

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade



Dissertação

**Competição de cultivares de soja com capim-arroz
(*Echinochloa* spp.) em terras baixas**

Marlon Ouriques Bastiani

Pelotas, 2015

MARLON OURIQUES BASTIANI

**COMPETIÇÃO DE CULTIVARES DE SOJA COM CAPIM-
ARROZ (*Echinochloa* spp.) EM TERRAS BAIXAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Fitossanidade (área de conhecimento: Herbologia).

Orientador: Fabiane Pinto Lamego, Dra.

Coorientadores: Luis Antonio de Avila, Ph.D.

Dirceu Agostinetto, Dr.

Jesus Juares Oliveira Pinto, Dr.

Pelotas, 2015

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

B326c Bastiani, Marlon Ouriques

Competição de cultivares de soja com capim-arroz (*Echinochloa* spp.) em terras baixas / Marlon Ouriques Bastiani ; Fabiane Pinto Lamego, orientadora ; Luis Antonio de Avila, Dirceu Agostinetto, coorientadores. — Pelotas, 2015.

95 f.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2015.

1. Manejo integrado. 2. Habilidade competitiva. 3. Rotação de culturas. I. Lamego, Fabiane Pinto, orient. II. Avila, Luis Antonio de, coorient. III. Agostinetto, Dirceu, coorient. IV. Título.

CDD : 633.34

Banca Examinadora

André Andres, Dr.

Dirceu Agostinetto, Dr.

Leandro Galon, Dr.

Fabiane Pinto Lamego, Dr.
(Orientadora)

Aos meus pais, Vicente e Ivonia

OFEREÇO E DEDICO

“A persistência é o menor caminho para o êxito”
(Charles Chaplin)

Agradecimentos

Primeiramente a DEUS, pela saúde, proteção, acompanhamento e sabedoria em todos os momentos da caminhada.

À minha família, pelo apoio, carinho, compreensão, incentivo e por entender a minha ausência durante esse período.

À Renata, que esteve comigo durante essa caminhada, pelo amor, carinho, confiança e incentivo.

À professora Fabiane Pinto Lamego, pela amizade, ensinamentos, dedicação, compreensão e orientação durante essa trajetória.

Aos professores Jesus Juares Oliveira Pinto, Luis Antonio de Avila, Dirceu Agostinetto, Edinalvo Rabaioli Camargo e Carlos Eduardo Schaedler pela colaboração nos trabalhos da dissertação.

À Orozimbo Carvalho pelo apoio na condução dos trabalhos à campo.

À Universidade Federal de Pelotas e ao Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

À CAPES, FAPERGS e FAPESC pelo apoio financeiro na condução da pesquisa e pela bolsa de mestrado.

Aos colegas de pós-graduação: Alfran Martini, Ananda Scherner, Carla Zemolin, Diogo Helgueira, Fábio Schreiber, Guilherme Cassol, João Paulo Refatti, Karen Martins, Kelen Muller, Fernando Martini, Leonard Piveta, Marcos Marchezan, Mariah Marques, Vinícios Gehrke, Luiza Piccinini, Keilor Dorneles, Fabio Araújo, Anderson Feijó, Joice Bonow e Thaís Rosa, pelo convívio, amizade, companheirismo e auxílio na execução dos trabalhos.

Aos estagiários e bolsistas: Andrey Pivetta, Andrew Bortoli, Cédric Benetti, Diego Medeiros, Diônvera Coelho, Egeu Dutra, Marcelo Zimmer, Roberto Wickert,

Rodrigo Langes, Rodrigo Pestana, Klaus Egewarth, Jallison Nunes e Joelmir Oliveira pela amizade e auxílio na execução dos experimentos.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para o êxito do trabalho, os meus sinceros agradecimentos.

Resumo

BASTIANI, Marlon Ouriques. **Competição de cultivares de soja com capim-arroz (*Echinochloa* spp.) em terras baixas**. 2015. 95f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brasil.

Atualmente com a expansão do cultivo de soja em terras baixas no Rio Grande do Sul, o capim-arroz (*Echinochloa* spp.) tem-se constituído como importante planta daninha, ocasionando perdas na produtividade de grãos da cultura. Diante disso, os objetivos desta pesquisa foram: (1) avaliar os efeitos da temperatura e da luz na germinação de sementes de capim-arroz, em diferentes períodos de armazenamento após a dispersão; (2) estudar a influência da convivência da soja e do capim-arroz em estádios iniciais de desenvolvimento sobre características morfofisiológicas das espécies; (3) identificar a competitividade relativa de cultivares de soja com o capim-arroz, através de experimentos em série de substituição; e (4) investigar características diferenciadas entre cultivares de soja, associadas ao arranjo espacial da cultura, na habilidade competitiva com o capim-arroz. Os experimentos foram conduzidos nos anos 2013 e 2014, em laboratório e casa de vegetação do Departamento de Fitossanidade (FAEM/UFPel), e à campo no Centro Tecnológico do Chasqueiro (Arroio Grande/RS). Os resultados demonstram que a germinação, o crescimento da parte aérea e radicular de sementes de capim-arroz são afetados por variações nos regimes de luz e temperatura, sendo a germinação reduzida quando na ausência de luz e sob baixa temperatura ($\pm 15^{\circ}\text{C}$). Cultivares de soja, quando em convivência inicial com plantas de capim-arroz, ou plantas de capim-arroz na presença de cultivares de soja, tendem a escapar do sombreamento através do incremento em estatura; porém, apresentam redução no sistema radicular. Cultivares de soja, com características morfofisiológicas distintas apresentam similaridade quanto à competição com o capim-arroz; para o capim-arroz, a competição intraespecífica é mais importante do que a competição interespecífica com as cultivares de soja. O cultivar de soja BMX Potência RR demonstra características de habilidade competitiva superior com plantas daninhas em períodos iniciais de crescimento, quando comparado a BMX Apolo RR, sendo que a prática de redução do espaçamento entre linhas em soja cultivada em terras baixas, incrementa a produtividade de grãos.

Palavras-chave: Manejo integrado, habilidade competitiva, rotação de culturas.

Abstract

BASTIANI, Marlon Ouriques. **Competitiveness of soybean cultivars against barnyardgrass** (*Echinochloa* spp.) **in lowland**. 2015. 95f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brazil.

Nowadays, with the expansion of soybean cultivation in lowlands in Rio Grande do Sul, barnyardgrass (*Echinochloa* spp.) has been established as an important weed, causing significant crop yield loss. For this reason, the aim of this research were to: (1) evaluate the effects of temperature and light on germination of barnyardgrass seeds, in different times of storage after dispersal; (2) evaluate the influence of soybean and barnyardgrass coexistence in early stages of development at morphological and physiological characteristics of the species; (3) identify the relative competitiveness of soybean cultivars with barnyardgrass, through replacement series experiments; and (4) investigate different characteristics between soybean cultivars, associated to the crop spatial arrangement, in the competitive ability with barnyardgrass. The experiments were carried in the years of 2013 and 2014, in laboratory and greenhouse of the Departamento de Fitossanidade (FAEM/UFPel), and in the field at the Centro Tecnológico do Chasqueiro (Arroio Grande/RS). The results demonstrate that germination and hypocotyl and radicle growth of barnyardgrass seeds are affected by changes in light and temperature, being the germination reduced when in the absence of light and under low temperature ($\pm 15^{\circ}\text{C}$). Soybean cultivars, when in initial coexistence with barnyardgrass plants, or barnyardgrass plants in the presence of the soybean cultivars, tend to shade avoidance through the increment of height; however, show reduction in the root system. Soybean cultivars with different morphological and physiological traits show similarity under barnyardgrass competition; for barnyardgrass, the intraspecific competition is more important than interspecific competition with soybean cultivars. The soybean cultivar BMX Potência RR demonstrates superior competitive ability traits with weeds during the early stages of development, when compared to Apollo RR, whereas the practice of the reducing row spacing in soybeans grown in the lowlands, increases the crop yield.

Keywords: integrated management, competitive ability, crop rotation

Lista de Figuras

- Figura 1 - Estádio de crescimento da “população vizinha” de soja (A), capim-arroz (B) e testemunha sem convivência (C), no momento da semeadura das espécies no copo plástico central. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, RS, 2014.38
- Figura 2 - Arquitetura das plantas de soja (cv. BMX Apolo RR) na condição de ausência (A) e presença (B) do capim-arroz como população vizinha. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2014.43
- Figura 3 – Diagrama da produção relativa da estatura de planta, área foliar e da matéria seca da parte aérea dos cultivares de soja BMX Apolo RR (A,B e C) e BMX Potência RR (D,E e F) e capim-arroz em função da variação da proporção entre as duas espécies. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, RS, 2014. Círculos cheio (●) e vazio (○) representam a PR dos cultivares de soja e do capim-arroz, respectivamente, e (▼) indica a PRT das espécies. As linhas tracejadas referem-se às produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.57
- Figura 4 – Estatura (A), área foliar (B), matéria seca da parte aérea (C) e matéria seca radicular (D) de cultivares de soja avaliada aos 30, 45 e 60 dias após a emergência (DAE). FAEM/UFPeI, Capão do Leão, RS, 2013/14. (*Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), e comparam os cultivares dentro de cada época de avaliação).....73

Lista de Tabelas

- Tabela 1 - Efeito dos regimes de temperatura e luminosidade sobre a germinação de capim-arroz (*Echinochloa crusgalli*) em função de dias após a colheita das sementes (DAC). FAEM/UFPeI, Capão do Leão, RS, 2014.26
- Tabela 2 - Efeito dos regimes de temperatura e luminosidade sobre o comprimento da parte aérea de capim-arroz (*Echinochloa crusgalli*) em função de dias após a colheita das sementes (DAC). FAEM/UFPeI, Capão do Leão, RS, 2014.28
- Tabela 3 - Efeito dos regimes de temperatura e luminosidade sobre o comprimento da radícula de capim-arroz (*Echinochloa crusgalli*) em função de dias após a colheita das sementes (DAC). FAEM/UFPeI, Capão do Leão, RS, 2014.29
- Tabela 4 - Efeito dos regimes de temperatura sobre o índice de velocidade de germinação (IVG) de capim-arroz (*Echinochloa crusgalli*) em função de dias após a colheita das sementes (DAC). FAEM/UFPeI, Capão do Leão, RS, 2014.30
- Tabela 5 - Efeito dos regimes de temperatura sobre a velocidade de germinação (VG) do capim-arroz (*Echinochloa crusgalli*) em função de dias após a colheita das sementes (DAC). FAEM/UFPeI, Capão do Leão, RS, 2014.31
- Tabela 6 - Efeito da convivência inicial (ausência e presença) com capim-arroz na estatura de plantas (cm) de cultivares de soja (BMX Apolo RR e BMX Potência RR), 30 dias após a emergência. 1º período de

condução do experimento. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, RS, 2014.

.....40

Tabela 7 - Valores médios de índice SPAD, área foliar (AF), área radicular (AR), diâmetro médio radicular (DMR), volume radicular (VR), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca radicular (MSR), e relação MSR/MSPA de cultivares de soja (BMX Apolo RR e BMX Potência RR) em função da ausência ou presença de convivência inicial com capim-arroz, 30 dias após a emergência, conduzidos em dois períodos de cultivo. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, RS, 2014....41

Tabela 8 – Efeito da ausência ou presença de convivência inicial com cultivares de soja (BMX Apolo RR e BMX Potência RR) na estatura (E), índice SPAD, área foliar (AF), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca radicular (MSR), área radicular (AR), diâmetro médio radicular (DMR) e volume radicular (VR) de plantas de capim-arroz, 30 dias após a emergência, conduzidos em dois períodos de cultivo. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, RS, 2014.43

Tabela 9 - Diferenças de produtividade relativa (DPR) e de produtividade relativa total (PRT), das variáveis estatura de planta, área foliar e matéria seca da parte aérea de cultivares de soja (BMX Apolo RR ou BMX Potência RR) e do competidor capim-arroz, aos 44 dias após a emergência. FAEM/UFPeI, Capão do Leão-RS, 2014.58

Tabela 10 - Respostas de cultivares de soja (BMX Apolo RR ou BMX Potência RR) à interferência do competidor capim-arroz, expressas em estatura de planta, área foliar e matéria seca da parte aérea das plantas, em experimentos conduzidos em séries substitutivas, aos 44 dias após emergência (DAE). FAEM/UFPeI, Capão do Leão, RS, 2014.60

Tabela 11 - Respostas de cultivares de soja (BMX Apolo RR ou BMX Potência RR) à interferência do competidor capim-arroz, expressas em taxa fotossintética ($A - \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática de vapores de água ($GS - \text{mol m}^{-1} \text{s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 ($C_i - \mu\text{mol mol}^{-1}$), taxa transpiratória ($E - \text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), eficiência na carboxilação ($EC - \text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e eficiência no uso da água (EUA $- \text{mol CO}_2 \text{mol H}_2\text{O}^{-1}$) das plantas, em experimentos conduzidos em

séries substitutivas, aos 44 dias após emergência (DAE). FAEM/UFPel, Capão do Leão, RS, 2014.	61
Tabela 12 - Índices de competitividade entre cultivares de soja (BMX Apolo RR ou BMX Potência RR) e do competidor capim-arroz, expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamentos relativo (K) e de agressividade (A), obtidos em experimentos conduzidos em séries substitutivas. FAEM/UFPel, Capão do Leão, RS, 2014.	63
Tabela 13 - Índice de velocidade de emergência (IVE) de cultivares de soja. FAEM/UFPel, Capão do Leão, RS, 2013/14.	72
Tabela 14 - Estatura de plantas de cultivares de soja (BMX Apolo RR e BMX Potência RR), em função da variação do espaçamento entre linhas, 30 dias após a emergência (DAE) da cultura da soja na ausência da planta competidora. Centro Tecnológico do Chasqueiro, Arroio Grande, RS, 2013/14.	76
Tabela 15 - Valores médios de produtividade de grãos (kg ha^{-1}), número de legumes planta ⁻¹ , número de grãos legumes ⁻¹ , em função do espaçamento entre linhas, das cultivares de soja (BMX Apolo RR e BMX Potência RR) e da condição de competição. Centro Tecnológico do Chasqueiro, Arroio Grande, RS, 2013/14.	77
Tabela 16 - Valores médios de peso de 100 grãos (g) de cultivares de soja (BMX Apolo RR e BMX Potência RR) em função da convivência com plantas da espécie competidora capim-arroz (<i>Echinochloa</i> spp.). Centro Tecnológico do Chasqueiro, Arroio Grande, RS, 2013/14.	77

