
2. Obtenção e plantio das mudas	17
3. Tratamentos experimentais	18
4. Delineamento experimental	19
5. Tratamento fitossanitário	19
6. Avaliações realizadas	20
7. Processamento dos Dados	21
RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
1. Aditivo para as Monoculturas	24
2. Substitutivo	31
CONCLUSÕES	48
REFERÊNCIAS	49

INTERFERÊNCIA RELATIVA ENTRE O TOMATEIRO INDUSTRIAL E *Amaranthus viridis*

RESUMO – Objetivou-se com este trabalho determinar a interferência relativa entre tomateiro industrial e caruru-de-mancha (*Amaranthus viridis*). A metodologia utilizada foi a de um experimento aditivo para as duas monoculturas (tomateiro e caruru-de-mancha), que variou de 20 a 100 plantas m^{-2} , para determinar o valor a partir do qual a produção se torna independente do aumento da densidade para cada espécie, e um experimento substitutivo, com a população total de 60 plantas m^{-2} , com cinco proporções de tomateiro:caruru-de-mancha (100:0; 75:25; 50:50; 25:75; 0:100). No experimento aditivo para as monoculturas foram avaliados aos 60 DAP: altura, número de folhas, flores e frutos, biomassa fresca de frutos e biomassa seca de folhas, caule, frutos e total, para as plantas de tomate, e altura, número de folhas, biomassa seca de folhas, caule, inflorescência e total para o caruru-de-mancha. Para o ensaio substitutivo, realizou-se uma avaliação aproximadamente aos 60 DAP (mesmas características avaliadas no aditivo) e outra ao final do término do período experimental (aos 120 DAP), quando foram avaliados também os teores de macronutrientes nas folhas das duas espécies e a produção total dos frutos do tomateiro (número, biomassa fresca e biomassa seca de frutos). Os experimentos foram conduzidos em delineamento experimental de blocos casualizados, com 4 repetições, para cada época de avaliação. A análise da competitividade foi efetuada por meio de diagramas aplicados a experimentos substitutivos e índices de competitividade, sendo os dados médios de produção de frutos (tomateiro) e os teores de macronutrientes das folhas (tomateiro e caruru-de-mancha) submetidos à análise de variância pelo teste F, com as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. O tomateiro apresentou maior habilidade competitiva pelos recursos do meio que o caruru-de-mancha, sendo, para a planta cultivada, a interferência intraespecífica mais importante que a interespecífica.

Palavras-Chave: experimento substitutivo, *Lycopersicon esculentum*, caruru-de-mancha, matocompetição, *Solanum lycopersicum*

RELATIVE INTERFERENCE BETWEEN INDUSTRIAL TOMATO AND *Amaranthus viridis*

ABSTRACT - This work aimed to quantify the relative interference between industrial tomato and *Amaranthus viridis*. It was used an additive experiment for two monocultures (tomato and *A. viridis*), which varied from 20 to 100 plants m⁻², in order to determine the value at which the production became independent from density increase for each species, as well as a replacement series experiment with a total density of 60 plants m⁻² and five proportions of tomato: *A. viridis* (100:0; 75:25; 50:50; 25:75; 0:100). In the additive experiment the height, number of leaves, flowers and fruits, fresh biomass of fruits and dry biomass of leaves, stems, fruits and total for the tomato plants were measured, whereas the height, number of leaves, dry biomass of leaves, stem, inflorescence and total were measured for the *A. viridis*, both at 60 days after planting (DAP). For the replacement series experiment, the same characteristics mentioned above were evaluated at 60 and 120 DAP. In addition, the levels of macronutrients in the leaves of both species were also obtained, as well as the total production of tomato fruits (number, fresh and dry weight of fruits), at 120 DAP. The experiments were set up in a randomized complete block design (RCBD) with four replications for each evaluation period. Competitive analysis was obtained by using diagrams, which are usually applied to replacement series studies, and relative competitive indices. Thus, the average data for the production of fruits (tomato) and the levels of macronutrients in the leaves (tomato and slender amaranth) were analyzed by F test, followed by Tukey test at 5% probability. Tomato presented higher competitive ability for resources than *A. viridis*, and, for the cultivated plant, the intraspecific competition was more important than the interspecific one.

Keywords: replacement series, *Lycopersicon esculentum*, slender amaranth, weed competition, *Solanum lycopersicum*

INTRODUÇÃO

O tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) é proveniente das Américas, sendo a região Andina – que vai do norte do Chile, passando pelo Peru até o Equador – o centro da origem das suas espécies silvestres. Porém, a domesticação e o cultivo do tomateiro foram feitos por tribos indígenas primitivas que habitavam o México. Essa planta recebeu denominação a partir da palavra “tomatl”, nome pelo qual essa espécie é conhecida na língua Nahuatl. O tomate-cereja (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*) é, possivelmente, o ancestral mais próximo das cultivares atualmente plantadas (NUEZ, 1995).

O Brasil destaca-se como um dos maiores produtores desta hortaliça, quando se trata de produção destinada à indústria. Em 2010 foram processadas, no Brasil, cerca de 1,8 milhão de toneladas desta hortaliça. A área destinada ao cultivo do tomate rasteiro no Brasil encontra-se, atualmente, entre 20 mil e 22,5 mil hectares (dependendo da safra) obtendo-se uma produtividade média de 75 a 85 t/ha (ENTRADA..., 2011).

Entretanto, a tomaticultura, como qualquer outra atividade agrícola, está sujeita a perdas na sua produtividade devido a fatores ecológicos. Destaca-se a interferência imposta pelas plantas daninhas como sendo um dos principais fatores.

Carvalho et al. (2008) observaram que *Amaranthus viridis* L. (caruru-de-mancha) é uma espécie com alto potencial de interferência nas culturas agrícolas, proporcionado pelo uso eficiente dos recursos de crescimento fornecidos pelo ambiente, durante os estádios iniciais de crescimento. Verificando o comportamento da planta daninha na cultura do tomateiro, Silva et al. (2010b) relataram que o caruru-de-mancha apresentou um alto potencial de interferência no tomateiro, proporcionando reduções na produção da cultura.

Dentre os fatores ligados à comunidade infestante presente na cultura, a densidade de plantas é, sem dúvida, um dos fatores mais importantes, de tal modo que quanto maior for a densidade da comunidade infestante, maior será a quantidade de

indivíduos que disputam os mesmos recursos do meio, e mais intensa será a competição sofrida pela cultura (PITELLI; KARAM, 1988). Os experimentos substitutivos (HARPER, 1977; WIT, 1960) são uma alternativa para o estudo do processo de competição entre a planta daninha e a cultura, especialmente por levar em consideração o efeito da densidade e da proporção das plantas.

Assim, este trabalho tem por objetivo determinar a interferência relativa da cultura do tomateiro industrial e da planta daninha caruru-de-mancha (*A. viridis*), utilizando o experimento substitutivo.

REVISÃO DE LITERATURA

O tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) é uma planta dicotiledônea, pertencente à família Solanaceae. Os principais representantes desta família são: a batata, a berinjela, o pimentão, a pimenta, o fumo, a maria-pretinha, entre outros. É uma planta anual, herbácea, de caule redondo e piloso, com folhas alternadas com cerca de 11 a 32 cm de comprimento, flores hermafroditas que se organizam em cachos e raiz do tipo pivotante (RODRIGUEZ et al., 1984).

Originou-se da espécie andina *L. esculentum* var. *cerasiforme*, que produz um fruto do tipo cereja, com cores que podem variar entre tons amarelados ou avermelhados. Foi introduzido na Europa pelos espanhóis, entre os anos de 1524 e 1554. Em meados do século XVI, o tomateiro foi utilizado como alimento, pela primeira vez, na Espanha. Também foi a primeira hortaliça a ser industrializada, devido às suas características, como a alta perecibilidade. Inicialmente, o processamento do tomate era caseiro, para o preparo de conserva ou de massa de tomate, evoluindo, posteriormente aos processos industriais (FILGUEIRA, 2001).

No Brasil, a introdução do tomateiro ocorreu por imigrantes europeus (italianos) no final do século XIX (ALVARENGA, 2004), tendo se incrementado com a vinda dos imigrantes japoneses. A industrialização do tomate no Brasil iniciou-se em meados do século XX, e teve um grande impulso na década de 1950, atingindo expansão, modernização e desenvolvimento nos setores produtivos e industriais até o final da década de 1990 (SILVA; GIORDANO, 2000).

O tomate é a hortaliça mais importante, considerando os aspectos socioeconômicos, sendo o segundo produto olerícola cultivado no mundo, superado apenas pela batata, que juntamente com a cebola e o alho são os mais industrializados. O cultivo do tomate é tão globalizado a ponto de se considerar a cultura como cosmopolita (FILGUEIRA, 2003).

A grande variabilidade existente no gênero *Lycopersicon* possibilita o desenvolvimento de cultivares que atendem as mais diversas demandas do mercado de tomate para consumo *in natura* e para processamento. As principais características

agronômicas do tomateiro industrial referem-se, principalmente, à maturação uniforme, rusticidade e resistência a doenças (BARBOSA, 2000).

A produção mundial de tomate tanto destinado à indústria quanto ao cultivo de mesa, em 2009, foi de mais de 151 milhões de toneladas, em uma área cultivada superior a 4 milhões de hectares. China, Estados Unidos e Índia são os maiores produtores mundiais de tomate (AGRIANUAL, 2012).

No Brasil, nono produtor mundial, o tomateiro constitui uma das hortaliças mais importantes comercialmente, com uma produção anual de 4,1 milhões de toneladas, numa área colhida de cerca de 65.000 ha, atingindo uma produtividade média de 63 t ha⁻¹ (AGRIANUAL, 2012). Desse total, a maior parte ainda é destinada ao consumo do tomate *in natura* (tomate de mesa), porém a produção do tomate destinado ao processamento está crescendo cada vez mais. Segundo alguns dados, cerca de 65% da área total é cultivada com tomate de mesa e 35% com tomate para processamento, sendo que a maior parte dessas áreas atingem altas produtividades, podendo atingir até 100 toneladas por ha (TOMATICULTURA..., 2010)

Devido a mudanças nos hábitos alimentares, provocados principalmente pela crescente integração das mulheres no mercado de trabalho, pelo crescimento dos níveis de renda *per capita* nos países de economia emergente, e pelo aumento de número de redes de *fast food*, está ocorrendo um aumento na demanda por produtos derivados da polpa de tomates. O tomate industrial, agregado em complexos industriais, teve grande crescimento de produção no mundo, na metade do século XX. Em 1982, a produção global de tomate foi de 53,9 milhões de toneladas, das quais 10 milhões de toneladas (18,6%) foram destinadas à indústria. Em 1990, a produção mundial foi de 69,3 milhões de toneladas (37,5%) para fins industriais. Esse crescimento exigiu um ajustamento da produção e interferiu no comércio internacional na década de 1990 (CAMARGO et al., 2006).

Analisando a cadeia produtiva de tomate no Brasil e a evolução desse sistema agroindustrial, observa-se que o país, a partir de 1989, tornou-se importador líquido de polpa de tomate, cujo maior fornecedor foi o Chile. No entanto, como a polpa não é produto de alto valor específico, os fretes pesavam substancialmente no custo. No final

da década de 1990, o país chegou a gastar 50 milhões de dólares por ano em polpa de tomate (BRANDÃO; LOPES, 2001). Entre o final do ano de 2010 e o início do ano de 2011, as aquisições de plantas processadores de tomate por gigantes mundiais da indústria de alimentos movimentaram cerca de R\$ 2 bilhões. O objetivo dessas grandes empresas é expandir suas vendas nos países emergentes que têm registrado um aumento no consumo de produtos processados de tomate (ENTRADA..., 2011).

Na cultura do tomate industrial, há vários fatores que podem interferir no processo de colheita, entre eles o espaçamento, o tipo de cultivar utilizado e o controle das plantas daninhas (SILVA; GIORDANO, 2000).

Ainda, a tomaticultura, como qualquer outra atividade agrícola, está sujeita a perdas na sua produtividade devido a fatores climáticos (precipitação, luminosidade, temperatura, umidade relativa), fatores do solo (textura, pH, matéria orgânica, atividade microbiana, sistemas de manejo) e fatores da planta (cultivar, eficiência de absorção, fitossanidade e plantas daninhas).

Destaca-se a interferência imposta pelas plantas daninhas como sendo um dos principais fatores. São conceituadas como daninhas o conjunto de plantas que infestam áreas agrícolas, pecuárias e de outros setores do interesse humano. São plantas com características pioneiras, ou seja, plantas que ocupam locais onde, por qualquer motivo, a cobertura natural foi extinta e o solo tornou-se total ou parcialmente exposto. Este tipo de vegetação, que não é exclusivo de ecossistemas agrícolas, sempre existiu e já foi muito importante na recuperação de extensas áreas onde a vegetação original foi extinta por um processo natural, como ocorreu na deglaciação do período pleistoceno (PITELLI; KARAM, 1988).

As plantas daninhas são responsáveis por grandes perdas de produtividade do tomateiro, uma vez que competem pela água, nutrientes e luz. Algumas plantas emitem toxinas alelopáticas que impedem ou reduzem a germinação e o desenvolvimento do tomate. Outras são hospedeiras alternativas para insetos, patógenos e nematóides. Certos insetos podem ser portadores de vírus podendo reduzir o crescimento, depreciar o produto ou até dizimar o cultivo. Infestações muito fortes de plantas daninhas reduzem a eficiência das colhedoras mecânicas ao destruir seus mecanismos de

recolhimento (HERNANDEZ et al., 2007). A combinação dos fatores citados denomina-se interferência.

O termo interferência refere-se ao conjunto de ações que uma determinada cultura ou atividade do homem recebem, em decorrência da presença das plantas daninhas, num determinado ambiente (PITELLI, 1984). Dentre as formas de interferência direta das plantas daninhas nas culturas agrícolas, a competição, indubitavelmente, é a forma mais conhecida.

A competição entre plantas pode ser definida como os efeitos detrimenais de duas ou mais plantas de diferentes ou da mesma espécie, que convivem num mesmo período de tempo e espaço definidos (SILVA; SILVA, 1991). De uma forma geral, as plantas competem entre si quando um ou mais fatores essenciais para o seu desenvolvimento encontra(m)-se em quantidades insuficientes para suprir as necessidades de todos os indivíduos no ambiente em que estão vivendo. Em condições de recursos escassos, ocorre a competição intra e/ou interespecífica, podendo ser uma mais representativa que a outra, dependendo do nicho que cada espécie ocupa no ecossistema (PASSINI, 2001), ou seja, para que ocorra competição, há necessidade de sobreposição suficiente dos nichos dos indivíduos que competem, de modo que eles passem a utilizar os mesmos recursos. Ainda, a competição apenas se estabelece quando a intensidade de recrutamento de recursos do meio pelos competidores suplanta a capacidade do meio em fornecê-lo ou quando um dos componentes impede o acesso ao recurso por parte do outro competidor (MALUF, 1999).