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	16
2. CAPÍTULO I - GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE CAPIM-ARROZ SUBMETIDAS A DIFERENTES CONDIÇÕES DE LUZ E TEMPERATURA.....	21
2.1 Introdução	21
2.2 Material e Métodos.....	23
2.3 Resultados e Discussão.....	25
2.4 Conclusões.....	33
3. CAPÍTULO II - EFEITO DA CONVIVÊNCIA INICIAL ENTRE PLANTAS DE SOJA E CAPIM-ARROZ SOBRE CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS.....	34
3.1 Introdução	34
3.2 Material e Métodos.....	37
3.3 Resultados e Discussão.....	40
3.4 Conclusões.....	49
4. CAPÍTULO III - COMPETITIVIDADE RELATIVA DE CULTIVARES DE SOJA COM CAPIM-ARROZ	50
4.1 Introdução	50
4.2 Material e Métodos.....	52
4.3 Resultados e Discussão.....	56
4.4 Conclusões.....	65
5. CAPÍTULO IV- CARACTERÍSTICAS DE PLANTA EM CULTIVARES DE SOJA E ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS NA HABILIDADE COMPETITIVA COM CAPIM-ARROZ EM TERRAS BAIXAS.....	66
5.1 Introdução	66
5.2 Material e Métodos.....	69

5.3 Resultados e Discussão.....	72
5.4 Conclusões.....	80
6. CONCLUSÕES GERAIS.....	82
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
VITA	95

1. INTRODUÇÃO

A área semeada com grãos na safra 2014/15 foi estimada em 57,03 milhões de hectares, sendo praticamente a mesma cultivada na safra anterior. Entretanto, a soja assume destaque entre culturas, no que se refere ao aumento da área cultivada, com acréscimo de 3,9% ou 1,16 milhões de hectares (CONAB, 2015). Assim, apresentando cada vez mais importância na agricultura mundial, devido principalmente à sua grande diversidade de uso e ao aumento da demanda global por alimentos (BRASIL, 2015).

As previsões para safra 2014/15, indicam que a produção brasileira de soja ultrapassará 93 milhões de toneladas, sendo que esse rápido crescimento é devido principalmente ao aumento das áreas semeadas e à produtividade. Nesse cenário, o Rio Grande do Sul (RS) destaca-se como o terceiro estado com maior produção de soja no Brasil (5 .102,6 mil ha), e tem apresentado um crescimento de 17,2% da área semeada nos últimos 10 anos (CONAB, 2015).

Um dos motivos do aumento da área cultivada no estado do RS é a ampliação do cultivo de soja em terras baixas, principalmente em rotação com a cultura do arroz irrigado. Segundo dados do IRGA (2014), foram semeados 287.454 hectares da cultura em terras baixas na safra 2013/14, com previsão de 500 mil hectares até 2015. Essa alternativa de produção de grãos na região, através da rotação de culturas apresenta diversas características que contribuem para a sustentabilidade dos sistemas produtivos, destacando-se: a redução nos níveis de infestação de plantas daninhas, principalmente de arroz-vermelho (*Oryza sativa* L.), melhoria na qualidade e no uso do solo, controle de doenças e aumento da produtividade da cultura em rotação (VERNETTI JR.; GOMES; SCHUCH, 2009).

Embora a soja seja considerada como uma das principais culturas produtora de grãos, problemas quanto à baixa produtividade ainda são observados em algumas regiões. Entre as causas da baixa produtividade da soja destaca-se a interferência das plantas daninhas, as quais competem por recursos limitados no ambiente e provocam reduções significativas no crescimento/desenvolvimento da cultura (MORAES et al., 2009). Em terras baixas, o arroz irrigado é a cultura predominante e, conseqüentemente o seu monocultivo por vários anos promoveu a seleção de algumas espécies de plantas daninhas adaptadas a esse sistema, e dessa forma, essas plantas podem interferir negativamente em culturas semeadas em rotação com o arroz irrigado, como o caso da soja.

Atualmente, produtores de soja em terras baixas têm encontrado problemas quanto à interferência de capim-arroz (*Echinochloa* spp.), principalmente devido ao rápido crescimento inicial da planta daninha, e o curto espaço de tempo para o controle dessa espécie. No entanto, sabe-se que o período crítico de prevenção à interferência para *Digitaria ciliaris* na cultura da soja situa-se no período entre 23 e 50 dias após a emergência (AGOSTINETTO, et al., 2014). Geralmente, o período de controle de plantas daninhas em pós-emergência da cultura da soja em terras baixas, coincide justamente com o período de maior precipitação pluvial nessas regiões, dessa forma impossibilitando que o controle químico seja realizado. A limitação não ocorre apenas pelas condições inadequadas do clima, mas também devido à má drenagem dos solos que impede a entrada de máquinas na lavoura, caso se adote o controle químico via terrestre.

Echinochloa spp. popularmente conhecida como capim-arroz, é uma planta daninha da família Poaceae, amplamente distribuída em lavouras de arroz irrigado e responsável por elevadas reduções tanto na produtividade, quanto na qualidade de grãos ou sementes (KISSMANN, 2007). Trata-se de uma espécie de ciclo anual, reprodução por sementes, apresentando condições ideais para a germinação quando o solo encontra-se com 80-90% de saturação com água, com rápido crescimento inicial, aliada com uma elevada demanda por nitrogênio; e, além disso, possui um elevado polimorfismo dentro de uma mesma espécie, o que dificulta sua identificação (KISSMANN, 2007).

Estudos referentes à competição entre *Echinochloa* spp. e a cultura da soja cultivada em terras baixas, ainda são escassos (SACCOL et al., 1993; SACCOL; ESTEFANEL, 1995; VAIL; OLIVER, 1993). No entanto, sabe-se que a competição

entre plantas pode ocorrer entre indivíduos de uma mesma espécie (intraespecífica) e com indivíduos de diferentes espécies (interespecíficas) quando estes estão disputando recursos normalmente limitados no ambiente, como luz, água, nutrientes e CO₂. A duração do tempo da competição determina prejuízos no crescimento, no desenvolvimento e, conseqüentemente, na produção das culturas (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007). Em geral, sabe-se que o grau de competição interespecífica depende de fatores relacionados à comunidade infestante (composição específica, população e distribuição) e da própria cultura (cultivar, espaçamento entre linhas e população de semeadura) (LAMEGO et al., 2004).

A habilidade competitiva de uma planta se constitui na dominância de determinado indivíduo sobre seus vizinhos, os quais utilizam simultaneamente os mesmos recursos limitados no ambiente. Desse modo, características de cultivares de soja como velocidade de emergência, estatura de planta, índice de área foliar, acúmulo de matéria seca, potencial de ramificação, ciclo e o arranjo espacial da cultura são distintos entre cultivares e modificam a habilidade competitiva quando em competição com plantas daninhas de capim-arroz. Estudos semelhantes já foram conduzidos demonstrando potencial de explorar a capacidade competitiva de cultivares com plantas daninhas, como em arroz, aveia, milho, soja e trigo (BALBINOT; FLECK, 2005; BIANCHI; FLECK; FEDERIZZI, 2006; LAMEGO et al., 2005; MENNAN et al., 2012; SAITO; FUTAKUCHI, 2014; SCHAEGLER et al., 2009; WORTHINGTON et al., 2013).

Para a investigação das relações competitivas entre espécies, experimentos em séries substitutivas têm sido amplamente utilizados (AMINPANAH; JAVADI, 2011; BIANCHI; FLECK; LAMEGO, 2006; VIVIAN et al., 2013; WANDSCHEER; RIZZARDI, 2013). Este método permite a compreensão do processo competitivo entre plantas, principalmente quando relacionado com o estudo do efeito da população e da proporção entre culturas e plantas daninhas (AMINPANAH; JAVADI, 2011). Esse modelo experimental é importante porque avalia os efeitos da concorrência de duas espécies em uma única densidade total e determina os efeitos relativos da interferência dentro e entre as espécies, indicando qual espécie é mais competitiva (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007).

Tendo o conhecimento do potencial competitivo da planta cultivada sobre a espécie daninha, é possível usá-lo na redução do crescimento das plantas daninhas competidoras, reduzindo perdas produtividade de grãos (MORTENSEN; BASTIAANS;

SATTIN, 2000; PLACE et al., 2011). Mesmo utilizando o controle químico como forma de controle de plantas daninhas, deve-se primar pelo estabelecimento da cultura em condições mais favoráveis e desta forma, suprimir o crescimento das espécies de plantas daninhas.

Além do grau de competitividade da cultura é importante o conhecimento de aspectos da biologia da planta daninha, principalmente fatores que afetam a germinação do capim-arroz. O entendimento desses fatores contribui para o desenvolvimento de práticas de manejo cultural do capim-arroz, para isso vários trabalhos já foram realizados avaliando a germinação de sementes de capim-arroz; no entanto, os estudos na maioria das vezes são voltados para sua aplicação no manejo da planta daninha na cultura do arroz (CHAUHAN; JOHNSON, 2011; GIBSON, et al. 2002; OPEÑA; CHAUHAN; BALTAZAR, 2014).

A limitação de recursos e a época de emergência de plantas daninhas em relação à cultura, sem dúvida, são componentes importantes de competição de plantas. No entanto, tem-se sugerido que as variáveis independentes de recursos, tais como, os sinais da qualidade da luz promovem alterações morfofisiológicas nas plantas em estádios iniciais de crescimento (PAGE et al., 2010). Essas alterações podem modificar a agilidade na captação de recursos do meio, associadas a rápido estabelecimento pela espécie daninha competidora em relação à cultura, tornando-se componentes importantes na competição entre plantas.

A elevada dependência das culturas ao emprego do controle químico gera ambiente favorável à seleção da resistência de plantas daninhas aos herbicidas, e neste sentido, o manejo integrado de plantas daninhas surge como uma forma de minimizar este problema (HARKER; O'DONOVAN, 2013). Dessa forma, o uso de cultivares com maior habilidade competitiva, ou seja, com características de plantas que as tornem mais competitivas que a planta daninha, associado a práticas de manejo como espaçamento entre linhas variado, são algumas estratégias que podem ajudar na supressão de plantas daninhas através do rápido fechamento do dossel e, conseqüentemente, por aumentar o sombreamento sobre as mesmas (CHAUHAN, 2013). A integração dessas estratégias de manejo é considerada ambientalmente mais segura, pois reduz a dependência do uso de herbicidas, além de promover ambiente menos favorável ao grande problema atual da evolução da resistência de plantas daninhas.

O presente trabalho apresenta como hipóteses: I) a presença de luz, o incremento da temperatura e o maior tempo após a dispersão das sementes, aumentam o potencial de germinação do capim-arroz; II) a convivência de plantas de soja com capim-arroz e vice-versa em estádios iniciais de desenvolvimento, afeta negativamente características morfofisiológicas em ambas as espécies; III) plantas de capim-arroz apresentam maior potencial competitivo que a soja quando ocorrendo em proporções semelhantes; e IV) cultivares de soja com características de planta dissimilares, apresentam diferenças quanto à habilidade competitiva com o capim-arroz, sendo favorecidas pelo menor espaçamento entre fileiras. Diante do exposto, estudos foram conduzidos com o objetivo de investigar características de plantas na competição entre o capim-arroz e a soja cultivada em terras baixas, buscando verificar a utilização da habilidade competitiva da cultura como ferramenta de auxílio no manejo integrado de plantas daninhas.

2. CAPÍTULO I - Germinação de sementes de capim-arroz submetidas a diferentes condições de luz e temperatura

2.1 Introdução

O capim-arroz (*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv. var. *crusgalli*) é uma espécie de ciclo anual se reproduz por sementes, rápido crescimento inicial e elevada demanda por nitrogênio (KISSMANN, 2007). A interferência dessa planta daninha tem sido relatada principalmente na cultura do arroz irrigado, além de outros cultivos como algodão, soja e milho (GALON et al., 2007a; GHANIZADEH; LORZADEH; ARYANNIA, 2014; KEELEY; THULLEN, 1991; SACCOL; ESTEFANEL, 1995). Ressalta-se que atualmente tem-se intensificado o uso da cultura da soja como componente no sistema de rotação de culturas com o arroz irrigado em terras baixas, e em contrapartida, infestações de capim-arroz passam a ser importantes para essa cultura, interferindo na produtividade de grãos quando não manejadas adequadamente.

Em arroz irrigado, a presença de uma planta de capim-arroz por metro quadrado pode ocasionar perdas de até 22% na produtividade de grãos, revelando nesse caso, que embora sejam eliminadas 99% das plantas dessa espécie na área, na maioria das situações, ainda se justificaria a adoção de outras medidas de controle (GALON et al., 2007a).

O manejo do capim-arroz normalmente é realizado através do controle químico. Por outro lado, o uso intensivo dessa técnica tem favorecido o surgimento de biótipos resistentes a herbicidas. Nesse sentido, estudos referentes à biologia da espécie, tal como investigação de variáveis relacionadas à germinação de sementes, contribuem para o desenvolvimento de estratégias de manejo cultural do capim-arroz,

reduzindo dessa forma a dependência exclusiva de herbicidas e a evolução da resistência aos mesmos.

O potencial de germinação e emergência da semente é determinado pela combinação de vários elementos, como temperatura do solo, potencial hídrico, luz, condições gasosas e teor de nitrato (GUILLEMIN et al., 2013). A temperatura é provavelmente o principal fator ambiental que controla a germinação, tanto em culturas, quanto em plantas daninhas, atuando diretamente na porcentagem e na taxa de germinação, quando outros fatores essenciais para tal processo não estão limitantes no meio (MARTINKOVA et al., 2006).

A dormência de sementes tem sido definida como a incapacidade de sementes intactas e viáveis de germinar quando em condições favoráveis (BEWLEY, 1997). A temperatura é citada como um dos fatores que pode agir na superação da dormência da semente, seja essa primária (inata na semente após a maturação na planta-mãe) quanto secundária (induzida após a dispersão das sementes), além de poder induzir à dormência secundária (BOSCARDIN et al., 2006). A dormência de sementes caracteriza-se como fenômeno típico em plantas daninhas anuais como capim-arroz. Alguns estudos têm verificado que variações sazonais de temperatura no ambiente promovem ciclos de dormência/não-dormência das sementes dessa espécie (HONEK et al., 1999; KUCEWICZ et al., 2006).

A presença de luz também desempenha papel importante nos processos de dormência/germinação, porém esse efeito é dependente da espécie avaliada. Para sementes de capim-arroz em regimes de luz/escuro ocorreu germinação em torno de 69%; em contrapartida, na ausência da luz os valores não excederam 24% (BOYD; ACKER, 2004).

O período de tempo após a dispersão natural das sementes no campo, associado à condição ambiental em que essas se encontram, afeta diretamente a germinação do capim-arroz. Nesse sentido, estudos têm demonstrado que o grau de dormência é relativamente alto por curto período de tempo após a dispersão; e que a exposição das sementes tanto à alta quanto à baixa temperatura nesse período, auxilia na superação da dormência e aumenta a porcentagem de germinação (CHAUHAN; JOHNSON, 2009; MARTINKOVA et al., 2006).

A germinação de capim-arroz possui faixa de temperatura adequada e é estimulada na presença de luz, tendo comportamento variável ao longo do período de armazenamento das sementes após a dispersão. Nesse sentido, o melhor

entendimento da germinação de capim-arroz pode contribuir na elaboração de estratégias para o manejo dessa espécie, pois, tendo o conhecimento dos fatores determinantes da germinação, principalmente luz e temperatura, torna-se possível, por exemplo, prever a época mais provável de germinação, bem como auxiliar na escolha do método de controle mais adequado para essa planta daninha.

Dessa forma, objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos da temperatura e da luz na germinação de sementes de capim-arroz, em diferentes períodos de armazenamento após a dispersão.

2.2 Material e Métodos

O trabalho foi dividido em dois estudos, ambos conduzidos em câmaras de crescimento do tipo B.O.D. em laboratório, durante o período de junho/2013 à junho/2014. As sementes de capim-arroz (*E. crusgalli*) foram previamente coletadas a campo, logo após o início da dispersão natural em maio de 2013. Em seguida, as mesmas foram limpas manualmente e armazenadas em embalagens de papel sob condições de temperatura ambiente.

Estudo 1 – Efeito da temperatura e luz sobre a germinação, comprimento da parte aérea e comprimento da radícula

Para o Estudo 1, o delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), arranjado em esquema fatorial 2 x 3, com cinco repetições. O fator A foi composto por duas condições de luz (presença e ausência) e o fator B composto por três níveis de temperatura (15; 25 e 35°C). As unidades experimentais constituíram-se de 50 sementes de capim-arroz distribuídas uniformemente em caixa tipo Gerbox (12 x 12 x 4 cm) contendo duas folhas de papel mata-borrão, previamente umedecidas com água destilada em quantidade equivalente a três vezes o peso do papel segundo protocolo estabelecido pela RAS (BRASIL, 2009). As caixas foram acondicionadas em sacos plásticos para evitar a perda de umidade e logo após, incubadas em temperatura constante de acordo com cada tratamento, com fotoperíodo de 12/12 horas (dia/noite) no tratamento com luz. O tratamento com ausência de luz foi proporcionado pela cobertura total das unidades experimentais com papel alumínio, de modo a impedir que as sementes recebessem luz.

A porcentagem de germinação foi avaliada aos 14 dias após a semeadura (DAS), considerando como germinadas as sementes que apresentavam 2 mm de protrusão radicular (CHAUHAN; JOHNSON, 2009). O comprimento da parte aérea e radícula foi mensurado no mesmo momento, utilizando-se régua milimetrada, a partir da mensuração de dez plantas por unidade experimental.

Este estudo foi conduzido aos 30 dias após a coleta das sementes (DAC) e repetido aos 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300, 330 e 360 DAC, determinando-se sempre a porcentagem de germinação, o comprimento da parte aérea e o comprimento da radícula.

Estudo 2 – Efeito da temperatura sobre o índice de velocidade de germinação (IVG) e velocidade de germinação (VG)

O delineamento experimental utilizado foi DIC, com cinco repetições, sendo os tratamentos compostos por três níveis de temperaturas (15; 25 e 35°C). As unidades experimentais e seu acondicionamento seguiram os mesmos procedimentos apresentados no experimento anterior, exceto que neste caso não se avaliou o efeito da presença ou ausência de luz.

Para determinação do IVG e VG, em cada época de condução dos experimentos, efetuaram-se contagens diárias da germinação, sempre no mesmo horário, até totalizar 14 DAS, sendo consideradas germinadas as sementes que apresentavam 2 mm de protrusão radicular (CHAUHAN; JOHNSON, 2009). Esses valores diários foram computados, sendo o IVG (eq. 1) e VG (eq. 2) calculados através da fórmula proposta por Maguire (1962) e Edmond e Drapala (1958), respectivamente. O G_1 , G_2 e G_n corresponderam aos números de sementes germinadas na primeira, segunda, e última contagem, respectivamente e N_1 , N_2 e N_n foram os números de dias decorridos até a primeira, segunda e última contagem, respectivamente.

$$IVG = \frac{G_1}{N_1} + \frac{G_2}{N_2} + \dots + \frac{G_n}{N_n} \quad (\text{eq.1})$$

$$VG = \frac{(N_1 G_1 + N_2 G_2 + \dots + N_n G_n)}{(G_1 + G_2 + \dots + G_n)} \quad (\text{eq. 2})$$

Este estudo foi conduzido aos 30 DAC e repetido aos 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300, 330 e 360 DAC, realizando-se avaliações do índice de velocidade de germinação (IVG) e velocidade de germinação (VG).

Os dados obtidos nos dois estudos primeiramente foram testados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro Wilk ($p \geq 0,05$) e quando necessário, realizou-se a transformação dos dados. Posteriormente, procedeu-se à análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$) e quando significativo, foram realizados testes de médias dos tratamentos utilizando o teste de Tukey para comparação entre temperaturas e o teste de T para a comparação entre regimes de luz. Todos os testes foram efetuados ambos ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

2.3 Resultados e Discussão

Estudo 1 – Efeito da temperatura e luz sobre a germinação, comprimento da parte aérea e comprimento da radícula

Para todas as variáveis testadas ocorreu interação ($p \leq 0,05$) entre regimes de luz e temperatura, à exceção do período de 30 DAC, que não houve germinação de capim-arroz independente da temperatura (tab. 1). Dessa forma, as variáveis comprimento da parte aérea e comprimento de radícula não foram mensuradas. Na ausência de luz, aos 60 DAC em temperatura de 35°C, da mesma forma que na avaliação anterior, não houve germinação, no entanto, para as demais temperaturas aos 60 DAC, a porcentagem de germinação foi próxima a zero (1,2%) (tab. 1).

Tabela 1 - Efeito dos regimes de temperatura e luminosidade sobre a germinação de capim-arroz (*Echinochloa crusgalli*) em função de dias após a colheita das sementes (DAC). FAEM/UFPel, Capão do Leão, RS, 2014.

DAC	Germinação (%)						C.V. (%)
	Luz			Escuro			
	15 °C	25 °C	35 °C	15 °C	25 °C	35 °C	
30	0 a ^{ns}	0 a ^{ns}	0 a ^{ns}	0 a ¹	0 a	0 a	0
60 ²	6,4 b*	23,6 a*	1,2 c*	1,2 a	1,2 a	0 a	36,0
90 ³	46,0 a*	81,6 a*	8,0 b ^{ns}	15,2 a	24,8 a	8,4 b	11,3
120 ³	64,8 b*	91,2 a*	26,8 c ^{ns}	18,8 b	45,0 a	18,0 b	5,9
150 ³	77,6 a*	80,2 a*	44,0 b*	26,0 a	26,4 a	30,0 a	7,1
180 ²	82,8 a*	75,6 a*	61,6 b*	17,0 b	18,8 b	29,2 a	9,0
210 ²	67,2 a*	70,0 a*	74,0 a*	10,4 b	18,0 b	35,2 a	15,6
240 ²	62,4 a*	66,4 a*	72,8 a*	10,5 b	9,2 b	36,5 a	13,5
270 ²	58,8 a*	65,0 a*	69,2 a*	5,2 b	6,4 b	39,8 a	16,1
300 ²	54,0 a*	64,8 a*	65,2 a*	6,0 b	6,4 b	39,6 a	15,2
330 ²	45,6 a*	64,4 a*	62,0 a*	4,4 b	9,6 b	36,8 a	15,7
360 ²	42,4 b*	62,8 a*	56,4 ab*	2,8 c	9,1 b	34,0 a	14,9

¹Médias seguidas de letras iguais nas linhas comparam os regimes de temperatura e não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), dentro de cada condição de luz. ^{2,3}Dados transformados por transformação angular ($\text{Arco seno } \sqrt{x/100}$) e transformação logarítmica ($\ln x + 1$), respectivamente. * e ^{ns} diferem e não diferem respectivamente, comparando os regimes de luz pelo teste T ($p \leq 0,05$), dentro de cada temperatura.

Independente da temperatura utilizada, observou-se maior porcentagem de germinação na condição de luz quando comparada à condição de escuro, salvo para temperatura de 35°C aos 90 e 120 DAC (tab. 1). Quando avaliada a germinação apenas na presença de luz, encontraram-se valores distintos entre temperaturas, principalmente no período de 60 a 180 DAC, onde as menores porcentagens foram observadas para as sementes expostas a 35°C, e em média, as maiores taxas de germinação foram alcançadas na temperatura de 25°C (tab. 1). No período de 210 até 330 DAC, a germinação com luz não foi influenciada pela variação de temperatura, ficando acima de 450%. Na ausência de luz, em geral, diferenças entre temperaturas apresentaram-se mais evidentes a partir de 180 DAC, onde observou-se que as maiores porcentagens de germinação ocorreram quando as sementes foram submetidas à temperatura de 35°C.

É importante ressaltar os períodos de máxima porcentagem de germinação em valores absolutos para a presença de luz os quais ocorreram aos 180 (82,8%), 120 (91,20%) e 210 (74%) DAC, nas temperaturas de 15, 25 e 35°C, respectivamente. E na condição de ausência de luz, maiores valores foram alcançados aos 150 (26%), 120 (45%) e 270 (39,8%) DAC para 15, 25 e 35°C, respectivamente. Se considerar

apenas esses períodos de máxima porcentagem de germinação, a ausência de luz para as temperaturas de 15, 25 e 35°C, proporcionou reduções significativas, na ordem de 31, 49 e 54%, respectivamente, quando comparados ao tratamento com luz (tab. 1).

A resposta da germinação em função da temperatura pode ser melhor explicada através de um gráfico, o qual geralmente possui “forma de sino”, contendo a temperatura basal (temperatura mínima), temperatura ótima (temperatura onde a germinação é máxima) e a temperatura máxima para a germinação (MARTINKOVA et al., 2006). Estudo realizado por Guillemin et al. (2013) constatou que sementes de capim-arroz germinaram entre temperaturas de 8 à 35°C, e que na faixa de 25 à 30°C as porcentagens de germinação mantiveram-se muito próximas, além disso, a temperatura basal e ótima de germinação foram 8 e 25°C, respectivamente. No entanto, os dados encontrados nesse estudo sugerem que o efeito da temperatura sobre a germinação de capim-arroz também é variável em função da idade das sementes.

A elevada amplitude dos valores de germinação entre temperaturas encontradas neste primeiro estudo pode estar associada ao grau de dormência presente nas sementes, principalmente nas primeiras épocas de avaliação após a colheita das mesmas. A dormência em sementes é característica comum de muitas espécies de plantas daninhas e de grande importância ecológica, destacando-se que a superação da dormência nas sementes pode ser proporcionada por diversos fatores, principalmente luz, temperatura de incubação, estratificação por frio e nitrogênio (TANG et al., 2008). As variações sazonais de temperatura no solo resultam em ciclos de dormência/não-dormência em sementes de *E. crusgalli*, isto por que a temperatura age tanto na superação da dormência primária (inata na semente após a maturação na planta-mãe), quanto na indução da dormência secundária (induzida após a dispersão das sementes) (HONEK et al., 1999).

Em período de 30 dias após a colheita de sementes dispersas diretamente da planta-mãe no campo, não ocorreu germinação do capim-arroz independente das condições de luz e temperatura (tab. 1), o que reforça a hipótese da ocorrência de dormência. Além disso, ocorreu aumento na porcentagem de germinação paralelamente ao aumento da idade das sementes, até expressar potencial máximo de germinação, sendo que o período necessário para tal processo foi variável em função da temperatura.