O conhecimento da capacidade de interferência de plantas daninhas sobre as culturas é importante na tomada de decisão para realização do controle (VIDAL et al., 2004). Entretanto, o balanço competitivo entre as comunidades infestantes e as culturas agrícolas depende de fatores ligados à própria comunidade infestante (composição específica, densidade e distribuição), à cultura (espécie ou variedade, espaçamento e densidade de plantio) e à época de extensão do período de convivência, os quais podem ser alterados pelas condições edafoclimáticas e pelos tratos culturais. Nesse contexto, a densidade de plantas e a época e extensão do período de convivência destacam-se em importância, uma vez que estarão diretamente envolvidas nas

tomadas de decisões quanto à utilização de herbicidas (PITELLI, 1985; LOCKE et al., 2002).

O controle das plantas daninhas na maioria das áreas cultivadas é mundialmente problemático. No Brasil, o produtor, sempre que possível, busca a implantação da área de cultivo em locais recém desmatados, onde o banco de sementes destas espécies daninhas ainda é pequeno (PEREIRA, 2000). No entanto, isso nem sempre é possível.

Diferentemente das práticas empregadas para culturas perenes, o cultivo do tomate, assim como o cultivo para a maioria as hortaliças, caracteriza-se pelo uso excessivo de grade, arado, enxada rotativa, sulcadores em uma mesma área, com excesso de adubações químicas e orgânicas, e com irrigações diárias. Tais características favorecem o aparecimento de populações de plantas daninhas de difícil controle (PEREIRA, 2000).

Dentre as estratégias de controle de plantas daninhas, citam-se as medidas preventivas, as medidas mecânicas, as medidas físicas, químicas e as medidas biológicas.

As medidas preventivas objetivam impedir que as plantas daninhas se estabeleçam em uma determinada área. Estas medidas incluem, por exemplo, o uso de sementes e mudas certificadas, a lavagem de equipamentos, ferramentas, roupas e calçados, a limpeza de canais de irrigação e diques, medidas de quarentena, entre outras (PITELLI, 1987).

Já as medidas mecânicas, bastante utilizadas no cultivo do tomateiro, relacionam-se com as técnicas de cultivo para a eliminação da planta daninha, como por exemplo, arranquio da planta indesejada com a mão, capina com enxada, uso de grade, arado e cultivador (PITELLI, 1987).

Dentre as medidas físicas, tem-se o uso do fogo (calor), da água (inundação e drenagem) e de cobertura morta. O uso do calor geralmente é mais eficiente quando utilizado integrado com outros métodos de controle. A inundação permite o controle de várias espécies perenes, cujo controle é dificilmente realizado por outros processos. A drenagem de áreas inundadas é bastante eficiente no controle de plantas hidrófitas e que, dependendo das condições topográficas, pode ser extremamente eficiente e

econômico. A cobertura morta é bastante eficiente na prevenção de crescimento inicial de plântulas de espécies anuais, prejudicando a fotossíntese nesta fase jovem, e propiciando a morte da planta; além disso, algumas espécies liberam substâncias com propriedades alelopáticas que aumentam a ação de controle de plantas daninhas (PITELLI, 1987).

As medidas químicas de controle são, hoje, as mais difundidas e referem-se ao uso de herbicidas. De acordo com o Agrofite (2012), os herbicidas atualmente registrados para a cultura do tomateiro são à base de cletodim, flazasulfuron, fluazifop-p-butílico, metam-sódico, metribuzim, napropamida, quizalofop-p-etílico e trifluralina. Destes, os mais utilizados na cultura são o metribuzim, o cletodim, o fluazifop-p-butílico, a trifluralina e o flazasulfuron, sendo a maioria indicada para o controle de plantas daninhas de folha estreita, o que dificulta ainda mais o controle de plantas daninhas de folha larga, como o caruru-de-mancha.

Por fim, as medidas biológicas estão ligadas às características de desenvolvimento da cultura que podem impor alguma interferência no desenvolvimento da comunidade infestante, como, por exemplo, a época de plantio e espaçamento, e também referem-se ao uso de inimigos naturais, sejam eles insetos, fungos, ácaros e outros que possam preda/parasitar as plantas daninhas e limitar, assim, o seu crescimento, caracterizando o controle biológico (PITELLI, 1987). Interessante ressaltar que, em áreas de cultivo de tomate, adota-se espaçamento geralmente superior a 1,0 m entre fileiras, o que pode favorecer o desenvolvimento de determinadas espécies infestantes, quanto mais lento for o desenvolvimento inicial do tomateiro.

A duração do tempo da competição determina prejuízos no crescimento, no desenvolvimento e, conseqüentemente, na produção das culturas. O grau de competição interespecífica (entre diferentes espécies de plantas) depende de fatores relacionados à comunidade infestante (composição específica, população e distribuição) e da própria cultura (espécie ou cultivar, espaçamento entre linhas e população de semeadura) (ZANINE; SANTOS, 2004; LAMEGO et al., 2004).

A ocorrência de plantas daninhas na cultura do tomateiro durante todo o ciclo é favorecida, principalmente, pela arquitetura de copa e o espaçamento adotado

(NASCENTE et al., 2004). As plantas daninhas alteram o processo de crescimento e de desenvolvimento do tomateiro, reduzindo a quantidade, o tamanho e o peso dos frutos produzidos, podendo interferir também na maturação dos mesmos e no aumento da quantidade de frutos podres, quanto maior for o período de convivência com as plantas daninhas (HERNANDEZ et al., 2007).

Em cultivos de tomateiros transplantados, foram observadas reduções em até 77% da produção sob infestação de *Chenopodium album*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Amaranthus* spp. e *Digitaria sanguinalis* (WEAVER; TAN, 1983). Reduções de até 80% na produção de tomateiros infestados por *C. album*, *A. artemisiifolia* e *Cenchrus longispinus* foram observadas (FRIESEN, 1979). Em cultivo de tomateiro por três anos, a redução média na produção durante todo o período foi de até 84% na produção sob infestação densa de *C. album*, *Amaranthus* spp, *A. artemisiifolia* e *Setaria viridis* (WEAVER; TAN, 1987).

Segundo Pereira (2000), o controle de plantas invasoras é de grande importância na cultura do tomate, influenciando diretamente a sua produção. Algumas plantas daninhas, como a tiririca (*Cyperus rotundus*), apresentam , ainda, outro fator agravante, que é a produção de substâncias químicas que afetam a germinação e o crescimento do tomateiro (efeito alelopático). O mesmo autor cita que é necessário um manejo adequado de plantas daninhas, visando o controle, a erradicação e a prevenção, evitando prejuízos no desenvolvimento da cultura e, conseqüentemente, prejuízos na qualidade do fruto a ser colhido.

Norris et al. (2001), Nascente et al. (2004), Hillger et al. (2006) e Hernandez et al. (2007), dentre outros, relataram intensa redução na produção de frutos do tomateiro em decorrência da interferência imposta por plantas daninhas, que pode atingir mais de 90% quando a comunidade infestante convive com a cultura durante todo o ciclo agrícola.

Silva et al. (2010a) verificaram que a convivência interespecífica do tomateiro com maria-pretinha (*Solanum americanum*) proporcionou maior altura de plantas de maria-pretinha, mas menor altura e massa seca de folhas e frutos do tomateiro. Houve interação dos fatores adubação e convivência somente para o tomateiro, sendo a altura

e a massa seca de folhas da cultura influenciadas negativamente quando submetidas às maiores doses de adubo e à competição com a planta daninha.

Hernandez et al. (2002), observaram que a maria-pretinha mostrou-se um competidor mais agressivo que o tomateiro industrial, em estudo de monocultura e proporção de plantas, de forma que à medida que se aumentou a densidade da planta daninha, maiores foram as perdas de produtividade do tomateiro. Já Hernandez et al. (2007) observaram que a maria-pretinha, na densidade de 6 plantas m⁻², provocou reduções de até 77% na produção do tomateiro.

Dentre as espécies de plantas daninhas, aquelas pertencentes ao gênero *Amaranthus* são observadas com elevada frequência infestando as áreas agrícolas, onde populações mistas, constituídas por duas ou mais espécies, são comuns (HORAK; LOUGHIN, 2000).

O gênero *Amaranthus* (Amaranthaceae) possui cerca de 60 espécies de plantas, algumas cultivadas e outras invasoras. Aproximadamente 10 espécies pertencentes a este gênero possuem importância como plantas infestantes das lavouras brasileiras (KISSMANN; GROTH, 2000). Os carurus estão presentes em grande parte das áreas agrícolas do Brasil, destacando-se: *Amaranthus viridis* L. (caruru-de-mancha), *A. spinosus* L. (caruru-de-espinho), *A. retroflexus* L. (caruru-gigante) e *A. hybridus* L. (caruru-roxo).

Dentre as principais espécies de *Amaranthus* que afetam o desenvolvimento da planta de tomate, destaca-se *Amaranthus viridis* (caruru-de-mancha). *A. viridis* é uma espécie com alto potencial de interferência nas culturas agrícolas, proporcionado pelo uso eficiente dos recursos de crescimento fornecidos pelo ambiente durante os estádios iniciais de crescimento (CARVALHO et al., 2008).

Caruru-de-mancha (*A. viridis*) trata-se de uma planta anual, ereta, que possui de 40-90 cm de altura. As suas folhas são glabras, com 3-8 cm de comprimento, frequentemente com uma mancha violácea no centro da lâmina. A sua reprodução dá-se por sementes (LORENZI, 2006).

Nas áreas agrícolas, os carurus podem ser caracterizados como plantas de difícil manejo, devido ao extenso período de germinação do banco de sementes, rápido

crescimento e desenvolvimento, elevada produção de sementes viáveis (até 500.000 em plantas de grande porte), longa viabilidade de suas sementes no solo, e dificuldade na identificação das diferentes espécies no campo, sobretudo quando a aplicação dos herbicidas é mais necessária (HORAK; LOUGHIN, 2000).

Segundo Kissmann e Groth (2000), os carurus são plantas daninhas que possuem via de fixação de carbono do tipo C_4 . Este mecanismo fotossintético confere diversas características vantajosas em relação às plantas C_3 , principalmente em ambientes quentes e úmidos (PAUL; ELMORE, 1984), o que contribui para a presença de espécies de *Amaranthus* em áreas de produção de hortaliças, como o tomate, por exemplo, além das culturas da soja, feijão ou algodão (plantas C_3) e cana-de-açúcar (planta C_4).

O potencial de interferência dos carurus, em áreas agrícolas, varia em função da espécie presente, densidade e tempo de emergência em relação à cultura (ALDRICH, 1987; KLINGAMAN; OLIVER, 1994). Ainda, características inerentes à espécie como o hábito de crescimento agressivo e a elevada produção de sementes propiciam aos carurus uma alta competitividade com as culturas por água, luz e nutrientes (MURPHY et al., 1996; KNEZEVIC et al., 1997). Os carurus, de uma forma geral, reduzem o rendimento e a qualidade do produto colhido, além de prejudicarem o processo de colheita (KLINGAMAN; OLIVER, 1994; KNEZEVIC et al., 1997; ROWLAND et al., 1999).

Dusky e Shrefler (1992) registram que a presença de 0,4 plantas/m² de *Amaranthus* sp. no período de três a cinco semanas após a emergência de plantas de alface interfere negativamente na cultura, reduzindo significativamente seu rendimento. Na cultura da melancia (*Citrullus lanatus*), Terry et al. (1997) observaram que a presença de 6 plantas/m² de *Amaranthus* sp. reduziram o rendimento em 100%.

Carvalho e Christoffoleti (2008), avaliando a competitividade de cinco espécies de *Amaranthus* L. na cultura do feijoeiro, por meio de experimentos em delineamentos substitutivos, observaram que a cultura do feijoeiro foi melhor competidora que todas as espécies de *Amaranthus*, quando em proporções iguais de plantas, sendo que A.

deflexus e *A. viridis* foram as espécies que tiveram a fenologia menos afetada pela competição com o feijoeiro.

Marcolini et al. (2010) verificaram que a cultura da beterraba foi muito suscetível à interferência imposta por plantas de *A. viridis*, tendo sua área foliar, número de folhas, massa seca de folhas, diâmetro médio da raiz e massa fresca de raízes significativamente reduzidos mesmo em baixas densidades populacionais da planta daninha; a massa fresca de raízes foi a mais sensível à interferência.

Blanco (1972) ressalta que, em comunidades muito densas, a importância que cada espécie como elemento competitivo fica diminuída, havendo maior equivalência entre as espécies. Mas Alves et al. (1986) relataram que o efeito inibitório do gênero *Amaranthus* pode ser devido à alelopatia.

Avaliando o crescimento e o desenvolvimento de cinco plantas daninhas do gênero *Amaranthus* (*Amaranthus deflexus*, *A. hybridus*, *A. retroflexus*, *A. spinosus* e *A. viridis*) em condições não competitivas, Carvalho et al. (2008) observaram que dentre todas as plantas avaliadas, *A. viridis* foi a de melhor adaptabilidade ecológica para as condições em que o experimento foi desenvolvido. Além de acumular grande quantidade de massa seca e área foliar, foi possível observar um rápido desenvolvimento vegetativo e crescimento absoluto, o que sugere que *A. viridis* é uma espécie com alto potencial de interferência nas culturas agrícolas, proporcionado pelo uso eficiente dos recursos fornecidos pelo ambiente durante os estádios iniciais de crescimento.

Silva et al. (2010b), avaliando a competitividade e a interferência de tiririca (*C. rotundus*), picão-preto (*Bidens pilosa*), maria-pretinha (*S. americanum*) e caruru-de-mancha (*A. viridis*) na cultura do tomate, observaram que o caruru-de-mancha acumulou mais matéria seca e cresceu mais que as outras espécies, demonstrando o seu maior potencial de interferência na cultura. O caruru-de-mancha, juntamente com a maria-pretinha, reduziram a produção do tomateiro. Verificaram ainda que *A. viridis* afetou mais o acúmulo de macronutrientes do tomateiro que *S. americanum* e as outras plantas daninhas.

Estudando a marcha-de-absorção de macronutrientes em *A. viridis* (BIANCO et al., 2006) e *S. americanum* (BIANCO et al., 1997), foi constatado pelos pesquisadores que essas espécies podem ser extremamente agressivas na competição por nutrientes com as plantas cultivadas.