Existe determinado período de tempo logo após a dispersão natural, em que as sementes encontram-se em estado de dormência, e à medida que se perde essa característica, algumas espécies de plantas daninhas tem como estratégia ecológica, primeiramente, germinar em faixa restrita de temperatura, e posteriormente, com o aumento da idade das sementes, elas retomam sua capacidade de germinar sob faixa mais ampla de temperatura (MARTINKOVA et al., 2006).

Os resultados permitem sugerir que as sementes de capim-arroz são estimuladas na presença de luz, porém a luz não é considerada fator limitante para o processo de germinação. Sementes de muitas espécies de plantas daninhas podem germinar apenas na presença de luz, enquanto que outras germinam igualmente em condições de luz e escuro (OPEÑA; CHAUHAN; BALTAZAR, 2014). Alguns estudos já constataram comportamento similar com espécies de *Echinochloa colona*, *E. crusgalli* e *E. glabrescens* (BOYD; ACKER, 2004; CHAUHAN; JOHNSON, 2011; OPEÑA; CHAUHAN; BALTAZAR, 2014), e que corroboram com os resultados encontrados no presente estudo.

Independente do período após a colheita das sementes e da temperatura, a ausência total de luz promoveu maior comprimento da parte aérea de capim-arroz quando comparado aos regimes de luz (tab. 2).

Tabela 2 - Efeito dos regimes de temperatura e luminosidade sobre o comprimento da parte aérea de capim-arroz (*Echinochloa crusgalli*) em função de dias após a colheita das sementes (DAC). FAEM/UFPeL, Capão do Leão, RS, 2014.

DAC (dias)	Comprimento da parte aérea (cm)						C.V. (%)
	Luz			Escuro			
	15 °C	25 °C	35 °C	15 °C	25 °C	35 °C	
30	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng
60 ²	0,51 b ^{ns}	2,92 a*	0,42 b*	0,33 b ¹	0,61 a	0 c	12,49
90 ²	0,68 b*	2,55 a*	2,14 a ^{ns}	1,48 c	5,51 a	2,98 b	14,44
120	1,25 c*	2,99 b*	4,54 a ^{ns}	2,81 b	5,66 a	5,85 a	20,67
150	1,09 b*	4,43 a*	4,60 a*	3,44 b	7,80 a	6,69 a	14,06
180	1,39 b*	4,16 a*	3,85 a*	3,16 c	7,61 a	5,99 b	11,01
210	1,17 c*	3,74 b*	5,91 a*	4,45 c	8,02 a	6,79 b	12,57
240	0,98 b*	3,12 a*	3,59 a*	2,85 b	6,93 a	6,36 a	18,17
270	0,90 b*	3,32 a*	3,69 a*	3,73 b	6,59 a	5,96 a	15,42
300	1,17 c*	2,80 b*	3,55 a*	3,76 b	5,96 a	5,48 a	18,66
330	1,72 b*	3,63 a*	4,26 a ^{ns}	5,78 a	6,89 a	5,54 a	21,99
360	0,84 c*	3,60 b*	4,30 a ^{ns}	2,21 b	5,64 a	5,25 a	22,06

¹Médias seguidas de letras iguais nas linhas comparam os regimes de temperatura e não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05), dentro de cada condição de luz. ²Dados transformados por transformação angular ($\text{Arco seno } \sqrt{x/100}$). * e ^{ns} diferem e não diferem respectivamente, comparando os regimes de luz pelo teste T (p≤0,05), dentro de cada temperatura. ng: não houve germinação.

Quando avaliado o efeito das temperaturas na presença de luz, observou-se que sementes submetidas à 35°C apresentaram em média, maior comprimento da parte aérea, seguido pelas temperaturas de 25 e 15°C, em ordem decrescente, respectivamente (tab. 2). Entretanto, na ausência de luz, houve tendência para maior comprimento da parte aérea sob temperatura de 25 e 35°C, de modo que os menores valores para essa variável foi observado na temperatura de 15°C. Quando as sementes germinam nas condições de escuro, ocorre maior investimento das reservas das mesmas para o alongamento da parte aérea, com a finalidade de interceptação da luz, a fim de começar a atividade fotossintética, porém esse maior investimento também atua como dreno, limitando o crescimento das raízes (TAIZ; ZEIGER, 2013).

As sementes de capim-arroz incubadas sob ausência de luz apresentaram em média, maior comprimento da radícula quando comparados com a condição de luz, sendo esse efeito notável apenas em baixas temperaturas (15°C), à exceção do período entre 210-300 DAC (tab. 3). Nas temperaturas mais altas (25°C e 35°C) em geral, não se observaram efeitos da luz sobre o comprimento da radícula (tab. 3).

Tabela 3 - Efeito dos regimes de temperatura e luminosidade sobre o comprimento da radícula de capim-arroz (*Echinochloa crusgalli*) em função de dias após a colheita das sementes (DAC). FAEM/UFPeL, Capão do Leão, RS, 2014.

DAC (dias)	Comprimento da radícula (cm)						C.V. (%)
	Luz			Escuro			
	15 °C	25 °C	35 °C	15 °C	25 °C	35 °C	
30	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng
60 ²	0,28 b*	3,86 a*	0,28 b*	0,10 a ¹	0,20 a	0 a	33,93
90 ³	1,47 b*	5,45 a ^{ns}	2,17 b ^{ns}	1,56 b	4,87 a	1,93 b	25,44
120	1,98 b*	4,16 a ^{ns}	4,89 a*	2,67 b	4,86 a	3,11 b	18,41
150	2,15 b*	4,31 a ^{ns}	3,95 a ^{ns}	3,15 b	4,38 a	4,08 a	16,20
180	2,33 c*	5,90 a*	4,16 b ^{ns}	3,28 b	4,08 ab	4,56 a	13,37
210 ³	3,09 c ^{ns}	6,15 a ^{ns}	4,10 b ^{ns}	3,44 b	5,30 a	3,81 b	8,12
240	2,92 b ^{ns}	5,47 a ^{ns}	5,00 a*	2,94 a	4,12 a	4,00 a	19,50
270 ³	3,41 c ^{ns}	5,83 a ^{ns}	4,23 b*	3,01 b	5,03 a	2,58 b	7,45
300	3,03 b ^{ns}	4,92 a ^{ns}	4,02 ab ^{ns}	2,68 a	4,07 a	2,60 a	25,71
330	2,68 b*	4,80 a ^{ns}	2,71 b ^{ns}	3,56 b	4,33 ab	2,50 a	22,60
360	1,58 b*	5,22 a ^{ns}	4,58 a*	2,84 b	5,02 a	3,19 b	18,59

¹Médias seguidas de letras iguais nas linhas comparam os regimes de temperatura e não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), dentro de cada condição de luz. ^{2,3}Dados transformados por transformação logarítmica, $\log(x+1)$ e $\log(x+0,5)$, respectivamente. * e ^{ns} diferem e não diferem respectivamente, comparando os regimes de luz pelo teste T ($p \leq 0,05$), dentro de cada temperatura. ng: não houve germinação.

Quando comparando apenas as temperaturas, em geral nos diferentes períodos de avaliações constatou-se que o comprimento da radícula apresentou maior crescimento na temperatura de 25°C para as duas condições de luz avaliadas (presença e ausência). Para cultivares de arroz irrigado ou para biótipos de arroz-vermelho, foram observados maiores valores de comprimento de radícula no escuro quando comparadas aos regimes de luz, sendo esse comportamento mais notável em baixas temperaturas (18/13°C) (VENSKE et al. (2013). Os mesmos autores destacam que plântulas com esse comportamento tem seu desenvolvimento afetado em condições de frio e ausência de luz, pelo fato de priorizar o investimento das reservas da semente para o crescimento da raiz, podendo haver falta de reservas para o crescimento da parte aérea.

Estudo 2 – Efeito da temperatura sobre o índice de velocidade de germinação (IVG) e velocidade de germinação (VG)

O IVG foi afetado pela variação na temperatura em todos os períodos testados, exceto aos 30 DAC, onde não foi possível o cálculo da variável devido à ausência de germinação das sementes de capim-arroz (tab. 4).

Tabela 4 - Efeito dos regimes de temperatura sobre o índice de velocidade de germinação (IVG) de capim-arroz (*Echinochloa crusgalli*) em função de dias após a colheita das sementes (DAC). FAEM/UFPel, Capão do Leão, RS, 2014.

DAC	IVG			C.V. (%)
	15 °C	25 °C	35 °C	
30	ng	ng	ng	ng
60	0,56 b ¹	1,45 a	0,14 b	43,13
90 ²	2,67 b	10,87 a	0,68 c	8,12
120 ²	4,44 b	11,51 a	4,24 b	6,40
150 ²	4,56 c	13,19 a	10,39 b	8,23
180 ²	5,56 b	15,11 a	13,64 a	14,07
210 ²	4,25 b	13,47 a	15,59 a	16,06
240	3,76 c	11,64 b	15,83 a	12,21
270	3,99 c	11,68 b	16,01 a	13,53
300	2,86 c	11,33 b	19,33 a	11,31
330	2,90 c	11,25 b	15,46 a	19,13
360 ²	2,87 c	9,44 b	15,03 a	5,78

¹Médias seguidas de letras iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ²Dados transformados por transformação angular ($\text{Arco seno } \sqrt{x/100}$). ng: não houve germinação.

Sob a temperatura de 25°C dentro do período de 60-150 DAC, as sementes de capim-arroz apresentaram altos valores de IVG quando comparados com as demais temperaturas. No entanto, nas avaliações realizadas aos 180 e 210 DAC, essa variável se equipareu para as temperaturas de 25 e 35°C. A partir dos 240 DAC observou-se que quanto maiores as temperaturas de incubação, maiores foram os valores do IVG (tab. 4).

Da mesma forma, a variável VG foi afetada pelos regimes de temperaturas em todas as épocas de avaliação, exceto aos 30 e 60 DAC (tab. 5). Destaca-se que obtendo-se a variável velocidade de germinação (VG) é possível determinar o número de dias que as sementes necessitam para germinar. Neste estudo, os dados de VG mostraram que quanto menor a temperatura, maior é o número de dias requeridos para que ocorra germinação em capim-arroz. Ressalta-se que nas épocas em que foram conduzidos os experimentos, para menor temperatura (15°C), o VG variou de 9,37 à 12,24 dias, enquanto que na maior temperatura, 35°C, os valores variaram de 7,20 à 2,22 dias. Em algumas épocas de condução não ocorreram diferenças entre as temperaturas de 25 e 35°C, no entanto, o VG para temperatura de 15°C permaneceu sempre superior às demais temperaturas (tab. 5).

Tabela 5 - Efeito dos regimes de temperatura sobre a velocidade de germinação (VG) do capim-arroz (*Echinochloa crusgalli*) em função de dias após a colheita das sementes (DAC). FAEM/UFPEL, Capão do Leão, RS, 2014.

DAC ²	VG (dias)			C.V. (%)
	15 °C	25 °C	35 °C	
30	ng	ng	ng	ng
60	12,24 a ¹	8,12 a	7,20 a	51,63
90	11,10 a	4,38 b	4,54 b	9,95
120	9,22 a	3,91 b	3,34 b	5,77
150	8,91 a	3,52 b	2,50 c	4,15
180	8,62 a	2,80 b	2,88 b	3,46
210	8,99 a	2,85 b	2,52 c	3,37
240	9,37 a	3,45 b	3,21 b	5,11
270	8,38 a	3,02 b	2,26 c	4,79
300	8,88 a	3,33 b	3,09 b	4,32
330	9,35 a	4,01 b	2,22 c	2,76
360	9,02 a	4,94 b	2,30 c	3,44

¹Médias seguidas de letras iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ² Para todas as épocas (DAC), os dados foram transformados por transformação logarítmica [$\log (x+0,5)$]. ng: não houve germinação.

Estudo avaliando o índice de velocidade de germinação de algumas plantas daninhas mostrou que as espécies *Alternanthera tenella* e *Conyza bonariensis* não foram

afetadas pela variação nos regimes de temperatura testados (15/25, 20/30, 20/35 °C de fotoperíodo diurno/noturno), porém para a espécie *Digitaria ciliaris*, os máximos valores de IVG foram obtidos quando expostos a flutuações de temperaturas entre 20/30 e 25/30°C (VIVIAN et al., 2008). As sementes em baixas temperaturas podem reduzir as taxas metabólicas, a níveis que as vias essenciais para o início do processo germinativo são paralisadas, enquanto altas temperaturas podem resultar em estresse térmico nas sementes (MERTZ et al., 2009). Existe uma faixa de temperatura ótima onde a taxa de germinação é máxima, porém essa faixa nem sempre é mesma em que ocorre a máxima porcentagem de germinação, conforme foi observado neste estudo quando confrontou-se essas variáveis. Vleeshouwers (1998) observou que o pico de máxima germinação de *Polygonum persicaria* ocorreu na temperatura de 25°C, enquanto que a taxa de germinação aumentou linearmente com o incremento da temperatura até 30°C.

Embora não ocorram diferenças entre temperaturas na porcentagem de germinação, conforme mostrado no estudo anterior para os períodos de 210-330 DAC (tab. 1), nota-se que parâmetros relacionados com a germinação dessa espécie foram influenciados pelos regimes de temperaturas e podem assumir grande importância para a elaboração de práticas de manejo. De posse do conhecimento dessas variáveis, presume-se que a planta daninha possa emergir precocemente dentro do ciclo das culturas de verão quando estimuladas por temperaturas mais altas (>25°C). Assim, a semeadura precoce da cultura em épocas com temperaturas mais amenas (<25°C) pode ser uma ferramenta no controle cultural, pelo fato da mesma além de apresentar menor porcentagem de germinação nessa condição, também necessitar de mais dias para que ocorra tal processo; conseqüentemente, a cultura passa a ter vantagem competitiva sobre o capim-arroz, já que a soja tem capacidade de apresentar alta porcentagem de germinação (≥90%) em temperaturas próximas a 15°C (BUTLER et al., 2014). Partindo desse pressuposto, para a soja semeada em áreas com infestações de capim-arroz, destaca-se a importância de realizar a semeadura da cultura até meados de novembro, pois nesse período espera-se que a temperatura média do solo ainda encontra-se abaixo das condições ideais para a germinação do capim-arroz. Entretanto, mesmo que a porcentagem de germinação da planta daninha seja menor nesse período citado, ainda assim pode causar prejuízos para a cultura, fazendo-se necessário a adoção de outras medidas de

controle do capim-arroz como parte de um sistema de manejo integrado de plantas daninhas.

2.4 Conclusões

A germinação, o crescimento da parte aérea e da radícula de sementes de capim-arroz são afetados negativamente por variações nos regimes de luz e temperatura.

A germinação do capim-arroz é reduzida e as demais variáveis prejudicadas quando na ausência de luz e sob temperaturas mais baixas, especialmente 15°C.

Baixa temperatura diminui a taxa de germinação e conseqüentemente, aumenta o número de dias necessários para a germinação de sementes de capim-arroz.

3. CAPÍTULO II - Efeito da convivência inicial entre plantas de soja e capim-arroz sobre características morfofisiológicas

3.1 Introdução

A competição entre plantas ocorre quando há disputa por recursos limitados no ambiente. As plantas daninhas competem diretamente com as culturas, principalmente, por água, luz e nutrientes (CASPER; JACKSON, 1997). Alguns estudos também reforçam a importância da época da emergência das plantas daninhas em relação à cultura e a sua interferência na produtividade das mesmas (LIU et al., 2004; O'DONOVAN et al. 1985; PAGE et al., 2012).

A limitação de recursos e a época de emergência das plantas daninhas são sem dúvida, importantes componentes na competição entre plantas (AFIFI; SWANTON, 2011). A maioria dos trabalhos relacionados à luz como fonte de variação da competição entre plantas daninhas e cultivadas relacionam-se unicamente com incremento ou restrição desse fator e, assim, referem-se apenas à variação da quantidade da luz entre as plantas da comunidade (MEROTTO JR. et al., 2002). Entretanto, estudos têm identificado que variáveis independentes de recursos, como os sinais de qualidade de luz, desencadeiam importante papel na resposta inicial das plantas à competição (GREEN-TRACEWICZ; PAGE; SWANTON, 2012; LIU et al., 2009; RAJCAN; CHANDLER; SWANTON, 2004).

Nos vegetais, a luz fotossinteticamente ativa corresponde aos comprimentos de onda entre 400 e 700 nm, região do visível no qual ocorre absorção pelas clorofilas (TAIZ; ZEIGER, 2013). A qualidade da luz é detectada pelos vegetais através de fotorreceptores que desencadeiam mudanças fotomorfogênicas. Entre os

fotorreceptores incluem-se: os fitocromos, que absorvem a região do espectro de luz do vermelho (V) e vermelho extremo (Ve) (KELLER et al., 2011); os criptocromos, que são fotorreceptores da luz azul (SELLARO et al., 2010); e os pigmentos receptores de radiação UVB (RIZZINI et al., 2013). Entre esses fotorreceptores, os fitocromos são os pigmentos mais comumente estudados e de relevada importância para o crescimento e desenvolvimento das plantas (HAN, 2007; KEVEI et al., 2007).

Os fitocromos conseguem detectar mudanças na razão do vermelho e vermelho extremo (V/Ve), e assim conseguem perceber a proximidade e a distribuição espacial de plantas vizinhas (SMITH, 1982). Os sinais de qualidade de luz, como a razão V/Ve, são refletidos da superfície foliar ou caule das plantas vizinhas e detectadas pelos fitocromos, que desencadeiam inúmeras alterações bioquímicas, fisiológicas e morfológicas nas plantas (AFIFI; SWANTON, 2012; LIU et al., 2009; SMITH; WHITELAM, 1997).

As plantas expostas à condição de baixa relação V/Ve, tendem a mudar a sua arquitetura para evitar competição por quantidade de luz em estádios futuros. A sinalização pelos fitocromos induz, primeiramente, a mudanças na expressão de genes e rotas metabólicas (AFIFI; SWANTON, 2012). Essas mudanças fazem com que as plantas deixem de alocar os fotoassimilados para as raízes e os destinem prioritariamente para o crescimento da parte aérea.

As repostas típicas de “escape do sombreamento” incluem estiolamento do colmo, redução da emissão de ramificações ou afilhos, reorientação das folhas, redução do sistema radicular, entre outras respostas que possibilitem maior captura de energia luminosa, e consequentemente, permitam às plantas maior habilidade competitiva por luz (ALMEIDA; MUNDSTOCK, 2001a; LIU et al., 2009; PAGE et al., 2009). Essa percepção acontece mesmo antes de acontecer o sombreamento e objetiva ajustar o crescimento da planta em função da presença de vizinhos na comunidade (BALLARÉ; CASAL, 2000).

Em estudos com plântulas de milho sob condições de não limitação de recursos e baixa relação do V/Ve, constatou-se incrementos em estatura e reduções no diâmetro do caule, taxa de crescimento relativo radicular, volume total radicular, além de, especificamente para as raízes da coroa, haver reduções no número, comprimento, área superficial e diâmetro dessa categoria de raízes (AFIFI; SWANTON, 2011). Posteriormente, estudo demonstrou que a diminuição da qualidade de luz promovida por plantas vizinhas de azevém perene ou por um filtro de

luz vermelho extremo, promoveram reduções no conteúdo de auxina e incremento no conteúdo de etileno nas raízes da coroa (AFIFI; SWANTON, 2012), o que provavelmente explica as reduções do crescimento e desenvolvimento do sistema radicular.

Em soja, nos estádios de desenvolvimento entre o primeiro trifólio (V_1) até o terceiro (V_3) identificou-se como o período de desenvolvimento da cultura mais sensível à baixa relação V/V_e devido maior expressão das típicas respostas de “escape do sombreamento” (GREEN-TRACEWICZ; PAGE; SWANTON, 2012). Além das repostas já descritas, a diminuição da qualidade de luz tem sido relatada por alterar a orientação de folhas das plantas, a fim de otimizar a interceptação tanto por quantidade, como por qualidade de luz (GIRARDIN; TOLLENARR; 1994; RAJCAN; CHANDLER; SWANTON, 2004).

Especificamente para os cereais que perfilham, como arroz, aveia e trigo, a qualidade da luz afeta o perfilhamento, sobretudo em virtude da dominância apical do colmo principal com inibição, em parte, do crescimento dos afilhos (ALMEIDA; MUNDSTOCK, 2001a; ALMEIDA; MUNDSTOCK, 2001b; MEROTTO JR. et al., 2002). Possivelmente, o capim-arroz como espécie Poacea, possa ter comportamento semelhante.

A relação V/V_e refletida da superfície de plantas daninhas demonstrou ser afetada por vários fatores; a aplicação de herbicidas, variável em função da química do herbicida e da dose utilizada; pela espécie e estágio de desenvolvimento da planta daninha; e a distância entre a cultura e o dossel de plantas daninhas (CRESSMAN; PAGE; SWANTON, 2011). No entanto, além da relação V/V_e , outras variáveis ambientais podem estar relacionadas com a resposta do “escape do sombreamento”, tal como umidade relativa, luz azul e componentes orgânicos voláteis, como o etileno (BALLARÉ, 2009; PIERIK et al., 2003).

Mesmo que conceitos relacionados à qualidade de luz tenham sido bem elucidados há alguns anos e muitos dos processos relacionados já tenham sido bem esclarecidos, existe carência da aplicação desse fenômeno em práticas de manejo das plantas daninhas infestantes das culturas. Nesse sentido, objetivou-se com este trabalho avaliar a influência da convivência da soja e do capim-arroz em estádios iniciais de desenvolvimento sobre características morfofisiológicas das espécies.

3.2 Material e Métodos

Foram conduzidos dois experimentos (Experimentos 1 e 2) em casa de vegetação pertencente à Universidade Federal de Pelotas (UFPel), localizada no município do Capão do Leão/RS. As sementes de capim-arroz (*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv. var. *crusgalli*) para compor os experimentos foram coletadas na área experimental do Centro Agropecuário da Palma (CAP), latitude 31°48'25,4" e longitude 52°28'53,4", logo após o início da dispersão natural das sementes, em maio de 2013.

As unidades experimentais foram compostas por vasos plásticos com volume de 8 L contendo em seu interior um copo plástico com capacidade para 0,75 L, em posição centralizada, sendo que os mesmos foram preenchidos com solo de terras baixas, classificado como Planossolo Háplico Eutrófico solódico, pertencente à unidade de mapeamento Pelotas, com textura franco arenosa (EMBRAPA, 2006). As características físico-químicas do solo foram: pH em água (1:1) = 5,0; CTC pH 7 = 8 cmolc dm⁻³; matéria orgânica = 1,52%; argila = 20%, textura = 3; Ca = 3,4 cmolc dm⁻³, Mg = 1,3 cmolc dm⁻³; Al = 0,7 cmolc dm⁻³; P = 4,9 mg dm⁻³ e K = 20 mg dm⁻³.

Para avaliar o efeito da convivência inicial entre as plantas, semeou-se primeiramente as espécies (capim-arroz ou soja) nas extremidades dos vasos para compor a "população vizinha", e sete dias após a emergência (DAE) das mesmas, nos copos plásticos (0,75L) não furados foram semeadas quatro sementes de cada espécie (capim-arroz ou soja) (Fig. 1). Desse modo, as plantas foram isoladas quanto à competição por água e nutrientes, restando apenas o efeito da luz. O desbaste ocorreu aos cinco DAE, deixando-se apenas uma planta por copo para realização das avaliações. Essa metodologia foi baseada em estudo conduzido por Afifi e Swanton (2011).

O Experimento I teve como objetivo avaliar o efeito da convivência inicial com populações vizinhas de capim-arroz sobre características morfofisiológicas da soja, utilizando para isso o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), arranjos em esquema fatorial 2 x 2, contendo quatro repetições. O fator A foi composto pelos cultivares de soja (BMX Apolo RR e BMX Potência RR), e o fator B composto pelo tipo de convivência (presença e ausência da população vizinha de capim-arroz).

O Experimento II objetivou avaliar o efeito da convivência inicial com populações vizinhas de soja sobre características morfofisiológicas em plantas de

capim-arroz, utilizando o DIC com quatro repetições, e os seguintes tratamentos: testemunha sem convivência, convivência com cv. de soja BMX Apolo RR e convivência com cv. de soja BMX Potência RR.

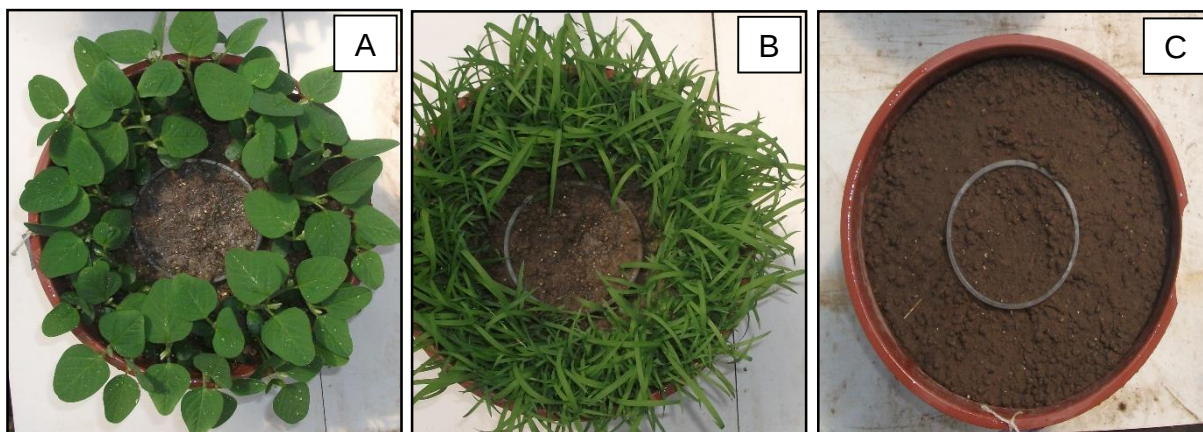


Figura 1 - Estádio de crescimento da “população vizinha” de soja (A), capim-arroz (B) e testemunha sem convivência (C), no momento da semeadura das espécies no copo plástico central. FAEM/UFPeL, Capão do Leão, RS, 2014.

A fim de evitar o sombreamento nas plantas presentes no copo central, aparava-se semanalmente a população vizinha de capim-arroz a uma altura que não ultrapassasse as plantas de soja presentes no copo central. Da mesma forma era realizado para a população vizinha de soja. No entanto, se realizava apenas o desbaste dos trifólios com potencial de sombreamento sobre as plantas de capim-arroz. Deste modo, esperava-se que as respostas observadas fossem apenas devido à competição pela qualidade e não pela quantidade de luz, embora a qualidade não tenha sido determinada.