De acordo com Qasem (1992), reduções significativas da produtividade do tomateiro ocorreram quando as plantas daninhas do gênero *Amaranthus* infestaram principalmente os primeiros 14 dias após o transplante.

Arnaud et al. (2007) identificaram que algumas plantas daninhas, entre elas, o *A. viridis*, são hospedeiras naturais de *Begomovirus*, importante gênero de vírus associado à cultura do tomateiro no Brasil.

É conhecido que dentre todos os fatores ligados à comunidade infestante, a densidade de plantas é, sem dúvida um dos fatores mais importantes, de tal modo que quanto maior for a densidade da comunidade infestante, maior será a quantidade de indivíduos que disputam os mesmos recursos do meio, e mais intensa será a competição sofrida pela cultura (PITELLI; KARAM, 1988).

Em áreas de produção agrícola, a população das plantas cultivadas é mantida constante, enquanto a das plantas daninhas varia de acordo com o grau de infestação encontrado no local (CHRISTOFFOLETI; VICTORIA FILHO, 1996; PASSINI, 2001).

No Brasil, a maioria das pesquisas de competição entre plantas daninhas e plantas cultivadas determina o período crítico de competição (CHRISTOFFOLETI, 1988). Desta forma, é importante o uso de delineamentos experimentais e metodologias de análise que procurem entender o processo competitivo de forma mais mecânica, e não apenas quantificar perdas (CHRISTOFFOLETI ; VICTORIA FILHO, 1996).

Dentre as metodologias existentes, os esquemas substitutivos são uma alternativa para a compreensão do processo competitivo entre plantas, especialmente quando relacionado com o estudo do efeito da densidade e da proporção entre plantas em uma comunidade infestante. Experimentos substitutivos são delineados de tal maneira que existe um controle da densidade e proporção das espécies em estudo (HARPER, 1977; WIT, 1960), mantendo constante a densidade e variando as proporções das duas espécies. Nestes tipos de experimentos, assume-se que a

densidade total de plantas é suficientemente grande de tal forma que satisfaça a chamada “lei da produção final constante”, onde a produção de biomassa por unidade de área é independente da densidade das plantas naquela área (CHRISTOFFOLETI; VICTORIA FILHO, 1996).

O delineamento substitutivo foi introduzido em 1960 e tem sido usado principalmente com os objetivos de determinar o melhor competidor entre duas espécies ou biótipos e compreender como as duas espécies interagem entre si (COUSENS, 1991). Os tratamentos são estabelecidos a partir do estande puro de uma espécie e, progressivamente, suas plantas são substituídas por outras de uma segunda espécie até se obter o estande puro dessa última (SPITTERS, 1983). Além disso, as espécies também devem configurar a proporção 1:1 (CONNOLLY, 1988).

A interpretação dos dados de um experimento substitutivo pode ser feita de maneira convencional (qualitativa), resultando na medida da competitividade das espécies baseada na resposta relativa da produção de biomassa pela variação da proporção (HARPER, 1977; MCGILCHRIST; TRENBATH, 1971; WIT; VAN DEN BERGH, 1965). Também, é possível interpretar os resultados quantitativamente, com o uso de equações matemáticas e representações gráficas onde se estabelecem índices de competição intra e interespecífica e diferenciação de nicho ecológico (SPITTERS, 1983; JOLLIFFE et al., 1984).

MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos – aditivo para as monoculturas (tomateiro e caruru-de-mancha) e substitutivo – em área experimental anexa ao Laboratório de de Plantas Daninhas (LAPDA), pertencente ao Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária, nas dependências da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP – FCAV), Câmpus de Jaboticabal-SP, cujas coordenadas geográficas são 21° 15' 22" Latitude Sul, 48° 18' 58" Longitude Oeste e altitude de 595 m. O clima da região é do tipo Cwa, baseado na classificação internacional de Köppen. Na época das águas, predominam as chuvas de verão, e o inverno é relativamente seco.

O experimento aditivo para as monoculturas foi conduzido no período de 12 de fevereiro de 2011 a 06 de abril de 2011, e o substitutivo de 13 de agosto de 2011 a 22 de novembro de 2011, ambos em condições semicontroladas (sem restrição de água).

O experimento aditivo para as monoculturas de tomateiro e de caruru-de-mancha foi realizado com o objetivo de se determinar a população de plantas a partir da qual a massa seca da parte aérea por unidade de área (g m^{-2}) torna-se independente da população, de acordo com a “lei da produção final constante” (RADOSEVICH et al., 1987). O segundo experimento, substitutivo, foi instalado após o término do experimento com as monoculturas, e utilizou a densidade de plantas estabelecida no primeiro experimento.

1. Preparo do substrato

Para os dois experimentos utilizou-se solo coletado da camada arável de um Latossolo Vermelho Escuro (LVE).

Primeiramente, para o experimento de monoculturas, uma amostra composta do solo foi submetida às análises física e química de rotina, realizadas no Departamento de Solos e Adubos da FCAV/UNESP. Com base na análise de solo (Tabela 1), foram realizadas a gessagem e a adubação de plantio. Primeiramente, cerca de 40 dias antes do plantio, incorporou-se ao solo o equivalente a 3.258 kg ha^{-1} de gesso; depois, cerca

de 0,5 t ha⁻¹ de calcário (obs.: mesmo a análise de solo indicando não ser necessária, realizou-se a calagem). Para a adubação de plantio, utilizou-se o equivalente a 740 kg/ha do adubo 4-14-8, aos 20 dias antes do plantio das mudas.

Depois, para o experimento substitutivo, foram retiradas amostras do solo presente nas caixas utilizadas no primeiro experimento, e, com base nos resultados das análises de rotina (Tabela 2), também realizadas no Departamento de Solos e Adubos (FCAV/UNESP), fez-se apenas a adubação de plantio (740 kg ha⁻¹ do adubo 4-14-8).

Tanto para um experimento quanto para o outro, o fornecimento do adubo de cobertura foi feito com uréia (44% de N) e cloreto de potássio (60% de K₂O), em doses de 80 kg ha⁻¹, aos 30 dias após o plantio das mudas, para o experimento aditivo (monoculturas); para o experimento substitutivo, as doses foram parceladas em duas aplicações, aos 30 e aos 60 dias após o plantio.

Tabela 1. Análises química e física de uma amostra do solo utilizado para o experimento aditivo para as monoculturas. Jaboticabal - SP, 2011.

Análise Química									
pH em CaCl ₂	M.O.	P resina	K	Ca	Mg	H+ Al	SB	T	V
	g/dm ³	mg/dm ³	mmol _c / dm ³						%
6	21	66	4,3	49	28	18	81,3	99,3	82
Análise Física									
Argila	Limo	Areia		Classe textural					
		Fina	Grossa						
g/kg				Argilosa					
543	197	160	100						

FONTE: Laboratórios de Física do Solo e de Fertilidade do Solo da FCAV/UNESP.

Tabela 2. Análises química e física de uma amostra do solo presente nas caixas (experimento substitutivo). Jaboticabal – SP, 2011.

<i>Análise Química</i>									
pH em CaCl ₂	M.O. g/dm ³	P resina mg/dm ³	K	Ca	Mg	H+ Al	SB	T	V
						mmol _c /dm ³			%
6	22	310	7,3	73	14	22	94,3	116,3	81
<i>Análise Física</i>									
Argila		Limo		Areia		Classe textural			
				Fina	Grossa				
				g/kg					
433		334		140		93		Argilosa	

FONTE: Laboratórios de Física do Solo e de Fertilidade do Solo da FCAV/UNESP

2. Obtenção e plantio das mudas

Para a obtenção das mudas, nos dois experimentos, as sementes de tomateiro (*Lycopersicon esculentum*) e de caruru-de-mancha (*Amaranthus viridis*) foram semeadas em bandejas hortícolas de 128 células, em número de duas ou cinco por células, respectivamente, preenchidas com substrato hortícola (Plantmax®). Ao longo do desenvolvimento das plântulas, realizou-se o desbaste manual em cada célula para que ao final restasse apenas uma muda por célula. Após 25 dias da semeadura em bandeja, as mudas das duas espécies foram transplantadas para os respectivos recipientes. As sementes de caruru-de-mancha foram obtidas de plantas em plena frutificação, enquanto as sementes de tomate foram adquiridas no comércio.

Neste trabalho, tanto no experimento de monoculturas como no experimento substitutivo, foram empregadas sementes do híbrido HEINZ 9553 (Tabela 3), de grande utilização em áreas comerciais de tomate industrial no Brasil.

Tabela 3. Características da planta e do fruto do genótipo HEINZ 9553 de tomateiro para processamento industrial (CARVALHO et al., 2003).

HEINZ 9553		
Características da Planta	Hábito de crescimento	<i>Determinado</i>
	Porte	<i>Pequeno</i>
	Uniformidade	<i>Excelente</i>
	Resistência a doenças ¹	<i>Ve-1 Fol-1 Fol-2 N St</i>
Características do Fruto	Formato de fruto	<i>Alongado</i>
	Firmeza do fruto	<i>Firme</i>
	Cor externa	<i>Bom</i>
	Preenchimento interno	<i>Cheio</i>
	Teor de água	<i>Excelente</i>
	Quantidade de sementes	<i>Normal</i>
	Podridão apical	<i>Ausente</i>
	Rachaduras	<i>Ausente</i>
	Dias para maturação	<i>110 a 120</i>
	ICM ²	<i>2</i>
Facilidade de colheita ³		<i>Jointless</i>

¹ Ve-1= Resistência a *Verticillium* raça 1; Fol-1 = Resistência a *Fusarium* raça 1; Fol-2= Resistência a *Fusarium* raça 2; N = Resistência a Nematóides spp.; St = Resistência a *Stemphyllum* spp.

² ICM = Índice de concentração de maturação de frutos (1 = alta concentração; 4 = baixa concentração);

³"Jointless" ("sem joelho") - o pedúnculo permanece aderido à planta quando o fruto é destacado, facilitando a operação de colheita manual e evitando o trabalho de remoção dos pedúnculos na linha de processamento.

3. Tratamentos Experimentais

Primeiramente conduziu-se o experimento aditivo para as monoculturas, ou seja, os tratamentos contendo apenas cada uma das espécies (tomateiro ou caruru-de-mancha), com densidades equivalentes a 20, 40, 60, 80 e 100 plantas m⁻².

Com os dados do primeiro experimento, instalou-se um segundo, este em esquema substitutivo composto de cinco tratamentos com diferentes proporções das duas espécies em convivência, de acordo com a densidade crítica determinada nos experimentos de monocultura, tal qual estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4. Descrição dos tratamentos experimentais compostos por diferentes proporções na densidade da planta cultivada e da daninha, em esquema substitutivo.

Tratamentos	Número de plantas por m ²	
	Tomateiro	Caruru-de-mancha
100:0	60 (100%)	0 (0%)
75:25	45 (75%)	15 (25%)
50:50	30 (50%)	30 (50%)
25:75	15 (25%)	45 (75%)
0:100	0 (0%)	60 (100%)

Os recipientes utilizados nos experimentos de monocultura e substitutivo foram caixas de fibrocimento com capacidade para 108 litros (60 x 60 x 30 cm de largura, comprimento e altura, respectivamente).

4. Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado para os dois experimentos foi o de blocos ao acaso, com cinco tratamentos em quatro repetições para o aditivo (monoculturas) e cinco tratamentos em 4 repetições para o substitutivo (para cada época de avaliação).

5. Tratamento fitossanitário

No decorrer do período experimental dos dois experimentos, foi realizada a irrigação periódica das plantas (sempre que visualmente necessária).

Todas as práticas necessárias para a manutenção das boas condições sanitárias das plantas foram adotadas, realizando-se aplicações preventivas e curativas de

inseticidas e fungicidas, cerca de duas a três vezes por semana. Os defensivos utilizados estão descritos na Tabela 5.

Tabela 5. Defensivos utilizados no experimento de monoculturas e no experimento substitutivo.

	Produto comercial (p.c.)	Princípio Ativo	Formulação	Dose (g ou mL p.c./L)
Inseticidas	Actara® 250 WG	thiametoxam	granulado dispersível	1,00
	Lannate® BR	metomil	concentrado solúvel	1,00
Fungicidas	Manzate® WG	mancozebe	granulado dispersível	3,00
	Kasumin®	cloridrato de kasugamicina	concentrado solúvel	3,00
	Kocide® WDG	hidróxido de cobre	granulado dispersível	3,00

As plantas daninhas que emergiram espontaneamente nas parcelas experimentais foram arrancadas manualmente.

6. Avaliações realizadas

Aditivo para as monoculturas

As avaliações foram feitas aproximadamente aos 60 dias após o plantio (DAP) das mudas nas caixas, mensurando-se altura, número de folhas, flores e frutos, biomassa fresca de frutos e biomassa seca de folhas, caule, frutos e total, para as plantas de tomate e altura, número de folhas, biomassa seca de folhas, caule, inflorescência e total para o caruru-de-mancha. A biomassa seca das duas espécies foi obtida após a secagem do material em estufa com circulação forçada de ar a 70°C, e a área foliar destas plantas, obtida através do aparelho de medição foliar (LiCor 3000A).

Substitutivo

Para o experimento substitutivo, realizou-se uma avaliação aproximadamente aos 60 DAP (mesmas características avaliadas no aditivo) e outra ao final do término do período experimental (aproximadamente 120 DAP), quando foram avaliados também os teores de macronutrientes nas folhas das duas espécies e a produção total dos frutos do tomateiro (número, biomassa fresca e biomassa seca de frutos).

Para a análise dos teores médios de macronutrientes, a biomassa seca das folhas foi determinada mediante prévia lavagem do material verde, de acordo com Sarruge e Haag (1974), e secagem em estufa a 70°C por 96 horas, sendo o material seco posteriormente pesado em balança eletrônica de precisão de 0,01 g. Em seguida, o material seco foi moído e encaminhado para a determinação dos teores de nitrogênio total (N) e fósforo (P), segundo Sarruge e Haag (1974), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), segundo Jorgensen (1977), e enxofre (S), segundo Vitti (1989). Os teores médios de macronutrientes estudados foram transformados para as normas atuais, em g kg⁻¹. O acúmulo de macronutrientes foi calculado multiplicando-se o acúmulo de matéria seca da folha pelo teor do nutriente nesta parte da planta.

Os frutos foram colhidos quando estavam totalmente maduros, aderidos à planta e firmes, na coloração vermelha intensa, indicando o máximo de sabor e aroma. Foram realizadas, ao longo da condução do experimento, cerca de sete coletas. As coletas se iniciaram no dia 24 de outubro de 2011, sendo a última coleta realizada no dia 19 de novembro de 2011.