Aos 30 DAE foram mensurados em ambos os experimentos: estatura de planta (cm), índice SPAD, área foliar ($\text{cm}^2 \text{ planta}^{-1}$), matéria seca da parte aérea (MSPA – g planta^{-1}), matéria seca radicular (MSR – g planta^{-1}), relação MSR/MSPA, área radicular ($\text{cm}^2 \text{ planta}^{-1}$), diâmetro médio radicular (cm) e volume radicular ($\text{cm}^3 \text{ planta}^{-1}$) das plantas indicadoras no centro do copo.

A estatura de planta foi determinada com o auxílio de régua milimetrada, mensurando a altura desde rente ao solo até o ápice do último trifólio expandido para soja e a altura do solo até a extremidade da última folha desenvolvida para o capim-arroz. A leitura do índice SPAD, fornece uma medida indireta do teor relativo de clorofila nas plantas, e foi determinada por meio de um clorofilômetro, modelo SPAD 502 DL Meter. O índice médio por planta obteve-se através da mensuração de cinco

pontos por folha. Para plantas de soja, as aferições foram realizadas no último trifólio completamente desenvolvido e para o capim-arroz, na última folha completamente expandida (aferições das extremidades até o centro de cada folha).

Após as avaliações de estatura e índice SPAD, as plantas foram coletadas e separadas a parte aérea e radicular, onde primeiramente realizou-se a determinação da área foliar com utilização de determinador de área, marca LI-COR, modelo LI-3100 C. As raízes foram lavadas em água corrente e logo após, foram dispostas separadamente e distribuídas uniformemente sobre a mesa de um Scanner (modelo HP 4200). As mesmas foram digitalizadas em forma de imagem para posteriores avaliações morfológicas. Para determinação dos parâmetros morfológicos das raízes (área, diâmetro médio e volume), as imagens obtidas no escaneamento foram editadas no software Photoshop (Adobe Photoshop Elements 3.0) para adequar no formato aceitável pelo software Delta-T Scan Root Analysis System, o qual posteriormente realizou a mensuração dos dados morfológicos das raízes.

Após avaliações de área foliar e o processo de escaneamento das raízes, parte aérea e radicular foram acondicionadas em sacos de papel, e as amostras levadas para secagem em estufa com circulação de ar forçado em temperatura média de 65 °C, quando as amostras atingiram peso constante procedeu-se a pesagem da matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca radicular (MSR).

Com o intuito de obter maior confiabilidade nos dados, em ambos os experimentos (Experimento I e II) foram realizadas duas repetições no tempo, a primeira no período de fevereiro à março de 2014 e a segunda conduzida de outubro a novembro do mesmo ano.

Os dados foram inicialmente testados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro Wilk ($p \geq 0,05$), não sendo necessária a transformação dos mesmos. Logo após, os dados foram submetidos à análise da variância e no caso de diferença significativa entre os tratamentos, aplicou-se o teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

3.3 Resultados e Discussão

Experimento 1 – Efeito da convivência inicial de capim-arroz sobre plantas de soja

Os valores das variáveis morfofisiológicas apresentaram a mesma tendência para as duas épocas de condução deste experimento (fevereiro/março e outubro/novembro). Os valores para essas variáveis de crescimento demonstraram, em média, maior valor absoluto na segunda época de condução. Dessa forma, houve a necessidade dos dados serem apresentados separadamente para cada época (tab. 6 e 7).

A análise de variância demonstrou interação significativa ($p \leq 0,05$) entre os fatores cultivares (BMX Apolo RR e BMX Potência RR) e o tipo de convivência (ausente ou presente) apenas para variável estatura de plantas no primeiro período de condução do experimento (tab. 6). Enquanto que no segundo período de cultivo, não ocorreu interação para os fatores testados (tab. 6).

Tabela 6 - Efeito da convivência inicial (ausência e presença) com capim-arroz na estatura de plantas (cm) de cultivares de soja (BMX Apolo RR e BMX Potência RR), 30 dias após a emergência. 1º período de condução do experimento. FAEM/UFPEL, Capão do Leão, RS, 2014.

Convivência	BMX Apolo RR	BMX Potência RR
Primeiro período de cultivo		
Ausência	6,83 Bb ¹	8,88 Ab
Presença	12,85 Ba	16,29 Aa
CV (%)	5,27	
Fator	Segundo período de cultivo	
Ausência	12,98*	
Presença	18,33	
BMX Apolo RR	14,16*	
BMX Potência RR	17,14	
CV (%)	9,67	

¹ Médias seguidas por letras iguais, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste T ($p \leq 0,05$), para o primeiro período de cultivo. * Médias diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), comparando os níveis de cada fator (convivência ou cultivares) para o segundo período de cultivo.

No primeiro período de cultivo, os dois cultivares de soja praticamente dobraram os valores de estatura de plantas na presença da planta daninha, comparada à condição de ausência de convivência (tab. 6). O cultivar BMX Potência

RR apresentou superioridade em relação a BMX Apolo RR para essa variável, independentemente das condições de convivência (tab. 6). Respostas similares a essas, observou-se na segunda época de cultivo, onde a média de estatura dos cultivares foi maior na situação de presença de capim-arroz, sendo que os valores médios dessa variável indicaram superioridade do cultivar BMX Potência RR, comparado a BMX Apolo RR (tab. 6).

O aumento em estatura na condição de convivência com o capim-arroz também foi correlacionado com maior produção de área foliar na mesma condição para o primeiro período de cultivo (tab. 7). Entretanto, esses valores não retornaram maior acúmulo em matéria seca da parte aérea (tab. 7). Provavelmente, a resposta de alongamento da parte aérea de plantas em condições ambientais de baixa relação V/Ve, apesar do maior investimento em estatura e área foliar, ainda não diferem em matéria seca em função dos tecidos apresentarem-se mais tenros comparados aos tecidos de plantas em condições normais de qualidade de luz.

Tabela 7 - Valores médios de índice SPAD, área foliar (AF), área radicular (AR), diâmetro médio radicular (DMR), volume radicular (VR), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca radicular (MSR), e relação MSR/MSPA de cultivares de soja (BMX Apolo RR e BMX Potência RR) em função da ausência ou presença de convivência inicial com capim-arroz, 30 dias após a emergência, conduzidos em dois períodos de cultivo. FAEM/UFPEL, Capão do Leão, RS, 2014.

Fator	AF (cm ²)	SPAD	AR (cm ²)	DMR (cm)	VR (cm ³)	MSPA (g)	MSR (g)	MSR/ MSPA
Primeiro período de cultivo								
Ausência	89,30 *	37,6 *	88,1 ^{ns}	0,13 ^{ns}	27,1 *	0,61 ^{ns}	0,36 *	0,62 *
Presença	110,5	33,8	77,9	0,11	17,6	0,69	0,30	0,43
Apolo	94,40 ^{ns}	35,5 ^{ns}	79,9 ^{ns}	0,11 ^{ns}	23,4 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,30 *	0,50 ^{ns}
Potência	105,5	35,9	85,9	0,13	21,3	0,69	0,36	0,54
CV (%)	19,8	8,3	18,4	24,9	33,4	19,8	18,4	13,2
Segundo período de cultivo								
Ausência	448,1 ^{ns}	38,7 ^{ns}	163,4 ^{ns}	0,30*	73,7*	2,7 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,25 ^{ns}
Presença	378,4	37,7	147,8	0,23	61,7	2,5	0,67	0,28
Apolo	359,1*	39,3*	154,1 ^{ns}	0,26 ^{ns}	64,1 ^{ns}	2,2 *	0,65 ^{ns}	0,29*
Potência	467,4	37,2	157,2	0,27	71,5	2,9	0,70	0,23
CV (%)	17,4	4,5	16,4	19,30	14,0	19,1	19,6	15,4

* e ^{ns} Médias diferem e não diferem, respectivamente, entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), comparando os níveis dentro de cada fator (tipo de convivência ou cultivares).

O índice SPAD dos cultivares de soja decresceu no ambiente de convivência com a planta daninha comparado à condição de ausência da mesma (tab. 7). Por outro lado, a convivência com o capim-arroz não afetou a área e o diâmetro médio de raízes

da soja (tab. 7). Porém a presença da planta daninha reduziu o volume e a matéria seca das raízes, bem como, também promoveu um decréscimo na relação entre a matéria seca da parte radicular e parte aérea.

Os valores médios dos parâmetros morfológicos praticamente não diferiram entre os cultivares de soja, à exceção da estatura de planta (tab. 6) e da matéria seca radicular (tab. 7). Para essas variáveis, BMX Potência RR apresentou maiores valores comparada ao cultivar BMX Apolo RR.

Os resultados encontrados no segundo período de cultivo demonstraram que as variáveis morfológicas testadas tiveram menor influência pela qualidade de luz, em relação ao observado na primeira época de condução do experimento (tab. 7). No entanto, as variáveis estatura de plantas e volume radicular apresentaram o mesmo comportamento nas duas épocas de cultivos, onde confirmou-se que a baixa qualidade de luz, proporcionada pela convivência da soja com o capim-arroz, reduz significativamente essas duas variáveis morfológicas.

Especificamente para o segundo período de cultivo, além do volume radicular, a convivência com a planta daninha reduziu o diâmetro médio das raízes (tab. 7). As demais variáveis testadas não foram afetadas pelo tipo de convivência (ausente ou presente). Quando comparando os cultivares, foi observado que BMX Potência RR apresentou superioridade quanto aos valores médios de estatura de plantas (tab. 6), área foliar e acúmulo de matéria seca da parte aérea em relação a BMX Apolo RR. Para a leitura SPAD e a relação entre matéria seca radicular e matéria seca da parte aérea, BMX Apolo RR apresentou maiores valores quando comparado a BMX Potência RR (tab. 7).

Além da observação da maior estatura de plantas, para o segundo período de cultivo, ambos os cultivares apresentaram seus trifólios numa posição mais perpendicular ao solo em comparação à condição livre de convivência como pode ser visualizado na Fig. 2. Esse comportamento foi mais evidente para os dois últimos trifólios totalmente expandidos das plantas, revelando uma possível estratégia para evitar o sombreamento futuro pela planta daninha.



Figura 2 - Arquitetura das plantas de soja (cv. BMX Apolo RR) na condição de ausência (A) e presença (B) do capim-arroz como população vizinha. FAEM/UFPeL, Capão do Leão/RS, 2014.

Experimento 2 – Efeito da convivência inicial de soja sobre plantas de capim-arroz

Da mesma forma que o experimento 1, a tendência dos valores para maioria das variáveis foi semelhante nas duas épocas de condução do experimento. No entanto, houve a mesma necessidade da apresentação dos resultados separados por período cultivo, como segue nas tab. 8.

Tabela 8 – Efeito da ausência ou presença de convivência inicial com cultivares de soja (BMX Apolo RR e BMX Potência RR) na estatura (E), índice SPAD, área foliar (AF), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca radicular (MSR), área radicular (AR), diâmetro médio radicular (DMR) e volume radicular (VR) de plantas de capim-arroz, 30 dias após a emergência, conduzidos em dois períodos de cultivo. FAEM/UFPeL, Capão do Leão, RS, 2014.

Fator	E (cm)	SPAD	AF (cm ²)	AR (cm ²)	DMR (cm)	VR (cm ³)	MSPA (g)	MSR (g)	MSR/ MSPA
Primeiro período de cultivo									
Livre	29,7 ^{ns}	33,3 a ¹	57,4 a	47,1 a	0,13 ^{ns}	10,3 a	0,26 a	0,06 a	0,25 ^{ns}
Apolo	33,5	24,5 b	22,6 b	17,6 b	0,12	4,1 b	0,07 b	0,02 b	0,25
Potência	35,4	23,5 b	31,1 b	16,7 b	0,14	4,7 b	0,09 b	0,02 b	0,24
CV (%)	8,9	9,3	21,6	10,7	20,7	15,4	15,2	17,2	21,4
Segundo período de cultivo									
Livre	56,2 b*	37,8 a	630 a	270 a	0,42 a	381 a	3,92 a	2,65 a	0,68 a
Apolo	66,8 a	30,5 b	326 b	144 b	0,25 b	62 b	1,46 b	0,77 b	0,53 b
Potência	65,5 a	30,2 b	399 b	135 b	0,28 b	55 b	1,75 b	0,72 b	0,42 b
CV (%)	6,0	4,6	14,5	18,4	8,3	17,9	19,8	18,5	14,6

¹ Médias seguidas de letras iguais, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ^{ns} Médias não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Na primeira época de cultivo, a convivência com os cultivares de soja não afetou a estatura de plantas de capim-arroz. Mesmo não havendo significância estatística, houve tendência de incremento em estatura das plantas na condição de convivência quando comparado à condição de ausência de convivência (tab. 8).

O índice SPAD, área foliar e matéria seca de parte aérea foram reduzidos quando conviveram com plantas de soja, independentemente do cultivar (BMX Apolo RR ou BMX Potência RR) testado (tab. 8). O mesmo comportamento seguiu para os parâmetros morfológicos de raízes, tal como, área, volume e matéria seca radicular que também foram reduzidos no ambiente de convivência com os cultivares de soja. Entretanto, diâmetro médio de raízes e a relação MSR/MSPA, não diferiram em resposta ao tipo de convivência.

No segundo período de cultivo, a estatura de plantas foi incrementada quando as plantas de capim-arroz conviveram com os cultivares de soja, demonstrando a típica resposta de “escape do sombreamento” (tab. 8). Para às demais variáveis morfológicas, observou-se o mesmo comportamento que no primeiro período de cultivo, à exceção do diâmetro médio radicular e a relação MSR/MSPA das plantas de capim-arroz, que foram reduzidos significativamente quando convivendo com cultivares de soja (tab. 8).