7. Processamento dos Dados

Aditivo para as monoculturas

Os dados obtidos no experimento aditivo para as monoculturas foram submetidos à análise de regressão não-linear. As características das duas espécies afetadas negativa e significativamente pela interferência intraespecífica foram, então, representadas por meio de um gráfico, contendo os valores expressos por planta, em relação à densidade de 20 plantas m⁻². Para tanto, considerou-se os valores

apresentados na densidade de 20 plantas m^{-2} como referência (100%), e todos os outros valores absolutos obtidos nas demais densidades foram calculados em relação aos valores da menor densidade. Realizou-se também uma análise através de regressão linear do recíproco da biomassa seca da parte aérea (folhas + caule) – MSPA, como variável dependente (1/MS) e o recíproco da densidade como variável independente (1/D). Os dados do recíproco da biomassa seca da parte aérea produzida pela população de plantas por metro quadrado foram submetidos à análise de regressão pelo sigmoidal de Boltzman ($Y = \frac{A1-A2}{1+e^{\frac{x-x0}{dx}}} + A2$), em que A1 = produção mínima de biomassa seca, A2 = produção máxima, x = população, dx = velocidade de ganho da espécie com o aumento da densidade, e x0 = coeficiente Kn. Em função dessa regressão, foi determinada a produção máxima teórica (Ymáx) e a população em que é atingida a produção de 50%, ou seja, o coeficiente Kn, que determina a sensibilidade da espécie à competição intraespecífica. Esse foi o modelo cujos dados melhor se ajustaram, seguindo procedimento proposto por Wit e van den Bergh (1965).

Para a análise dos dados foi utilizado os softwares: AgroEstat – Sistema para Análises Estatísticas de Ensaio Agronômicos - Versão 1.0 (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2011)¹ e OriginPro (v. 8.0) - OriginLab Corporation (ORIGINPRO 8.0 SR4, 2008).

Substitutivo

Os dados provenientes do experimento substitutivo, aos 60 e 120 DAP, foram submetidos à análise convencional, cujos resultados foram interpretados visualmente através de um gráfico contendo a resposta da produção relativa de biomassa seca da parte aérea (caule + folhas) em relação à proporção, comparando-se, para as duas espécies, a produção esperada (hipótese da não-interação entre as plantas) com a produção obtida (HARPER, 1977; WIT, 1960; WIT; VAN DEN BERGH, 1965).

¹ BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. **AgroEstat** - Sistema para Análises Estatísticas de Ensaio Agronômicos, Versão 1.0, 2011. Ainda não disponível.

Também, aos 60 DAP, calculou-se o coeficiente relativo de superpopulação (CRS), proposto por WIT (1960), que mede a agressividade das duas espécies, utilizando-se a seguinte fórmula: $[(\text{MSPA tomateiro em convivência} / \text{MSPA caruru-de-mancha em convivência}) / (\text{MSPA tomateiro em monocultura} / \text{MSPA caruru-de-mancha em monocultura})]$, para cada proporção de plantas, na densidade crítica adotada.

Os dados médios de produção de frutos (tomateiro) e análise de macronutrientes das folhas (tomateiro e caruru-de-mancha) foram submetidos à análise de variância pelo teste F, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Para a análise dos dados foram utilizados os softwares OriginPro (v. 8.0) - OriginLab Corporation (ORIGINPRO 8.0 SR4, 2008) e Assistat Versão 7.6 beta (SILVA, 2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Aditivo para as monoculturas

As Figuras 2 e 3 apresentam os valores relativos das características avaliadas no experimento de monoculturas de caruru-de-mancha e de tomateiro, expressos por planta, e em relação à densidade de 20 plantas m⁻². Os resultados da análise de regressão para os valores absolutos encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6. Resultados da análise de regressão para os valores absolutos obtidos nas monoculturas de tomateiro e caruru-de-mancha (*Amaranthus viridis*).

	Características	Equação	R ²
Tomateiro	Número de folhas	$y = 17,1 - 0,2x + 0,00123214x^2$	96,99*
	Número de flores	$y = 3,5 - 0,1x + 0,00047321x^2$	99,38*
	Número de frutos	$y = 5,8 - 0,1x$	92,89**
	Área foliar (cm ²)	$y = 589,13 - 4,39x$	90,62**
	MF frutos (g)	$y = 21,5875 - 0,2231x$	84,79**
	MS caule (g)	$y = 7,4950 - 0,1189x + 0,0007x^2$	93,85*
	MS folha (g)	$y = 4,9000 - 0,0840x + 0,0005x^2$	97,09**
	MS inflorescência (g)	$y = 0,0293 - 0,0007x + 0,00000424x^2$	97,39**
	MS frutos (g)	$y = 1,1250 - 0,01125000x$	91,01**
	MS total (g)	$y = 13,9100 - 0,2307x + 0,0012x^2$	96,46*
Caruru-de-mancha	Altura (cm)	$y = 73,16 - 0,23x$	86,38**
	Número de folhas	$y = 62,9 - 0,9x + 0,00461607x^2$	99,61**
	Área foliar (cm ²)	$y = 563,32 - 10,650x + 0,06x^2$	99,76**
	MS caule (g)	$y = 7,2603 - 0,1376x + 0,0007x^2$	99,91**
	MS inflorescência (g)	$y = 4,6009 - 0,0903x + 0,0005x^2$	96,63**
	MS folhas (g)	$y = 2,6021 - 0,0488x + 0,00028x^2$	95,60**
	MS total (g)	$y = 14,4635 - 0,2768x + 0,0016x^2$	95,50**

*significativo ao nível de 5% de probabilidade; **significativo ao nível de 1% de probabilidade.

O aumento na densidade de plantas de caruru-de-mancha afetou negativamente, principalmente o número de folhas, a área foliar, a biomassa seca de caule, inflorescência, folhas e total (Figura 1 e Tabela 6).

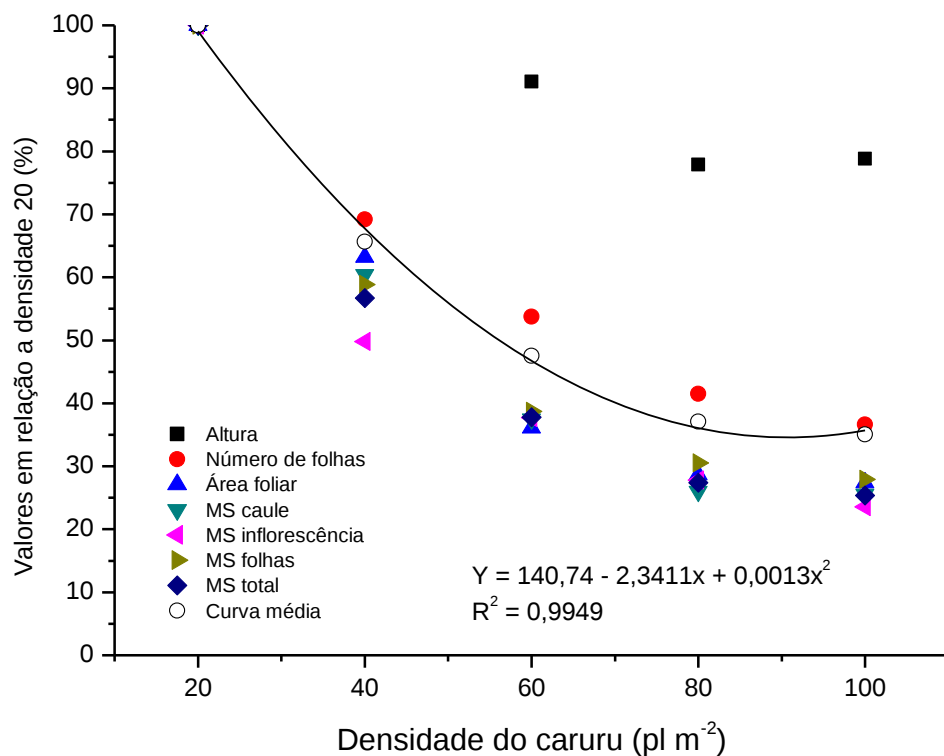


Figura 1. Variação das características do caruru-de-mancha (*Amaranthus viridis*), quando em convivência intraespecífica em densidades populacionais crescentes, em relação à densidade de 20 plantas m⁻².

Observou-se, por meio da equação de regressão (Tabela 6), que a altura do caruru-de-mancha foi uma característica pouco responsiva, de forma que quando a densidade passou de 20 para 40 plantas m⁻², a altura foi afetada em cerca de 9%, em

relação ao valor calculado para a densidade de 20 plantas m^{-2} . Já na densidade de 60 plantas m^{-2} , a redução obtida foi de 13%, e a partir da densidade de 60 plantas m^{-2} ainda ocorreram reduções, porém em menor taxa, não ultrapassando o valor médio de 24%.

Para o número de folhas do caruru-de-mancha, na densidade de 40 plantas m^{-2} , observou-se redução de 27%, em relação ao valor calculado pela equação de regressão (Tabela 6) para a densidade de 20 plantas m^{-2} . Passando de 40 para 60 plantas m^{-2} , a redução foi de cerca de 45%, em relação a menor densidade, e nas densidades superiores a 60 plantas m^{-2} , as reduções não ultrapassaram o valor médio de 60%.

A área foliar, a biomassa seca de folhas e a biomassa seca total do caruru-de-mancha apresentaram comportamentos semelhantes, quanto à sensibilidade ao aumento na densidade de plantas, de forma que as reduções médias apresentadas na densidade de 40 plantas m^{-2} foram de 38%, de acordo com a equação de regressão, em relação a menor densidade. Já na densidade de 60 plantas m^{-2} , as reduções apresentadas foram de cerca de 62%. A partir desta densidade, praticamente não foram observadas maiores reduções, com valores médios que não ultrapassaram 73%.

A biomassa seca de caule e de inflorescência da planta daninha foram as características mais afetadas pela convivência intraespecífica, apresentando reduções de 40% na densidade de 40 plantas m^{-2} , segundo observado pela equação de regressão. Na densidade de 60 plantas m^{-2} , as reduções foram em torno de 70%, em comparação com a densidade de 20 plantas m^{-2} , e a partir da densidade de 80 plantas m^{-2} , as reduções atingiram valores superiores a 80%.

O aumento na densidade de plantas de tomate resultou, em cada indivíduo, na diminuição do número de folhas, flores e frutos, área foliar, biomassa fresca de frutos e biomassa seca de caule, folhas, flores frutos e total (Figura 2 e Tabela 6).

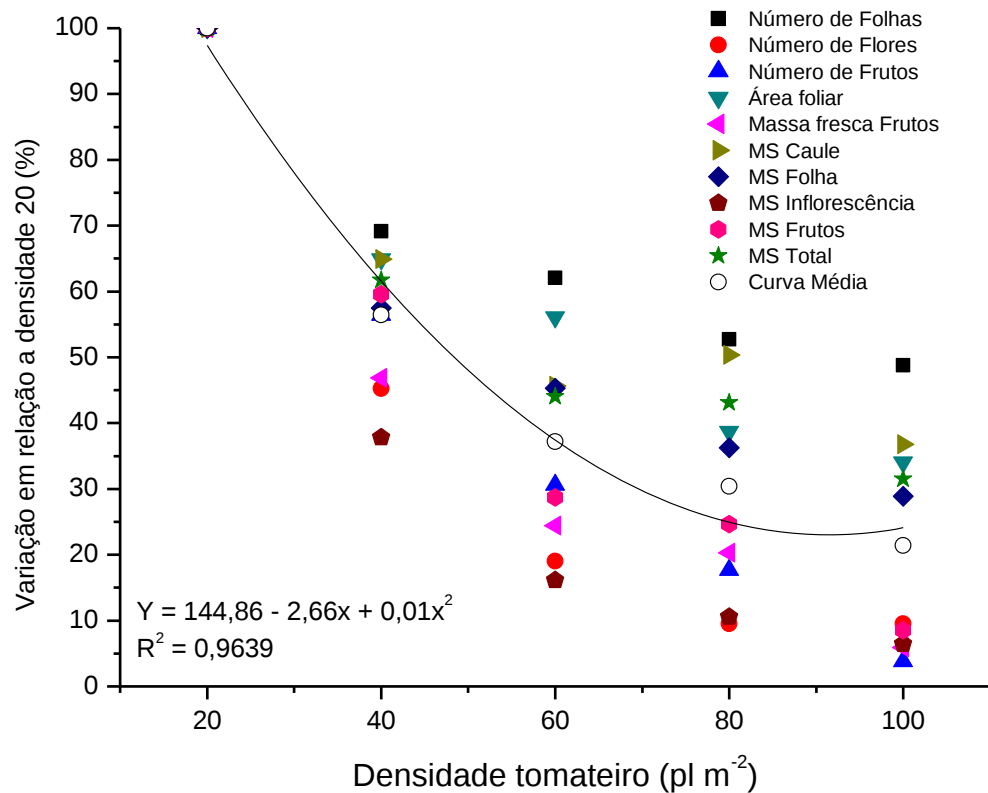


Figura 2. Variação das características do tomateiro, quando em competição intraespecífica em densidades populacionais crescentes, em relação à densidade de 20 plantas m⁻².

Em relação ao número de folhas do tomateiro, segundo a equação de regressão apresentada na Tabela 6, a redução apresentada na densidade de 40 plantas m⁻² foi de 20% em relação ao valor calculado para a densidade de 20 plantas m⁻². A partir da densidade de 40 plantas m⁻² as reduções se estabilizaram em cerca de 30%.

Para biomassa seca de caule e de folha do tomateiro, as reduções observadas na densidade de 40 plantas m⁻² foram de 30%, em média. Na densidade de 60 plantas m⁻², as reduções médias observadas para as duas características não ultrapassaram 50%, em comparação com os valores calculados para a menor densidade, segundo

modelo da equação de regressão (Tabela 6). A partir da densidade de 60 plantas m^{-2} , as reduções permaneceram praticamente constantes, não atingindo valores superiores a 60%.

Já em relação à área foliar, característica sensível à interferência intraespecífica, assim como a biomassa seca de caule e de folha, as reduções observadas passaram de 18%, na densidade de 40 plantas m^{-2} , para 70% na maior densidade (100 plantas m^{-2}).

A biomassa seca total do tomateiro, também foi uma característica sensível ao aumento do número de plantas por área, de forma que quando a densidade passou de 20 para 40 plantas m^{-2} , a redução já foi de 32%, em comparação com o valor apresentado na menor densidade. Na densidade de 60 plantas m^{-2} , a redução obtida pela equação de regressão, foi de 55%. A partir desta densidade, ocorreram reduções em menor taxa, atingindo 70% na densidade de 100 plantas m^{-2} .

O número de flores, frutos, a biomassa fresca de frutos e a biomassa seca de flores e frutos para o tomateiro foram as características mais sensíveis à interferência intraespecífica, de forma que nas densidades de 40 e 60 plantas m^{-2} , as reduções médias foram pouco superiores a 50%, em relação aos valores calculados para a menor densidade, segundo modelo da equação de regressão. A partir de 60 plantas m^{-2} , não se observou nenhuma produção significativa, com reduções que ultrapassaram 90%.

De uma forma geral, avaliando comparativamente as curvas das Figuras 1 e 2, que trazem as reduções para os valores absolutos, nota-se que o tomateiro foi mais sensível à competição intraespecífica que a planta daninha, apresentando maior número de características afetadas e reduções muito mais acentuadas nestas.

Além disto, a análise de regressão do recíproco da produção de biomassa seca (MS) por ambas espécies pelo recíproco da densidade corrobora esta maior suscetibilidade do tomateiro à interferência intraespecífica, conforme pode ser constatado pelos coeficientes angulares obtidos, referentes a 0,05 para o tomateiro e 0,04 para o caruru-de-mancha (Figura 3).

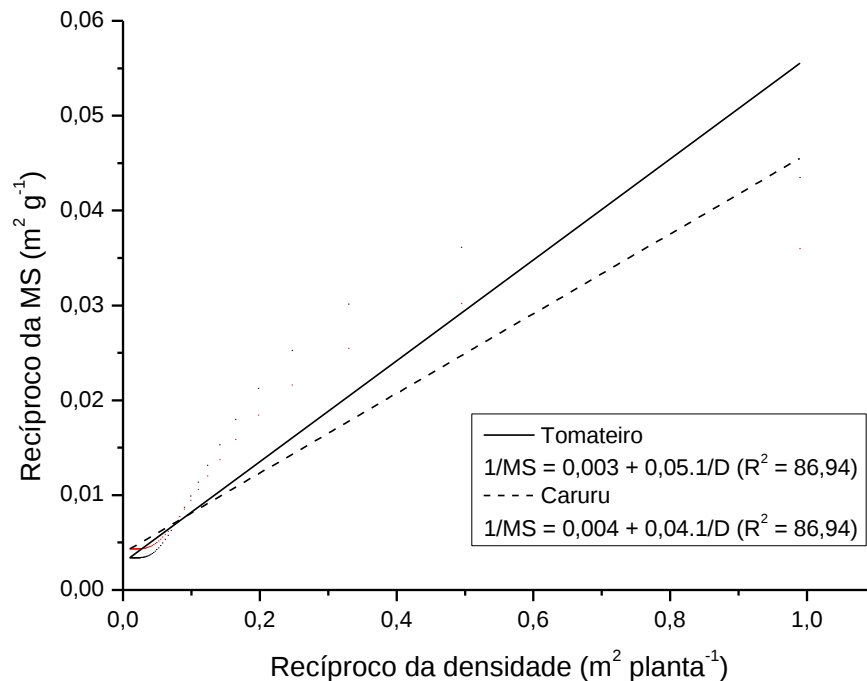


Figura 3. Respostas da monocultura do tomateiro e do caruru-de-mancha representadas pelo recíproco da produção de matéria seca por área (MS) em relação ao recíproco da densidade populacional.

Em alguns trabalhos realizados com as culturas de tomate (HERNANDEZ et al., 2002), eucalipto (DINARDO et al., 2003; TOLEDO et al., 2001; COSTA et al., 2006) e café (DIAS et al., 2004; MARCOLINI et al., 2009), que avaliaram o efeito da densidade, as plantas foram sensíveis quanto à produção de biomassa seca de folhas, quando em competição intraespecífica, respondendo de forma significativa ao aumento do número de plantas por m⁻². Neste trabalho, para a biomassa seca de folhas, tanto o caruru quanto o tomateiro se mostraram sensíveis à convivência com plantas da mesma espécie.

Hernandez et al. (2002) verificaram que a espécie daninha (maria-pretinha) foi mais sensível à variação da densidade, em relação à biomassa seca de caule, que a espécie cultivada (tomateiro). Os dados obtidos no presente trabalho corroboram os

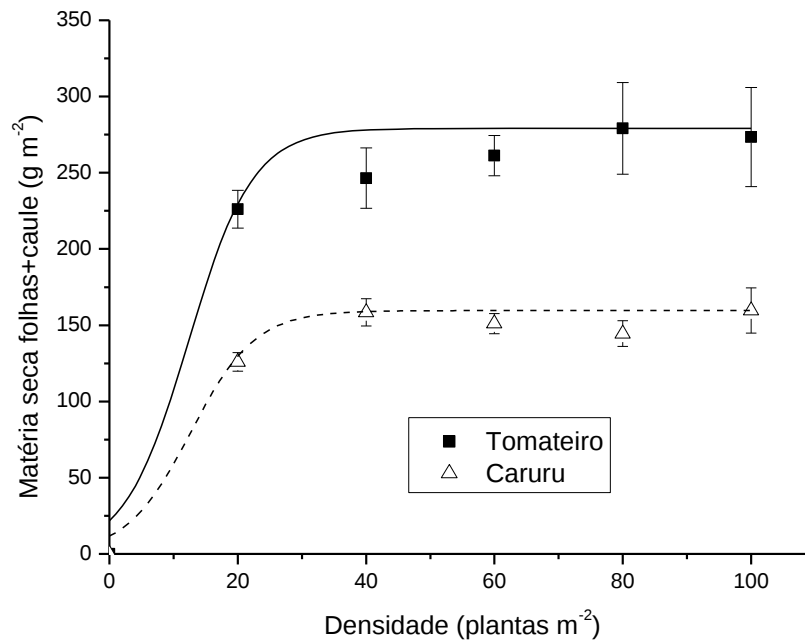
obtidos por estes autores, de forma que o caruru-de-mancha mostrou-se mais sensível ao aumento na densidade das plantas m^{-2} em relação à produção de biomassa seca de caule.

Os dados do recíproco da biomassa seca produzida pela população de plantas por metro quadrado foram submetidos à análise de regressão pelo sigmoidal de Boltzman ($Y = \frac{A1-A2}{1+e^{\frac{x-x_0}{dx}}} + A2$), em que A1 indica produção mínima de biomassa seca e A2 indica a produção máxima, sendo esta de 279,1 g m^{-2} para o tomateiro e 159,6 g m^{-2} para o caruru-de-mancha, e x, a população. Em função dessa regressão, foi determinada a produção máxima teórica ($Y_{\text{máx}}$) e a população em que é atingida a produção de 50% (coeficiente K_n), representada por x_0 na equação. As densidades que proporcionaram uma produção de 50% da produção final constante foram de 12,3 plantas m^{-2} de tomateiro e 12,7 plantas m^{-2} de caruru-de-mancha. Embora a diferença entre os valores de K_n tenha sido pequena, os resultados demonstram que o tomateiro foi mais sensível à interferência intraespecífica, quando comparado com o caruru-de-mancha, por apresentar menor valor (Figura 4).

Estes resultados corroboram os obtidos por Christoffoleti e Victoria Filho (1996), que verificaram que a espécie cultivada (milho) mostrou-se mais sensível à competição intraespecífica, sendo a planta daninha (*Amaranthus retroflexus*) mais tolerante à competição entre indivíduos na mesma espécie. Em contrapartida, Yamauti et al. (2011) observaram que a espécie cultivada (triticale) apresentou menor sensibilidade à competição intraespecífica que a planta daninha (nabiça). Também, Carvalho et al. (2010) constataram que a planta daninha capim-marmelada foi mais sensível à competição intraespecífica que as plantas de trigo.

Tanto para o tomateiro quanto para o caruru-de-mancha, a produtividade obtida na densidade de 40 plantas m^{-2} foi similar a produtividade máxima ($Y_{\text{máx}}$). Contudo, observando-se a variabilidade dos dados do tomateiro (Figura 4), e levando-se em consideração que a partir da densidade de plantas, cuja produção de biomassa torna-se independente da densidade, atinge-se a “lei da produção final constante”, optou-se por

trabalhar com a densidade de 60 plantas m^{-2} , que é a densidade que mais se assemelha à produtividade final constante.



$Y = \frac{A1 - A2}{1 + e^{\frac{x-x_0}{dx}}} + A2$	Tomateiro	Caruru
A1	0	0
A2	279,1	159,6
X0	12,3	12,7
Dx	5	5
R ²	87,62	92,37

Figura 4. Respostas da monocultura de tomateiro e de caruru-de-mancha, representada pela produção de matéria seca da parte aérea (folhas + caule) em relação à densidade populacional.

2. Substitutivo

Substitutivo conduzido até 60 DAP

Com base nos resultados obtidos no experimento aditivo para as monoculturas, o experimento substitutivo foi instalado na densidade de 60 plantas m^{-2} , considerando que nesta densidade a produção das plantas, tanto de tomateiro quanto de caruru-de-mancha, tornou-se denso-independente.

Assim, por meio da análise do coeficiente relativo de superpopulação (CRS) proposto por Wit (1960) é possível medir a agressividade das duas espécies quando em convivência em diferentes proporções, no esquema substitutivo. Para os 60 DAP, o tomateiro, quando em convivência com o caruru na proporção de 75:25, respectivamente, para uma densidade de 60 plantas m^{-2} , apresentou CRS = 2,07, ou seja, foi duas vezes mais agressivo que a planta daninha. Contudo, quando a proporção é alterada para 50:50 ou 25:75 para esta mesma densidade a agressividade reduziu para 1,11 e 1,23 (CRS), mas mesmo assim mantendo o tomateiro mais agressivo que o caruru-de-mancha quando em convivência mútua.

A partir dos resultados apresentados na Figura 5, observa-se semelhança com o modelo IIa, descrito por Harper (1977), indicando que a interação entre as espécies ocorre pelos mesmos recursos do meio em que vivem, mas uma espécie captura estes recursos de uma forma mais eficiente que a outra espécie. Assim, o tomateiro foi mais agressivo e contribuiu, para a produção total, mais que o esperado, enquanto o caruru-de-mancha contribuiu menos que o esperado. Constata-se, portanto, que na densidade de 60 plantas m^{-2} o tomateiro prefere em sua vizinhança uma planta de caruru-de-mancha ao invés de outra planta de tomateiro, ou seja, para a planta cultivada, a interferência intraespecífica foi mais importante que a interespecífica.

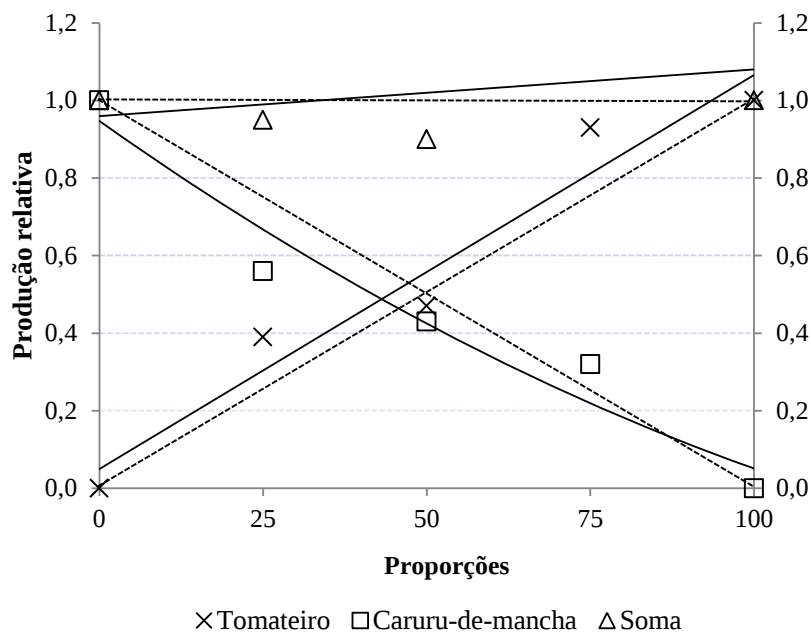


Figura 5. Diagrama da resposta da produção relativa média de biomassa seca (caule + folhas) do tomateiro e do caruru-de-mancha, aos 60 DAP, em função da variação da proporção entre o tomateiro e o caruru-de-mancha. (Obs.: As linhas tracejadas representam a hipótese da não interação).

Nota-se que, embora a habilidade competitiva da planta daninha tenha sido mais eficiente quando em monocultura, o caruru-de-mancha mostrou-se um competidor menos eficiente, quando em convivência com o tomateiro, corroborando os resultados obtidos por Christoffoleti e Victoria Filho (1996) e Carvalho e Christoffoleti (2008) que avaliaram a interferência imposta por espécies de *Amaranthus*. Em outros trabalhos, a espécie cultivada também foi uma competidora mais agressiva que a planta daninha. (MORAES et al., 2009; PASSINI et al., 2001; SANTOS et al., 1997; YAMAUTI et al., 2011).

Na maioria dos estudos substitutivos, os resultados demonstram que a cultura é mais competitiva que a espécie daninha, por que o efeito das infestantes em culturas não se deve à maior habilidade competitiva delas, mas sim ao seu grau de infestação e a sua densidade total (ROUSH, 1989; VILÀ et al., 2004).

Substitutivo conduzido até 120 DAP

A partir do diagrama apresentado na Figura 6, observa-se que, mesmo aos 120 DAP, a interação entre as duas espécies continuou ocorrendo pelos mesmos recursos, visto que a produção de massa seca da parte aérea de ambas diferiu da produção esperada, corroborando os resultados obtidos aos 60 DAP (Figura 5).

O tomateiro foi um melhor competidor que o caruru-de-mancha, mas contribuiu pouco para a produção total de massa seca da parte aérea, lembrando que flores, inflorescências e frutos não foram considerados para os cálculos. Observou-se uma tendência ao antagonismo, já que a produção total de biomassa (tomateiro + caruru-de-mancha) foi menor que 1, ou seja, a produção das espécies quando em convivência foi menor que a esperada (RADOSEVICH et al., 1997). O antagonismo também foi verificado por Santos et al. (1997), avaliando as interações competitivas entre o tomateiro e tiririca, corroborando os resultados observados no presente trabalho.