A metodologia utilizada neste estudo para simular ambiente de baixa relação de luz vermelho/vermelho extremo (V/Ve), por meio de populações vizinhas de capim-arroz ou soja demonstrou ser efetiva, pois nas duas épocas em que o experimento foi conduzido houve a expressão de respostas típicas de “escape do sombreamento” pelas plantas de soja ou capim-arroz. Ressalta-se ainda que essa metodologia foi baseada em estudos conduzidos por Afifi e Swanton (2011).

A partir deste estudo é evidente que, tanto o desenvolvimento de plantas de soja mostra-se alterado pela convivência com a planta daninha capim-arroz, quanto o desenvolvimento da planta daninha é modificado pela convivência com plantas de soja, em ambas as situações de não limitação de recursos, à exceção da alteração na qualidade da luz.

O incremento da estatura das plantas em resposta à diminuição da qualidade da luz é um dos parâmetros morfológicos mais bem descritos pela literatura (GREEN-TRACEWICZ; PAGE; SWANTON, 2012; MEROTTO JR. et al, 2002; RAJCAN; CHANDLER; SWANTON, 2004). Em condições de baixas relações no V/Ve, as

plantas de soja e capim-arroz responderam com investimentos na estatura, como uma medida para evitar um sombreamento futuro.

Além do investimento em estatura, especificamente para o Experimento 1, foi observado visualmente que a soja tem capacidade de mudar o ângulo dos trifólios na busca pela melhor qualidade de luz. A reorientação das folhas para cima, geralmente associada ao aumento da dominância apical, tem sido um fenômeno frequentemente observado em resposta à baixa relação V/Ve (WHITELAM; JOHNSON, 1982). Essa resposta também foi comprovada em milho, onde em ambiente com baixa relação de V/Ve, as plântulas apresentaram a capacidade de mudar a orientação das folhas a fim de otimizar a interceptação da luz, essa tanto por qualidade quanto por quantidade (RAJCAN; CHANDLER; SWANTON, 2004).

A expansão da área foliar tem-se mostrado muito variável em função da relação V/Ve. Por exemplo, plântulas de milho crescendo em sala de crescimento desenvolveram alto índice de área foliar na condição de baixo V/Ve (RAJCAN; CHANDLER; SWANTON, 2004). Enquanto que outras espécies como *Trifolium repens* (HERAUT-BRON et al., 1999) e *Phaseolus vulgaris* (BARREIRO et al., 1992) apresentaram menor área foliar sob baixa qualidade de luz. Considerando aqui apenas a primeira época de condução dos experimentos, em situações de baixa relação V/Ve, as plantas de soja responderam com incrementos na área foliar (Experimento 1), enquanto que o capim-arroz apresentou resposta contrária diminuindo a expansão de área foliar (Experimento 2) nessa condição de luz.

Liu et al. (2009) sugerem que a expansão da área foliar é mais dependente da densidade de fluxo de fótons fotossintéticos (DFFF) do que a redução da razão V/Ve. Assim, para o Experimento 1, considerando o primeiro período de condução do experimento (fevereiro à março) provavelmente a DFFF foi menor que no segundo período de condução (outubro à novembro) e dessa maneira, o efeito da baixa qualidade de luz foi potencializado. Em compensação no segundo período, com maior DFFF, a expansão da área foliar se equivaleu entre os tipos de convivência. Já para o Experimento 2, a expansão da área foliar em plantas de capim-arroz provavelmente apresentou-se mais sensíveis à redução do V/Ve do que a variação da DFFF nas duas épocas de condução do experimento.

Outro aspecto relacionado às folhas que é afetado pela qualidade de luz, inclui a redução da produção de clorofila, principalmente mudanças na relação entre clorofilas *a* e *b*, sendo facilmente visualizadas a olho nu (SMITH; WHITELAM, 1997).

Na condição de convivência, ou seja, de baixa relação V/V_e , tanto plantas de soja, como de capim-arroz responderam com decrescimento no índice SPAD. Especificamente no Experimento 1, no segundo período de cultivo, a convivência com o capim-arroz não afetou o índice SPAD das plantas de soja, onde talvez essa resposta seja em função de uma maior DFFF nesse período (outubro à novembro).

A principal resposta das plantas à baixa qualidade de luz, como já discutido, é o incremento em estatura. Para dicotiledôneas, essa resposta inclui o alongamento dos entrenós e/ou pecíolos, e para monocotiledôneas, ocorre o alongamento das folhas e bainhas (SMITH; WHITELAM, 1997). Para soja, até o estágio V_6 das plantas em convivência com azevém perene, já observou-se menor expansão da área foliar e número de trifólios quando comparado ao tratamento livre da planta daninha (GREEN-TRACEWICZ; PAGE; SWANTON, 2012). Os autores ainda observaram que a baixa qualidade de luz influencia a partição de matéria seca da planta, principalmente reduzindo a matéria seca radicular e havendo maior investimento na matéria seca do caule.

Esses estudos ajudam a entender os resultados encontrados no Experimento 1, onde a matéria seca aérea não foi alterada em função da qualidade de luz; em contrapartida, houve menor investimento de matéria seca radicular. Dessa forma, a redução da relação MSR/MSPA na presença de convivência, se deve mais pelo menor investimento da matéria seca das raízes já que a matéria seca aérea aparentemente não foi afetada pela qualidade de luz. Especificamente para o segundo período de cultivo do Experimento 1, nessa mesma condição, apesar das reduções no diâmetro médio e volume de raízes, não foi observado menor acúmulo de matéria seca em plantas de soja. Essas diferenças podem estar relacionadas com o estágio de crescimento das plantas. LIU et al. (2009) a partir do estágio da sexta folha desenvolvida do milho, não encontraram diferenças na relação MSR/MSPA em função da qualidade de luz.

O efeito da qualidade de luz mostra-se mais evidente no Experimento 2, onde na condição de baixo V/V_e as plantas de capim-arroz direcionam os fotoassimilados para o crescimento do caule, retornando em maior estatura, porém com menor área foliar e matéria seca da parte aérea. Em resposta a esse investimento, o crescimento do sistema radicular das plantas de capim-arroz foi prejudicado em todas as variáveis, incluindo a relação MSR/MSPA.

Em condições de baixa relação do V/Ve, plântulas de milho sob condições de não limitação de recursos reduziram a taxa de crescimento relativo radicular, volume total radicular, além de, especificamente para as raízes da coroa, havendo também reduções no número, comprimento, área superficial e diâmetro dessa categoria de raízes (AFIFI; SWANTON, 2011). Os autores atribuem estes resultados, principalmente a um desbalanço hormonal na planta, desencadeado pelos sinais de qualidade de luz percebidos pelos fitocromos. Os fitocromos agem através de múltiplas rotas de transdução de sinais, sendo que, o etileno, a auxina e principalmente a giberilina atuam como mensageiros da qualidade de luz sobre o crescimento celular (JENSEN et al., 1998; VON ARMIN; DENG, 1996).

A redução do V/Ve, simulada tanto por população vizinha de azevém, quanto pelo uso de filtro de radiação vermelho extremo demonstrou haver super-expressão dos genes de biossíntese de etileno que estimulam os genes de transporte de auxina em plântulas de milho (AFIFI; SWANTON, 2012). Segundo esses autores, as estimulações dos genes de transporte de auxina modularam a rota dos fenilpropanóides, tendo como efeito principal a redução de antocianina e aumento do conteúdo de lignina nos tecidos do caule.

Em condições adequadas de suprimento de luz, a auxina é transportada da parte aérea das plantas para o sistema radicular, promovendo adequado crescimento radicular, porém em condições de baixo V/Ve, o hormônio poderá ser redistribuído lateralmente durante o transporte, causando redução na diferenciação do tecido vascular, bem como decréscimo no conteúdo de auxina nas raízes (MEROTTO; FISCHER; VIDAL, 2009). Adicionalmente a isso, a exposição de plantas a baixa V/Ve promove aumento na síntese de etileno, tendo esse hormônio efeito antagônico sobre o crescimento radicular (AFIFI; SWANTON, 2012).

Os cultivares de soja utilizadas neste estudo possuem características morfofisiológicas distintas, como ciclo superprecoce e porte baixo para BMX Apolo RR e ciclo médio de desenvolvimento e porte alto para o cultivar BMX Potência RR (REUNIÃO..., 2012). No Experimento 1, mais especificamente para segunda época de condução do experimento, os valores médios dos cultivares para características morfológicas apresentaram algumas diferenças, principalmente com destaque para BMX Potência RR, quanto à maior estatura de plantas, expansão de área foliar e produção de matéria seca da parte aérea comparada a BMX Apolo RR. Essas características apresentadas por BMX Potência RR têm sido diagnosticadas por

vários autores, tanto para a cultura da soja quanto outras culturas, como características que expressam maior habilidade competitiva da cultura em relação às plantas daninhas (MENNAN et al., 2012; PLACE et al., 2011; WORTHINGTON et al., 2013). Entretanto, em condições de não limitação de recursos, como observadas aqui, não foram verificadas diferenças entre os cultivares testados quanto ao efeito da qualidade de luz refletida da superfície foliar de plantas de capim-arroz.

Para o Experimento 2, o crescimento do capim-arroz em condição de convivência com plantas de soja é equivalente para os cultivares BMX Apolo RR e BMX Potência RR. Provavelmente, a relação do V/Ve refletido das folhas de soja não muda em função do cultivar utilizado.

De maneira geral, todas as características morfológicas de crescimento da planta daninha capim-arroz foram mais afetadas pela qualidade da luz refletida da superfície foliar da cultura (Experimento 2), do que o contrário (Experimento 1). Apesar da cultura ser prejudicada quando em convivência com o capim-arroz, nem todas as variáveis analisadas foram afetadas. A relação V/Ve refletida da superfície das plantas é variável em função da espécie, estágio de desenvolvimento, e da distância entre a cultura e o dossel de plantas daninhas (CRESSMAN; PAGE; SWANTON, 2011). Esses mesmos autores relataram ainda que plantas daninhas dicotiledôneas a partir de suas folhas refletiram sinais de qualidade de luz com menor relação V/Ve por unidade de área foliar, do que plantas monocotiledôneas. Esses resultados corroboram com este estudo, para explicar por que aparentemente o capim-arroz foi mais prejudicado pela convivência com plantas de soja, como população vizinha.

Com base nos resultados dos presentes estudos, sugere-se que os sinais de qualidade de luz, refletidos da superfície foliar de plantas daninhas, podem alterar as taxas normais de crescimento e desenvolvimento da cultura em períodos iniciais de crescimento, quando a competição por recursos no solo ainda não se estabeleceu. Além disso, a percepção da baixa qualidade de luz promove inúmeras alterações morfofisiológicas nas plantas, podendo futuramente afetar a capacidade competitiva da cultura com as plantas daninhas. Contudo, faz-se necessário a fundamentação dessa teoria através da realização de estudos em condições de campo, a fim de determinar os prejuízos da qualidade de luz sobre a produtividade de grãos da cultura.

3.4 Conclusões

Cultivares de soja tendem a escapar do sombreamento quando em convivência inicial com plantas de capim-arroz, principalmente através do incremento em estatura de planta, redução do crescimento do sistema radicular e reorientação dos trifólios.

O capim-arroz investe em estatura de planta para escapar do sombreamento quando em convivência inicial com cultivares de soja, reduzindo o crescimento radicular.

O crescimento do capim-arroz em condição de convivência inicial com plantas de soja, é equivalente para os cultivares BMX Apolo RR e BMX Potência RR.

4. CAPÍTULO III - Competitividade relativa de cultivares de soja com capim-arroz

4.1 Introdução

No Rio Grande do Sul (RS), a interferência exercida pelo capim-arroz (*Echinochloa* spp.) sobre o arroz irrigado é um dos principais fatores que limita o aumento da produtividade do cereal (GALON et al., 2007a). O capim-arroz caracteriza-se por ser altamente competitivo, principalmente devido ao ciclo fotossintético C₄, rápido crescimento inicial aliado à uma elevada demanda por nitrogênio, e por estar presente normalmente em altos níveis de infestação em áreas de terras baixas (KISSMANN, 2007). Com a expansão crescente da soja para essas áreas, integrando os sistemas de rotação de culturas principalmente com o arroz irrigado, infestações de capim-arroz passam a ser importantes na soja, interferindo na produtividade de grãos quando não manejado adequadamente.

Há competição entre plantas quando um (ou mais) dos recursos essenciais ao crescimento/desenvolvimento, encontram-se em quantidade limitada para atender às exigências dos indivíduos presentes no meio; no entanto, essa competição pode ocorrer entre indivíduos da mesma espécie (intraespecífica) ou entre indivíduos de diferentes espécies (interespecífica) (RIGOLI et al., 2008). No ambiente, as plantas disputam basicamente água, luz, nutrientes e em menor proporção O₂ e CO₂ (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007).

Grande parte da competição ocorre abaixo do solo e em geral, nessa condição, ocorre maior interferência entre plantas do que quando a disputa se dá acima do solo, onde basicamente as plantas competem por luz (CASPER; JACKSON, 1997). Na competição abaixo do solo, a ocupação do espaço pelas raízes é o fator

principal que define a habilidade competitiva pelos recursos do solo (água, nutrientes, etc.); no entanto, é dependente de várias características, incluindo taxa de crescimento relativo, acúmulo de matéria seca, comprimento de raízes, densidade e área superficial (ACCIARESI; GUIAMET, 2010; CAHILL JR, 2003).

Existem vários métodos para investigar as relações competitivas entre plantas, entre eles, destacam-se os experimentos em séries substitutivas, que têm sido amplamente utilizados para estudos de diversas culturas/plantas daninhas (AMINPANAHA; JAVADI, 2011; BIANCHI; FLECK; LAMEGO, 2006; GALON et al., 2014; RIGOLI et al., 2008; WANDSCHEER; RIZZARDI, 2013).