Esse efeito mais acentuado sobre a planta daninha – a produção de biomassa (caule + folhas) obtida foi acentuadamente menor que a produção de biomassa esperada - possivelmente foi devido ao encerramento do ciclo do caruru-de-mancha. Segundo Kissmann e Groth (1999), o fechamento do ciclo biológico do *A. viridis* ocorre em média entre 80-90 dias. Desta forma, como as avaliações foram realizadas aos 120 DAP, além das plantas de caruru-de-mancha já apresentarem o seu desenvolvimento prejudicado pela interferência do tomateiro ao longo da convivência, encontravam-se também em senescência e encerramento do ciclo, justificando, assim, a menor produção de biomassa.

Já para o tomateiro, observa-se que a produção de biomassa obtida foi sensivelmente maior que a produção esperada até o tratamento com 50:50 (50% de plantas de tomate e 50% de plantas de caruru-de-mancha), praticamente coincidindo, após este tratamento, com a produção esperada.

O fato do tomateiro não ter apresentado produção de massa seca da parte aérea tão superior à esperada, como o observado aos 60 DAP, ou ter contribuído pouco para a produção final aparentemente não pode ser atribuído à presença da planta daninha

ou a qualquer interferência imposta pela mesma no desenvolvimento do tomateiro. A menor produção de biomassa da cultura deu-se, provavelmente, pela produção de frutos, já que a avaliação foi realizada aos 120 DAP, quando os tomateiros encontravam-se em plena produção de frutos. Algumas teorias têm sido propostas para descrever e/ou explicar a distribuição de assimilados e, conseqüentemente, a partição da massa seca nos órgãos das plantas. Há a hipótese de que a distribuição da massa seca na planta seja regulada pela força do dreno dos órgãos, termo usado para descrever a habilidade competitiva de um órgão em atrair assimilados, quantificada pelas suas taxas de crescimentos potenciais (HEUVELINK, 1996). Até a frutificação, as folhas (fonte) são o órgão da planta que apresentam maior concentração de nutrientes e de massa seca, mas, com o desenvolvimento dos frutos, os assimilados presentes na planta passam gradativamente a se acumularem em maior quantidade nos frutos (dreno), promovendo, assim, o processo de abscisão foliar e senescência, e a conseqüente menor produção de biomassa de caule e folhas.

Pode-se afirmar, com base nos resultados obtidos, que o desenvolvimento da cultura não foi prejudicado pela presença do caruru-de-mancha, sendo o contrário verdadeiro, ou seja, o tomateiro foi mais agressivo e prejudicou o desenvolvimento da planta daninha, quando em convivência.

Em áreas agrícolas, as plantas daninhas ocorrem em densidades bem superiores que as plantas cultivadas, e por esse motivo as espécies daninhas são frequentemente rotuladas como mais competitivas que as plantas cultivadas. Portanto, o efeito provocado no campo pode ser justificado pelo seu grau de infestação na área do que a sua habilidade competitiva. A densidade em que uma planta daninha ocorre em lavouras acaba mascarando a sua real habilidade em competir, podendo-se inferir que ela apresente habilidade competitiva superior, quando na realidade o efeito decorre da densidade populacional (BIANCHI et al., 2006).

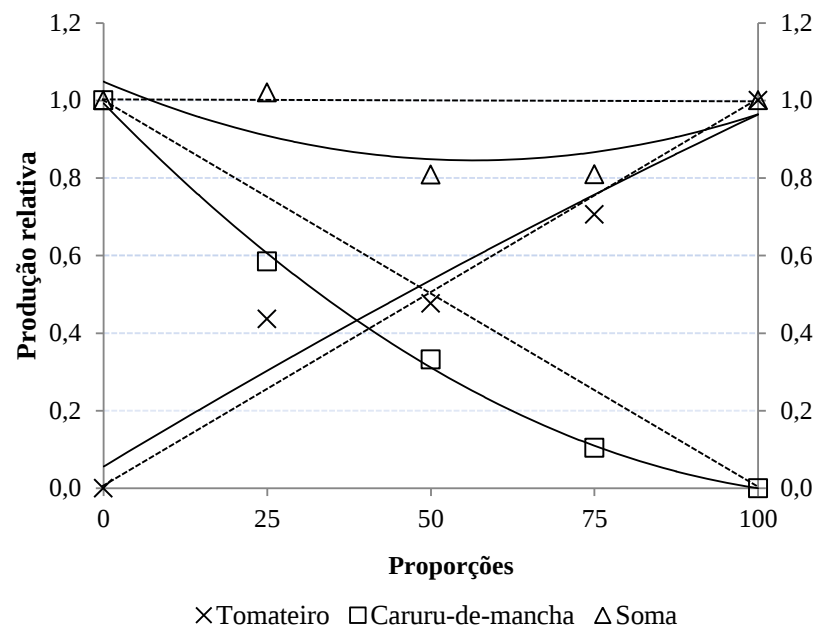


Figura 6. Diagrama da resposta da produção relativa média de biomassa seca (caule + folhas) do tomateiro e do caruru-de-mancha, aos 120 DAP, em função da variação da proporção entre o tomateiro e o caruru. (Obs.: As linhas tracejadas representam a hipótese da não interação).

Porém, o resultado observado no presente experimento não pode ser extrapolado a todas as plantas daninhas e para todos os casos de estudos substitutivos. Exemplificando, em experimento realizado por Hernandez et al. (2002), utilizou-se o mesmo híbrido de tomateiro adotado no presente trabalho, em convivência com a maria-pretinha, e resultados contrários foram obtidos, ou seja, a planta daninha que foi a espécie mais agressiva. Em um outro trabalho, cujo objetivo foi avaliar a interação entre arroz cultivado e arroz-vermelho, a cultura foi menos agressiva que a planta daninha (PANTONE; BAKER, 1991). Nestes casos, considera-se que as plantas pertencem à mesma família (espécies aparentadas) e, portanto, possuem características semelhantes, o que provavelmente contribuiu para os resultados obtidos. Porém, o contrário foi observado por Hoffman e Buhler (2002) ao estudarem plantas

aparentadas, sendo o sorgo mais competitivo que o *Sorghum halepense* (sorgo-de-alepo) e o biótipo daninho derivado do sorgo.

Como foi possível observar, as Figuras 5 e 6 trazem gráficos que indicam que a competição entre as duas espécies ocorreu pelo(s) mesmo(s) recurso(s), e que uma planta, no caso o tomateiro, foi mais eficiente que a outra (caruru-de-mancha) na utilização dos fatores de crescimento. Todavia, há uma série de fatores de crescimento como água, luz, nutrientes, espaço, O₂ e CO₂, entre outros, que são passíveis de competição. Desta forma, pelas condições em que o experimento foi desenvolvido, possivelmente a água, o O₂ e o CO₂ não foram fatores limitantes.

Com base no que foi observado no desenvolvimento dos experimentos, é bem provável que as duas espécies tenham competido, principalmente, por luz e por espaço, sendo o primeiro fator o mais crítico. Isto por que, quando houve convivência mútua das espécies, as plantas de caruru-de-mancha apresentaram menor desenvolvimento. A competição por luz relaciona-se à capacidade de uma planta em sombrear e, conseqüentemente, prejudicar o desenvolvimento da outra, uma vez que suas folhas e ramos posicionam-se de forma a dificultar o acesso da planta sombreada à luz. Provavelmente, a maior eficiência do tomateiro foi beneficiada pela arquitetura e ramificação da planta, que possibilitou o sombreamento da planta daninha.

O melhoramento genético imposto ao tomateiro possibilitou a seleção de plantas com elevada capacidade de utilização da luz e, conseqüentemente, maior eficiência fotossintética. Alguns dos fatores que interferem na produção fotossintética de uma planta são: luz, temperatura, CO₂ e O₂, disponibilidade de água e nutrientes, dimensão, forma, idade e disposição arquitetônica das folhas, presença de pigmentos nas folhas e tipo de metabolismo fotossintético (ciclo de fixação de CO₂).

Assim, a diferença entre o tipo de metabolismo fotossintético das espécies estudadas – o tomateiro apresenta metabolismo do tipo C₃ e o caruru-de-mancha do tipo C₄ – pode ter sido um dos fatores principais que propiciou benefício do tomateiro quando em convivência com o caruru-de-mancha.

A fotossíntese geralmente é mais eficiente em plantas C₄ que em plantas C₃. Contudo, a fixação do CO₂ em plantas C₄ possui um custo energético maior que em

plantas C_3 , de forma que para cada molécula de CO_2 fixada na via C_4 , uma molécula de PEP precisa ser regenerada ao custo de dois grupos fosfato de ATP. Além disso, plantas C_4 necessitam de cinco moléculas de ATP para fixar uma molécula de CO_2 , enquanto plantas C_3 precisam somente de três (RAVEN et al., 2001)

Ainda, as plantas C_4 estão especialmente adaptadas a altas intensidades luminosas, altas temperaturas e seca. Todavia, embora as plantas C_4 tenham mais afinidade com o CO_2 , necessitam de mais energia para a produção de fotoassimilados (maior gasto energético). Como toda a energia é proveniente da luz, se se reduzir o acesso à luz, estas plantas passarão a perder a competição com as plantas C_3 . Também, as plantas C_3 são mais competitivas em comunidades mistas nas quais há sombreamento, luz e temperatura moderadas. Por que as plantas C_4 estão adaptadas a ambientes de excesso de radiação solar, e não ao sombreamento (ODUM; BARRET, 2007).

Em suma, o fato do caruru-de-mancha ser submetido ao sombreamento provocado pelo tomateiro desde o início do seu desenvolvimento, provavelmente, reduziu o seu acesso à incidência de luz, e diminuiu a sua eficiência fotossintética, favorecendo, assim, o desenvolvimento da cultura, mesmo quando o número de plantas de caruru-de-mancha era superior ao número de plantas de tomate.

Teor e acúmulo de macronutrientes das folhas de tomateiro e caruru-de-mancha em convivência

O teor médio de macronutrientes nas folhas do tomateiro e do caruru-de-mancha não foi afetado pela interferência interespecífica, ou seja, a convivência entre as duas espécies não afetou a absorção e a translocação dos nutrientes, conforme pode ser observado nas Tabelas 7 e 8.

Sabe-se que a competição entre plantas por qualquer recurso só ocorre caso o mesmo se encontre em quantidade insuficiente para suprir a necessidade das plantas. Assim, deduz-se que a quantidade de nutriente presente no solo decorrente das

correções de fertilidade e acidez foram suficientes para evitar a ocorrência do processo competitivo.

Segundo Silva e Giordano (2000), consideram-se as seguintes faixas de teores de macronutrientes como adequadas ao desenvolvimento e produção do tomateiro, em g kg^{-1} : 40 a 60 de N; 3 a 6 de P; 30 a 50 de K; 10 a 30 de Ca; 4 a 6 de Mg; 5 a 10 de S. Com base nestes parâmetros, observa-se que o nitrogênio, o potássio e o enxofre apresentaram valores abaixo do adequado. Porém, não se pode atribuir os menores teores médios destes macronutrientes nas folhas do tomateiro à presença da planta daninha. Possivelmente, os valores foram menores já que as folhas foram coletadas e analisadas aos 120 DAP, e a produção de frutos no tomateiro possivelmente promoveu a migração destes nutrientes das folhas para os frutos. À medida que os frutos começam a se desenvolver, há um incremento na absorção de nutrientes pelas plantas. Então, alguns nutrientes passam gradativamente a se acumular em maior quantidade nos frutos, comprovando serem o dreno de nutrientes e fotoassimilados (FAYAD et al., 2002; GRANGEIRO et al., 2005; VIDIGAL et al., 2007).

Bianco et al. (2006), avaliando o crescimento e acúmulo de macronutrientes por plantas de caruru-de-mancha, verificaram que os teores médios apresentados aos 76 DAE (dias após a emergência) foram: 17,78 g kg^{-1} de N, 2,42 g kg^{-1} de P, 41,23 g kg^{-1} de K, 3,19 g kg^{-1} de Ca, 7,02 g kg^{-1} de Mg e 1,52 g kg^{-1} de S. Embora as condições de crescimento das plantas de caruru-de-mancha tenham sido distintas, alguns resultados médios obtidos para os teores de macronutrientes apresentados pela planta daninha, quando em convivência com tomateiro, aproximam-se dos observados pelos autores. Entretanto, o teor médio de Ca apresentado pelo caruru-de-mancha quando em convivência foi cerca de 10 vezes maior que o valor citado por Bianco et al. (2006). Como a maior fonte de Ca para as plantas é o calcário, possivelmente a calagem realizada antes do plantio promoveu tal efeito, já que a análise química do solo dispensava a aplicação do calcário. No tomateiro, o teor médio apresentado também foi superior ao considerado como adequado.

Já o acúmulo de macronutrientes pelas espécies foi afetado pela convivência interespecífica, uma vez que o acúmulo considera a biomassa da planta (Tabelas 9 e 10).

Para o tomateiro, o acúmulo nitrogênio, fósforo e enxofre foi afetado pela convivência interespecífica, de forma que no tratamento 25:75 (25% de plantas de tomate : 75% de plantas de caruru) o acúmulo dos três macronutrientes foi maior e diferiu significativamente dos acúmulos observados nos demais tratamentos, ou seja, a presença da planta daninha não interferiu no acúmulo de nitrogênio, fósforo e enxofre, confirmando que para o tomateiro, a interferência intraespecífica foi mais importante. O mesmo foi observado em relação ao acúmulo dos demais macronutrientes (potássio, cálcio e magnésio), embora a comparação estatística entre as médias não tenha indicado a diferença.

Para o caruru-de-mancha, houve diferença significativa entre os tratamentos em relação ao acúmulo dos macronutrientes. Os menores acúmulos ocorreram no tratamento 75:25 (75% de plantas de tomate : 25% de plantas de caruru-de-mancha), diferindo dos demais tratamentos para todos os macronutrientes, o que demonstra que a presença do tomateiro afetou o acúmulo do caruru-de-mancha, corroborando os resultados apresentados que indicam ser a interferência interespecífica a mais importante para a planta daninha. Nos demais tratamentos, com menor proporção de plantas de tomate, o acúmulo de todos os macronutrientes foi superior ao tratamento 75:25.

Tabela 7. Teor de macronutrientes em folhas de tomateiro submetido à convivência interespecífica com caruru-de-mancha.

Tomateiro						
Tratamento ¹	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
	g kg ⁻¹					
100:0	15,77 ± 0,98	4,18 ± 0,24	20,02 ± 0,83	45,37 ± 1,80	8,45 ± 0,43	3,66 ± 0,00
75:25	15,75 ± 1,29	4,23 ± 0,28	24,30 ± 2,69	39,50 ± 3,82	7,00 ± 0,28	3,66 ± 0,00
50:50	16,00 ± 1,96	4,88 ± 0,22	20,00 ± 1,64	44,15 ± 2,90	8,12 ± 0,67	3,44 ± 0,34
25:75	16,97 ± 0,91	5,00 ± 0,34	18,40 ± 2,07	48,30 ± 2,92	7,82 ± 0,23	3,79 ± 0,26
100:0	-	-	-	-	-	-
F _(trat) ²	0,15 ^{ns}	1,99 ^{ns}	1,55 ^{ns}	1,49 ^{ns}	1,68 ^{ns}	0,53 ^{ns}
CV (%)	18,71	13,26	19,62	13,51	12,18	10,83
DMS	6,67	1,34	8,96	13,23	2,11	0,87

(1) Tratamento: 100:0 (100% de plantas de tomate); 75:25 (75% de plantas de tomate e 25% de plantas de caruru-de-mancha); 50:50 (50% de plantas de tomate e 50% de plantas de caruru-de-mancha); 25:75 (25% de plantas de tomate e 75% de plantas de caruru-de-mancha); 0:100 (100% de plantas de caruru-de-mancha). (2) ns - não significativo.

Tabela 8. Teor de macronutrientes em folhas de caruru-de-mancha submetido à convivência interespecífica com tomateiro.

Caruru-de-mancha						
Tratamento ¹	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
g kg ⁻¹						
100:0	-	-	-	-	-	-
75:25	17,3 ± 0,98	3,42 ± 0,14	27,45 ± 0,99	31,17 ± 1,20	8,42 ± 0,95	3,46 ± 0,27
50:50	14,9 ± 1,32	3,31 ± 0,31	28,82 ± 0,95	33,77 ± 3,09	15,52 ± 4,96	3,50 ± 0,37
25:75	16,7 ± 0,89	3,24 ± 0,55	27,87 ± 0,83	35,62 ± 2,84	8,95 ± 1,14	3,16 ± 0,24
100:0	17,4 ± 1,22	2,66 ± 0,17	31,10 ± 0,49	30,72 ± 1,49	12,07 ± 3,67	2,67 ± 0,10
F _(trat) ²	1,61 ^{ns}	0,9 ^{ns}	4,03*	1,37 ^{ns}	0,88 ^{ns}	1,92 ^{ns}
CV (%)	9,25	22,76	5,63	11,98	61,92	17,39
DMS	4,34	1,59	3,58	8,69	15,39	1,22

⁽¹⁾ Tratamento: 100:0 (100% de plantas de tomate); 75:25 (75% de plantas de tomate e 25% de plantas de caruru-de-mancha); 50:50 (50% de plantas de tomate e 50% de plantas de caruru-de-mancha); 25:75 (25% de plantas de tomate e 75% de plantas de caruru-de-mancha); 0:100 (100% de plantas de caruru-de-mancha). ⁽²⁾ ^{ns} - não significativo; * - significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 9. Acúmulo de macronutrientes em plantas de tomate submetido à convivência interespecífica com caruru-de-mancha.

Tomateiro						
Tratamento ¹	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
				g planta ⁻¹		
100:0	40,51 ± 10,80 b	10,33 ± 2,02 b	51,87 ± 13,48 a	117,29 ± 29,62 a	21,72 ± 5,81 a	9,32 ± 2,19 b
75:25	41,97 ± 4,16 b	11,61 ± 1,75 b	66,12 ± 11,98 a	108,40 ± 18,49 a	19,40 ± 3,04 a	9,99 ± 0,24 ab
50:50	39,29 ± 3,67 b	12,52 ± 1,91 b	49,93 ± 4,80 a	115,32 ± 23,50 a	20,30 ± 2,13 a	9,05 ± 2,16 b
25:75	85,5 ± 10,22 a	24,66 ± 0,83 a	92,45 ± 13,15 a	245,29 ± 37,43 a	39,61 ± 5,29 a	19,13 ± 2,53 a
0:100	-	-	-	-	-	-
F _(trat) ²	7,46**	12,77**	3,00 ^{ns}	4,31*	3,96*	4,99*
CV (%)	31,76	25,16	34,78	43,32	38,26	36,57
DMS	36,36	8,22	50,02	140,34	21,35	9,59

⁽¹⁾ Tratamento: 100:0 (100% de plantas de tomate); 75:25 (75% de plantas de tomate e 25% de plantas de caruru-de-mancha); 50:50 (50% de plantas de tomate e 50% de plantas de caruru-de-mancha); 25:75 (25% de plantas de tomate e 75% de plantas de caruru-de-mancha); 0:100 (100% de plantas de caruru-de-mancha). ⁽²⁾ ns - não significativo; * - significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; ** - significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 10. Acúmulo de macronutrientes em plantas de caruru-de-mancha submetido à convivência interespecífica com tomateiro.

Caruru-de-mancha					
Tratamento ¹	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
	g planta ⁻¹				
100:0	-	-	-	-	-
75:25	4,38 ± 1,87 b	0,36 ± 0,10 b	2,67 ± 0,69 b	3,17 ± 0,92 b	0,77 ± 0,15 b
50:50	8,97 ± 2,05 a	2,13 ± 0,13 a	18,70 ± 2,04 a	22,63 ± 1,22 a	11,07 ± 2,59 a
25:75	8,53 ± 2,07 a	1,51 ± 0,13 a	14,27 ± 3,30 ab	19,09 ± 3,74 a	5,19 ± 1,39 ab
0:100	11,71 ± 1,45 a	1,88 ± 0,20 a	22,81 ± 1,51 a	21,68 ± 1,43 a	8,56 ± 1,43 ab
F _(trat) ²	15,24**	26,10**	12,59**	11,07**	4,86*
CV (%)	15,97	18,11	29,03	28,49	54,71
DMS	3,79	0,75	12	13,41	9,9

⁽¹⁾ Tratamento: 100:0 (100% de plantas de tomate); 75:25 (75% de plantas de tomate e 25% de plantas de caruru-de-mancha); 50:50 (50% de plantas de tomate e 50% de plantas de caruru-de-mancha); 25:75 (25% de plantas de tomate e 75% de plantas de caruru-de-mancha); 0:100 (100% de plantas de caruru-de-mancha). ⁽²⁾ ns - não significativo; * - significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; ** - significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Produção do tomateiro

A Tabela 11 apresenta os valores médios de produção por planta, avaliados durante as sete coletas realizadas ao final do ciclo da cultura. Conforme esperado, o número, a biomassa fresca e a biomassa seca de frutos apresentaram comportamentos semelhantes, relacionando-se direta e proporcionalmente em cada tratamento avaliado.

É possível observar que as menores produções de frutos por planta (número, biomassa fresca ou biomassa seca de frutos) deram-se nos tratamentos em que haviam maiores proporções de plantas de tomate por m², ou seja, nos tratamentos com 100% e 75% de plantas de tomate em relação ao número de plantas de caruru-de-mancha, e também no tratamento com proporção 50% de plantas de tomate : 50% de plantas de caruru-de-mancha.

Por outro lado, a planta de tomateiro apresentou maior produção (dobro) justamente no tratamento em que a proporção de plantas daninhas na área era maior (75% de plantas de caruru-de-mancha: 25% de plantas de tomate), diferindo estatisticamente dos demais tratamentos.

Possivelmente, o desenvolvimento do tomateiro tenha sido mais afetado, não pela presença do caruru-de-mancha, e sim de outra planta de tomate. Tais fatos evidenciam novamente que, para a produção do tomateiro, a competição intraespecífica foi mais importante.

Além disso, os tratamentos com maior proporção de plantas de caruru pode ter resultado em uma competição intraespecífica (entre as plantas de caruru-de-mancha), o que pode justificar a diminuição do efeito agressivo da planta daninha no processo competitivo.

Já quando os dados de produção são apresentados por área (Tabela 12), observa-se que não houve diferença estatística entre os tratamentos. Assim, o decréscimo da produção de tomate por planta (individual) foi compensado pelo aumento do número de indivíduos por área.

Tabela 11. Valores médios (por planta) para a produção de tomate no experimento substitutivo, avaliado aos 120 DAP.

Tratamento ¹	Produção de tomate		
	Número de frutos	Biomassa fresca de frutos	Biomassa seca de frutos
	por planta	g planta ⁻¹	
100:0	6,34 ± 1,32 b	234,24 ± 58,07 b	13,04 ± 3,36 b
75:25	6,15 ± 0,74 b	221,58 ± 25,41 b	11,64 ± 0,94 b
50:50	7,61 ± 1,39 b	291,39 ± 60,61 b	14,1 ± 1,29 b
25:75	14,1 ± 1,03 a	590,15 ± 46,17 a	27,36 ± 2,20 a
F _(trat) ²	9,48**	10,13**	13,79**
CV (%)	28,53	32,55	23,74
DMS	5,39	240,50	8,67

⁽¹⁾ Tratamento: 100:0 (100% de plantas de tomate); 75:25 (75% de plantas de tomate e 25% de plantas de caruru); 50:50 (50% de plantas de tomate e 50% de plantas de caruru-de-mancha); 25:75 (25% de plantas de tomate e 75% de plantas de caruru-de-mancha). ⁽²⁾ ns - não significativo; ** - significativo ao nível de 1 de probabilidade pelo teste F.

Tabela 12. Valores médios (por m²) para a produção de tomate no experimento substitutivo, avaliado aos 120 DAP.

Tratamento ¹	Produção de tomate		
	Número de frutos	Biomassa fresca de frutos	Biomassa seca de frutos
	por m ²	g m ⁻²	
100:0	297,92 ± 57,52	10937,29 ± 2460,97	600,07 ± 123,18
75:25	256,25 ± 30,67	9232,69 ± 1058,94	485,12 ± 39,00
50:50	204,17 ± 34,07	7816,35 ± 1533,71	380,33 ± 31,01
25:75	195,83 ± 14,28	8196,54 ± 641,27	380,06 ± 30,60
F _(trat) ²	1,45 ^{ns}	0,65 ^{ns}	2,52 ^{ns}
CV (%)	33,19	38,23	28,59
DMS	174,96	7641,89	291,49

⁽¹⁾ Tratamento: 100:0 (100% de plantas de tomate); 75:25 (75% de plantas de tomate e 25% de plantas de caruru); 50:50 (50% de plantas de tomate e 50% de plantas de caruru-de-mancha); 25:75 (25% de plantas de tomate e 75% de plantas de caruru-de-mancha). ⁽²⁾ ns - não significativo.

Com base no exposto, para as condições do presente trabalho, o tomateiro foi mais competitivo que o caruru-de-mancha. Entretanto, em condições de competição intraespecífica, o tomateiro mostrou-se mais sensível, enquanto o contrário foi verdadeiro, ou seja, o caruru-de-mancha foi mais sensível à competição interespecífica. A luz, possivelmente, foi o principal fator de competição, visto que o tomateiro cresceu e ramificou-se mais que o caruru-de-mancha.

Desta forma, por prover de informação sobre os mecanismos envolvidos na competição, o conhecimento advindo de experimentos substitutivos torna possível desenvolver práticas mais eficientes de manejo de plantas daninhas.

Conhecer a biologia das plantas é a chave para evitar os prejuízos e consequentemente aumentar a produtividade, pois permite a adoção de medidas que evitem que a competição se estabeleça. Uma vez que os fatores que influenciam o processo de competição são compreendidos, as medidas de controle podem ser determinadas com maior segurança. Com base nos resultados obtidos, é possível adotar e integrar algumas práticas de manejo que possam influenciar a interação entre o tomateiro e o caruru-de-mancha, de forma a favorecer o desenvolvimento da hortaliça. Por exemplo, se a cultura se estabelecer primeiro, em função da cultivar utilizada, do seu vigor, entre outras características, poderá cobrir rapidamente o solo, podendo excluir ou inibir significativamente o crescimento das plantas invasoras.

Seria muito interessante que fossem realizados mais experimentos semelhantes ao do presente trabalho, com as mais diversas cultivares e culturas, em condições variáveis, em diferentes regiões, para que aumentasse cada vez mais o entendimento sobre o comportamento das plantas no processo competitivo.

CONCLUSÕES

- Para o experimento aditivo para as monocultura (interação intraespecífica), a partir da densidade de 60 plantas m^{-2} , as características individuais de crescimento de plantas de tomate e de caruru-de-mancha reduziram acentuadamente, fazendo com que o potencial de produção por área dessas características se tornassem praticamente constantes.
- O tomateiro mostrou-se mais sensível à interferência intraespecífica, por apresentar maior número de características afetadas e reduções muito mais acentuadas nestas.
- Para o experimento substitutivo (interação interespecífica), o tomateiro foi um competidor mais agressivo que o caruru-de-mancha, sendo mais eficiente na utilização dos recursos do meio, tanto aos 60 quanto aos 120 dias após o plantio.
- Para o tomateiro a interferência intraespecífica foi mais importante, ou seja, a tomateiro prefere em sua vizinhança outra planta de tomateiro ao invés de uma planta do caruru-de-mancha.
- Para o caruru-de-mancha, a interferência interespecífica foi mais importante, ou seja, a planta daninha foi bastante afetada pela presença do tomateiro.

REFERÊNCIAS

AGRIANUAL. Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo, p. 456-462, 2012.

AGROFIT. Sistema de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons.>. Acesso em: 20 mar. 2012.

ALDRICH, R. J. Predicting crop yield reductions from weeds. **Weed Technology**, Champaign, v. 1, n. 3, p.199-206, 1987.

ALVARENGA, M. A. R. Origem botânica e descrição das plantas. In: ALVARENGA, M.A.R. (Ed.). **Tomate**: produção em campo, em casa-de-vegetação e hidroponia. Lavras: Editora UFLA, 2004. p. 15-18.

ALVES, P. L. C. A.; PITELLI, R. A.; MALHEIROS, E. B. Estudo dos efeitos inibitórios do caruru (*Amaranthus retroflexus*) sobre a germinação e desenvolvimento de plântulas de pepino (*Cucumis sativus*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 16., 1986, Campo Grande : [s.n.] , 1986.

ARNAUD, L. S. E. P. et al., Predominância de begomovírus em tomateiros na região produtora da Ibiapaba, Ceará, e sua detecção natural em plantas daninhas. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, n. 3, p. 241-246, 2007.

BIANCHI, M. A.; FLECK, N. G.; LAMEGO, F. P. Proporção entre plantas de soja e plantas competidoras e as relações de interferência mútua. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.5, p. 1380-1387. 2006.

BIANCO, S. et al., Crescimento e acúmulo de macronutrientes por plantas de *Amaranthus viridis*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25., 2006, Brasília, DF: SBCPD. p. 42.

BIANCO, S. et al., Crescimento e nutrição mineral de *Solanum americanum*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHA, 21., 1997, Caxambu: SBCPD. p. 40.

BLANCO, H. G. A importância dos estudos ecológicos nos programas de controle de plantas daninhas. **O Biológico**, v. 38, n. 10, p. 343-350, 1972.

BRANDÃO, E. S.; LOPES, M. R. Cadeia de tomate no Brasil. In: VIEIRA, R. de C. M. T. et al. (Ed.). **Cadeias produtivas no Brasil**: análise de competitividade. Brasília: EMBRAPA; São Paulo: FGV, 2001. cap. 15, p. 377-395.

CAMARGO, F. P. et al., Cadeia produtiva de tomate industrial no Brasil: resenha da década de 1990, produção regional e perspectivas. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 36, n. 11, p. 7-20, nov. 2006.

CARVALHO, L. B; ALVES, P. L. C. A.; MARTINS, J. V. F. Effects of plant density and proportion on the interaction between wheat with alexandergrass plants. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n.1, p. 40-45. 2010.

CARVALHO, J. O. M. et al., Desempenho de famílias e híbridos comerciais de tomateiro para processamento industrial com irrigação por gotejamento. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, n. 3, p. 525-533, jul-set. 2003.

CARVALHO, S. J. P. de; CHRISTOFOLETTI, P. J. Competition of *Amaranthus* species with dry bean plants. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, n. 3, p. 239-245, may/june, 2008.

CARVALHO, S. J. P. de; LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; CHRISTOFOLETTI, P. J. Crescimento e desenvolvimento de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 317-326, 2008.

CHRISTOFFOLETI, P. J. **Controle de *Brachiaria decumbens* Stapf e de *Cyperus rotundos* em área de cana-de-açúcar (*Saccharum* sp.) através da técnica de rotação com amendoim (*Arachis hypogaea*) integrada ao uso de herbicidas.** 1988. 117 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.

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**, Viçosa, MG, v. 14, n. 1, p. 42-47, 1996.

CONNOLLY, J. Experimental methods in plants competition research in crop-weed systems, **Weed Research**, Oxford, v. 28, n. 6, p. 437-441, 1988.

COSTA, A. G. F. ; ALVES, P. L. C. A. ; PAVANI, M. C. M. D. Efeito da densidade de plantas de *Spermacoce latifolia* Aubl. sobre o crescimento inicial de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex. Maiden. **Ecossistema (FAZMCG)**, Pinhal, v. 29, n. 1-2, p. 39-47, 2006.

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

DIAS, G. F. S.; ALVES, P. L. C. A.; DIAS, T. C. S. *Brachiaria decumbens* suppresses the initial growth of *Coffea arabica*. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 6, p. 563-675, 2004.

DINARDO, W. et al., Efeito da densidade de plantas de *Panicum maximum* Jacq. sobre o crescimento inicial de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 64, p. 59-68, dez. 2003.

DUSKY, J. A.; SHREFLER, J. W. Spiny amaranth (*Amaranthus spinosus*) competition with lettuce. **Proceedings Southern Weed Science Society**, v. 45, p. 313, 1992.

FAYAD, J. A. et al., Absorção de nutrientes pelo tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 1 p. 90-94, 2002.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2. ed. Viçosa: UFV, 2001. 412 p.

FILGUEIRA, F. A. R. Solanáceas: agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló. Lavras: UFLA, 2003. 333 p.

FRIESEN, G. H. Weed interference in transplanted tomatoes (*Lycopersicon esculentum*). **Weed Science**, Lawrence, v. 27, n. 1, p. 11-13, 1979.

GRANGEIRO, L. C. et al., Acúmulo e exportação de nutrientes pela cultivar de melancia Mickylee. **Caatinga**, Mossoró, v. 18, n. 2, p. 73-81, 2005.

HARPER, J. L. Mixtures of species. In: HARPER, J. L. **The population biology of plants**. New York: Academic Press, 1977. p. 237-304.

HERNANDEZ, D. D.; ALVES, P. L. C. A.; SALGADO, T. P. Efeito da densidade e proporção de plantas de tomate industrial e de maria-pretinha em competição. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 20, n. 2, p. 229-236, 2002.

HERNANDEZ, D.D. et al., Períodos de interferência de maria-pretinha sobre tomateiro industrial. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v.25, n. 2, p. 199-204, 2007.

HEVEULINK, E. Dry matter partitioning in tomato: validation of a dynamic simulation model. **Annals of Botany**, London, v. 77, p. 71-80, 1996.

HILLGER, D. E.; WELLER, S. C.; GIBSON, K. D. Weed management systems in Indiana tomato production. **Weed Science**, Lawrence, v. 54, n. 3, p. 516-520, 2006.

HOFFMAN, M. L.; BUHLER, D. D. Utilizing Sorghum as a functional model of crop-weed competition. I. Establishing a competitive hierarchy. **Weed Science**, Lawrence, v. 50, n. 4, p. 466-472, 2002.

HORAK, M. J.; LOUGHIN, T. M. Growth analysis of four *Amaranthus* species. **Weed Science**, Lawrence, v. 48, n. 3, p. 347-355, 2000.

Entrada de gigantes no setor de alimentos deve ampliar os derivados de tomate. **Hortifruti Brasil**, Piracicaba, a. 10, n. 104, p. 14-17, ago 2011. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/104/full.pdf>>. Acesso em: 23 jan. 2012.

Tomaticultura lidera crescimento e lucratividade no setor de hortaliças. **Informativo Agropecuário Coopercitrus**, Bebedouro, a. 24, n. 288, p. 20-25, out. 2010.

JOLLIFFE, P. A.; NINJAS, A. N.; RUNECKLES, V. C. A reinterpretation of yield relationships in replacement series experiments. **Journal of Applied Ecology**, Vancouver, v. 21, p. 227-243, 1984.

JORGENSEN, S. S. **Metodologia utilizada para análises químicas de rotina**: guia analítico. Piracicaba: CENA, 1977. 24 p.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2. ed. São Paulo: BASF, 1999. Tomo 2, 978 p.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2. ed. São Paulo: BASF, 2000. Tomo 3, 726 p.

KLINGAMAN, T. E.; OLIVER, L. R. Palmer amaranth (*Amaranthus palmerii*) interference in soybean (*Glycine max*). **Weed Science**, Champaign, v. 42, n. 4, p. 523-527, 1994.

KNEZEVIC, S. Z.; HORAK, M. J.; VANDERLIP, R. L. Relative time of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) emergence is critical in pigweed-sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] competition. **Weed Science**, Lawrence, v. 45, n. 4, p. 502-508, 1997.

LAMEGO, F. P. et al., Tolerância à interferência de plantas competidoras e habilidade de supressão por genótipos de soja – II respostas de variáveis de produtividade. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 22, n. 4, p. 491-498, 2004.

LOCKE, M. A.; REDDY, K. N.; ZABLOTOWICZ, R. M. Weed management in conservation crop production systems. **Weed Biology and Management**, Richmond, v. 2, n. 3, p. 123-132, 2002.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas**: plantio direto e convencional. 6 ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2006. p. 40-41

MALUF, A. M. Interferência interespecífica entre *Amaranthus hybridus* L. e *Amaranthus viridis* L. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 5, p. 723-732, 1999.

MARCOLINI, L.W. et al., Effect of the density and of the distance of *Brachiaria decumbens* Staff on the initial growth of *Coffea arabica* L. seedlings. **Coffee Science**, Lavras, v. 4, n. 1, p. 11-15, 2009.

MARCOLINI, L.W. et al., Interferência de caruru-de-mancha sobre características de crescimento e produção da beterraba. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 28, n. 1, p. 41-46, 2010.

McGILCHRIST, C. A.; TRENBATH, B. R. A revised analysis of plant competition experiments. **Biometrics**, v. 27, n. 3, p. 659-671, 1971.

MORAES, P. V. D. et al., Competitividade relativa de soja com arroz-vermelho. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 27, n. 1, p. 35-40, 2009.

MURPHY, S.D. et al., Effect on planting patterns and inter-row cultivation on competition between corn (*Zea mays*) and late emerging weeds. **Weed Science**, Champaign, v. 44, n. 4, p. 865-870, 1996.

NASCENTE, A. S.; PEREIRA, W.; MEDEIROS, M. A. Interferência das plantas daninhas na cultura do tomate para processamento. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 22, n. 3, 2004.

NORRIS, R.F. et al., Spatial arrangement, density, and competition between barnyard grass and tomato: Crop growth and yield. **Weed Science**, Lawrence, v.49, p. 61-68. 2001.

NUEZ, F. **El cultivo del tomate**. Bilbao: Mundi-Prensa, 1995. p. 565-588.

ODUM, P. E.; BARRET, G. W. **Fundamentos de Ecologia**. 5 ed. São Paulo: Thomson, 2007. 612 p.

ORIGINPRO 8.0 SR4. Northampton: OriginLab, 2008. 1 CD-ROM.

PANTONE, D. J.; BAKER, J. B. Reciprocal yield analysis of red rice (*Oryza sativa*) competition in cultivated rice. **Weed Science**, Champaign, v. 39, n. 1, p. 42-47, 1991.

PASSINI, T. **Competitividade e predição de perdas de rendimento da cultura de feijão quando em convivência com *Brachiaria plantaginea* (Link) Hitchc.** 2001. 130 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

PAUL, R.; ELMORE, C. D. Weeds and the C4 syndrome. **WeedsToday**, Champaign, v. 15, n. 1, p. 3-4, 1984.

PEREIRA, W. Manejo de plantas daninhas. In: SILVA, J. B.; GIORDANO, L. B. (Ed.). **Tomate para processamento industrial**. Brasília: EMBRAPA Hortaliças, 2000. 168 p.

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

PITELLI, R. A. Interferência das plantas daninhas em culturas olerícolas. In: Congresso Brasileiro, 24; Reunião Latino Americana de Olericultura, 1., 1984, **Anais...** Jaboticabal: [s.n.], 1984. p. 75-87.

PITELLI, R. A. Interferência das plantas daninhas nas culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 129, p. 16-27, 1985.

PITELLI, R. A.; KARAM, D. Ecologia de plantas daninhas e a sua interferência em culturas florestais. In: SEMINÁRIO TÉCNICO SOBRE PLANTAS DANINHAS E O USO DE HERBICIDAS EM REFLORESTAMENTO, 1., 1988. **Anais...** Rio de Janeiro: [s.n.], 1988. p. 44-64.

QASEM, J. R. Pigweed (*Amaranthus* spp.) interference in transplanted tomato (*Lycopersicon esculentum*). **Journal of Horticultural Science**, v. 67, n. 3, p. 421-427, 1992.

RADOSEVICH, S. R. Methods to study interactions among crops and weeds. **Weed Technology**, Champaign, v. 1., n. 1, p. 190-198, 1987.

RAVEN, P. H., EVERT, R. F., EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. 6 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. 906 p.

RODRIGUEZ, R. R.; RODRIGUEZ, J. M. T.; SAN JUAN, J. A. M. **Cultivo moderno del tomate**. Madrid: Mundi Prensa, 1984. 206 p.

ROUSH, M. L. et al., A comparison of methods for measuring effects of density and proportion in plant competition experiments. **Weed Science**, Champaign, v. 37, n. 2., p. 268-275, 1989.

ROWLAND, M. W.; MURRAY, D. S.; VERHALEN, L. M. Full-season Palmer amaranth (*Amaranthus palmerii*) interference with cotton (*Gossypium hirsutum*). **Weed Science**, Lawrence, v. 47, n. 3, p. 305-309, 1999.

SANTOS, M. B. et al., Competitive interactions of tomato (*Lycopersicon esculentum*) and nutsedges (*Cyperus* spp.). **Weed Science**, Lawrence, v. 45, n. 2, p. 229-23, 1977.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1974. 56 p.

SILVA, B. P.; CARVALHO, L. B.; ALVES, P. L. C. A. Efeito de doses de adubo 4-14-8 na competição entre tomateiro e *Solanum americanum* em convivência intra e interespecífica. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 28, n. 1, p. 47-52, 2010a.

SILVA, B. P. et al., Interferência de caruru-de-mancha, maria-pretinha, picão-preto e tiririca em tomateiro industrial. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 2, p. 313-318, 2010b.

SILVA, F. A. S. Software Assistat: assistência estatística. Versão 7.6 beta. Campina Grande: UAEG-CTRN-UFCG, 2012. Disponível em: <<http://www.assistat.com/indexp.html#down>>. Acesso em: 05 mar. 2012.

SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. **Tomate para processamento industrial**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia – Embrapa Hortaliças, 2000. 168 p.

SILVA, J. F.; SILVA, J. F. **Curso de proteção de plantas**. Brasília: ABEAS, 1991. Mod. 5 (1 – 4).

SPITTERS, C. J. T. An alternative approach to analysis of mixed cropping experiments. I. Estimation of competition effects. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v. 31, n. 1, p. 1-11, 1983.

TERRY, E. R.; STALL, W. M. Smooth amaranth interference in muskmelon. **Proceeding soft he Florida State Horticulture Society**, v. 105, p. 319-321, 1997.

TOLEDO, R. E. B. et al., Efeito da densidade de plantas de *Brachiaria decumbens* Stapf sobre o crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 60, p. 109-117, 2001.

VIDAL, R. A. et al., Nível de dano econômico de *Brachiaria plantaginea* na cultura de milho irrigado. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 22, n. 1, p. 63-69, 2004.

VIDIGAL, S. M.; PACHECO, D. D.; FACION, C. E. Crescimento e acúmulo de nutrientes pela abóbora híbrida tipo Tetsukabuto. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 3, 2007.

VILÀ, M. et al., Competition experiments on alien weeds with crops: lessons for measuring plant invasion impact? **Biological Invasions**, Dordrecht, v. 6, n. 1, p. 59-69, 2004.

VITTI, G. C. **Avaliação e interpretação do enxofre no solo e na planta**. Jaboticabal: FUNEP, 1989. 37 p.

WEAVER, S. E.; TAN, C. S. Critical period of weed interference in field-seeded tomatoes and its relation to water stress and shading. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 67, p. 575-583, 1987.

WEAVER, S. E.; TAN, C. S. Critical period of weed interference in transplanted tomatoes (*Lycopersicon esculentum*): growth analysis. **Weed Science**, Lawrence, v. 31, p. 476-481, 1983.

WIT, C. T. On competition. **Verslagen Landbouwkundig Onderzoek.**, v. 66, n. 8, p. 1-82, 1960.

WIT, C. T.; VAN DEN BERGH, J. P. Competition between herbage plants. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v. 13, n. 2, p. 212-221, 1965.

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

ZANINE, A. M.; SANTOS, E. D. Competição entre espécies de plantas : uma revisão. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v. 11, n. 1, p. 103-122, 2004.