Para a espécie capim-arroz em competição com soja, ainda não foram encontrados trabalhos na literatura, que tenham quantificado essa interferência por meio de experimentos em série de substituição. Esse método permite a compreensão do processo competitivo entre plantas, principalmente quando relacionado com o estudo do efeito da população e da proporção entre culturas e plantas daninhas (AMINPANAHA; JAVADI, 2011). Nesse modelo experimental, primeiramente proposto por Radosevich (1987), a densidade total de plantas é mantida constante, enquanto que as proporções da mistura das duas espécies são variáveis. O método é importante porque avalia os efeitos da concorrência de duas espécies em uma única densidade total e determina os efeitos relativos da interferência dentro e entre as espécies, indicando qual espécie é mais competitiva.

Estudos em séries substitutivas têm verificado que normalmente as culturas apresentam maior habilidade competitiva quando comparadas com plantas daninhas (AGOSTINETTO et al., 2013; GALON et al., 2014; MORAES et al., 2009). Esse comportamento é explicado por que o efeito negativo das plantas daninhas não se restringe apenas pela maior habilidade competitiva individual, mas principalmente devido a população das mesmas quando infesta uma área (VILÁ et al., 2004).

Várias pesquisas têm observado por meio de estudos em séries de substituição que a cultura da soja pode possuir superioridade competitiva em relação às plantas daninhas, tanto para aquelas gramíneas, quanto para folhas largas (BIANCHI; FLECK; LAMEGO, 2006; DIAS et al., 2010; MORAES et al., 2009; VIVIAN et al., 2013; WANDSCHEER; RIZZARDI, 2013). Entretanto, para o capim-arroz, resultados encontrados relatam que essa planta daninha normalmente possui superioridade competitiva em relação à cultivares de arroz irrigado (AGOSTINETTO et al., 2008; AMINPANAHA et al., 2012; GEALY et al., 2005), sendo essa resposta

atribuída à grande similaridade morfofisiológica entre as espécies. Deste modo, ambas acabam explorando basicamente o mesmo nicho ecológico, competindo pelos mesmos recursos no tempo e/ou espaço (AGOSTINETTO et al., 2008).

A hipótese desse estudo é de que o capim-arroz apresenta maior potencial competitivo quando ocorrendo em proporções semelhantes e sob níveis adequados de recursos, principalmente devido a sua maior eficiência fotossintética e ao rápido crescimento inicial, quando comparado a cultura da soja. Desse modo, objetivou-se com o estudo avaliar a competitividade relativa de cultivares de soja com o capim-arroz.

4.2 Material e Métodos

O estudo foi dividido em dois experimentos (Experimentos 1 e 2) em condições de casa de vegetação pertencente ao Departamento de Fitossanidade da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM/UFPEL), em Capão do Leão/RS. Para compor os experimentos coletou-se sementes de plantas de capim-arroz (*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv. var. *crusgalli*) encontradas na área experimental do Centro Agropecuário da Palma (CAP), latitude 31°48'25,4" e longitude 52°28'53,4", em maio de 2013.

O Experimento 1 constou do monocultivo de soja e capim-arroz, objetivando determinar a população de plantas por m² em que a matéria seca da parte aérea (MSPA) por unidade de área (g m⁻²) torna-se constante e independente da população, baseado na "lei da produção final constante" (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007).

O experimento foi conduzido no período de outubro a dezembro de 2013, com a semeadura das espécies em vasos plásticos com capacidade para 8 L e diâmetro nominal de 23 cm, preenchidos com solo, classificado como Planossolo Hidromórfico Eutrófico solódico, pertencente à unidade de mapeamento Pelotas, com textura franco arenosa (EMBRAPA, 2006). As características físico-químicas do solo foram: pH em água (1:1) = 5,0; CTC pH 7 = 8 cmolc dm⁻³; matéria orgânica = 1,52%; argila = 20%, textura = 3; Ca = 3,4 cmolc dm⁻³, Mg = 1,3 cmolc dm⁻³; Al = 0,7 cmolc dm⁻³; P = 4,9 mg dm⁻³ e K = 20 mg dm⁻³.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, contendo quatro repetições. Nesse experimento prévio semeou-se separadamente a soja (cv. BMX Potência RR) e o capim-arroz em monocultivo, sendo estabelecidas as seguintes

populações de plantas: 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 e 128 plantas vaso⁻¹ (equivalente a 25, 50, 100, 200, 400, 800, 1.600 e 3.200 plantas m²), para ambas as espécies.

Aos 44 dias após a emergência (DAE) efetuou-se a colheita da parte aérea das plantas e o acondicionamento em sacos de papel. Posteriormente, as amostras foram levadas para secagem em estufa com circulação de ar forçado, em temperatura média de 65 °C. Quando as amostras atingiram peso constante, foi realizada a pesagem da matéria seca da parte aérea (MSPA). Para análise dos dados, utilizou-se a produção recíproca para determinar a população de plantas onde a MSPA se tornava constante. A produção de matéria seca da parte aérea tornou-se constante a partir da população de 16 plantas vaso⁻¹ (dados não apresentados), sendo equivalente a 400 plantas m⁻².

O segundo experimento (2) foi conduzido no período de dezembro de 2013 a fevereiro de 2014, pelo modelo de série de substituição, de acordo com o descrito por Radosevich (1987). O número de plantas estabelecido por vaso em cada proporção foi determinado no experimento preliminar (Experimento 1). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, contendo quatro repetições. As proporções em cada série, entre plantas da soja cv. BMX Potência RR e capim-arroz e entre soja cv. BMX Apolo RR e capim-arroz, constituíram-se de 100:0 (monocultivo de soja), 75:25, 50:50, 25:75 e 0:100 (monocultivo de capim-arroz). Os cultivares foram escolhidas por apresentarem características morfológicas (ciclo, estatura, potencial de ramificação, etc.) distintas entre si e devido à grande utilização pelos produtores de soja em terras baixas no RS.

As variáveis analisadas aos 44 DAE foram: estatura de planta (E), área foliar (AF), matéria seca da parte aérea (MSPA) e parâmetros fotossintéticos. A estatura (cm) de plantas foi determinada com o auxílio de uma régua milimetrada, mensurando a altura rente ao solo até o ápice do último trifólio expandido para soja e pela altura do solo até a extremidade da última folha para o capim-arroz; a determinação da AF (cm² planta⁻¹) realizou-se com o auxílio de medidor de área foliar LI 3100C (LICOR, Lincoln, USA); e a MSPA (g planta⁻¹) foi quantificada conforme descrito anteriormente.

Para a determinação dos parâmetros fotossintéticos foram realizadas avaliações no último trifólio expandido para as plantas de soja e no terço médio, da primeira folha completamente expandida para o capim-arroz, utilizando-se de um analisador de gases infravermelho (IRGA), marca LI-COR, modelo LI – 6400 (LI-COR, Lincoln, NE, USA). A fim de permitir a livre circulação do ar durante as medições, foi

mantida aberta a casa de vegetação no momento da avaliação. Com este equipamento, determinou-se a condutância estomática de vapores de água (G_s – $\text{mol m}^{-1} \text{s}^{-1}$), taxa transpiratória (E – $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 (C_i – $\mu\text{mol mol}^{-1}$), e taxa fotossintética (A – $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). A eficiência da carboxilação (EC – $\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e a eficiência do uso da água (EUA – $\text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$) foram calculadas a partir da razão das variáveis A/C_i e A/E , respectivamente.

Na análise das variáveis estatura, área foliar e matéria seca da parte aérea dos cultivares de soja e da planta daninha, utilizou-se o método da análise gráfica da produtividade relativa (RADOSEVICH, 1987). Esse modelo consiste na construção de um diagrama com base na produtividade relativa (PR) e produtividade relativa total (PRT), nas proporções de plantas (0, 25, 50, 75 e 100%). As produções relativas para cada espécie foram calculadas a partir da produção de cada população e proporção, divididas pela produção média da monocultura naquela população.

Os valores de PR foram obtidos de acordo com a equação 1, onde as médias representam o valor médio por planta de cada espécie em cada unidade experimental.

$$PR = \frac{\text{Média da Mistura}}{\text{Média da Monocultura}} \quad [1]$$

Os dados de PRT foram representados pela soma das produtividades relativas da cultura e dos competidores, nas respectivas proporções de plantas. Quando a PR resultar em linha reta, significará que não houve efeito de uma espécie sobre a outra ou que a habilidade da espécie em interferir sobre a outra será equivalente. Se a PR resultar em linha côncava, indicará que houve prejuízo no crescimento de uma ou de ambas as espécies; no entanto quando ocorrer linha convexa, indicará o benefício no crescimento de uma ou de ambas as espécies. Para a PRT quando ocorrer valor igual a 1 (linha reta), significará que ocorreu competição pelo(s) mesmo(s) recurso(s); contudo se o valor for superior a 1 (linha convexa), não ocorreu competição, pelo fato de o suprimento de recursos superar a demanda ou pelo fato das espécies possuírem diferentes demandas pelo(s) recurso(s) do meio; quando inferior a 1 (linha côncava), indicará a ocorrência de antagonismo, havendo prejuízo mútuo ao crescimento de ambas as espécies (RADOSEVICH, 1987).

Na proporção de 50% de plantas da cultura e do respectivo competidor, foram calculados os índices de competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento

relativo (K) e de agressividade (A). A CR representa o crescimento comparativo da espécie X em relação à Y; K indica a dominância relativa de uma espécie sobre a outra; e A aponta qual espécie será mais agressiva (COUSENS, 1991). A interpretação conjunta desses valores (CR, K e A) indica com maior segurança a competitividade das espécies envolvidas. Nesse sentido, a espécie X é mais competitiva que Y quando $CR > 1$, $K_x > K_y$ e $A > 0$; por outro lado a espécie Y será mais competitiva que X quando $CR < 1$, $K_x < K_y$ e $A < 0$ (HOFFMAN; BUHLER, 2002). O cálculo desses índices será obtido utilizando-se as equações [2], [3], [4], e [5] conforme descritas por Cousens; O'Neill (1993).

$$CR = \frac{PR_x}{PR_y} \quad [2]; \quad K_x = \frac{PR_x}{(1-PR_x)} \quad [3]; \quad K_y = \frac{PR_y}{(1-PR_y)} \quad [4]; \quad A = PR_x - PR_y \quad [5]$$

Para analisar estatisticamente a produtividade relativa, primeiro foram calculadas as diferenças para os valores de PR obtidos nas proporções de 25, 50 e 75% de plantas em relação aos valores pertencentes às retas hipotéticas obtidas nas respectivas proporções (PASSINI, 2001). O teste 't', a 5% de probabilidade, foi utilizado para testar as diferenças nos índices estudados em relação à reta hipotética (PASSINI, 2001; HOFFMAN; BUHLER, 2002). As hipóteses de nulidade utilizadas para testar as diferenças de PR e A foram constituídas partindo do princípio de que se fossem iguais a zero ($H_0=0$); para PRT e CR, as médias seriam iguais a 1 ($H_0=1$); e para o índice K, de que as médias das diferenças entre K_x e K_y fossem iguais a zero [$H_0 = (K_x - K_y) = 0$]. Considerou-se que para haver significância, pelo menos duas proporções de plantas deveriam diferir significativamente (BIANCHI; FLECK; LAMEGO, 2006).

Os resultados obtidos para características morfológicas (E, AF, MSPA) e fotossintéticas (A, GS, Ci, E, T e EUA) das plantas de soja e capim-arroz, expressos em valores médios por planta, foram submetidos à análise de variância. Quando o teste F indicou significância ($p \leq 0,05$), as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Dunnett ($p \leq 0,05$), considerando-se as monoculturas como testemunhas nessas comparações. Para parâmetros fotossintéticos, também aplicou-se o teste de Duncan ($p \leq 0,05$) para avaliar as diferenças entre proporções de plantas.

4.3 Resultados e Discussão

Os resultados gráficos para as combinações de plantas dos cultivares de soja BMX Apolo RR e BMX Potência RR em combinações com o capim-arroz (competidor), demonstraram que os dois cultivares respondem similarmente quanto à competição com a planta daninha para estatura, área foliar e matéria seca da parte aérea (Fig. 3). A análise gráfica das combinações de plantas para ambos cultivares de soja com o competidor capim-arroz, em geral, demonstrou que os valores de PR (produtividade relativa) esperados foram muito próximos aos observados (Fig. 3; tab. 9).

Para haver significância, pelo menos duas proporções de plantas devem diferir significativamente (BIANCHI; FLECK; LAMEGO, 2006). Sendo assim, com base na PR, apenas para estatura do cultivar de soja BMX Apolo RR houve diferença em pelo menos duas proporções de plantas (75:25 e 50:50), essa representada por linha côncava da cultura (Fig. 3A; tab. 9). Para esse caso, demonstrou-se que o capim-arroz utilizou o recurso do meio de forma mais eficiente que a cultura, sem alterar a sua PR, enquanto que BMX Apolo RR apresentou redução da PR à medida que se aumentou a sua população de plantas.

Comportamento similar à PR obteve-se também nos desvios observados nas retas da PRT (produtividade relativa total) em relação às retas esperadas, pois, apresentam valores muito próximos a unidade (1), não tendo diferenças estatísticas ($p \leq 0,05$), à exceção da PRT, para variável estatura, do cultivar BMX Potência RR, que nas proporções de 50:50 e 25:75, observou-se PRT menor que 1, representados por uma linha côncava (Fig. 3D; tab. 9). Para essa última condição, segundo Harper (1977), ocorreu antagonismo entre espécies, pois a redução da produção total decorreu da menor contribuição de ambas as espécies, ou seja, a competição entre as duas espécies ocorreu pelos mesmos recursos do ambiente.

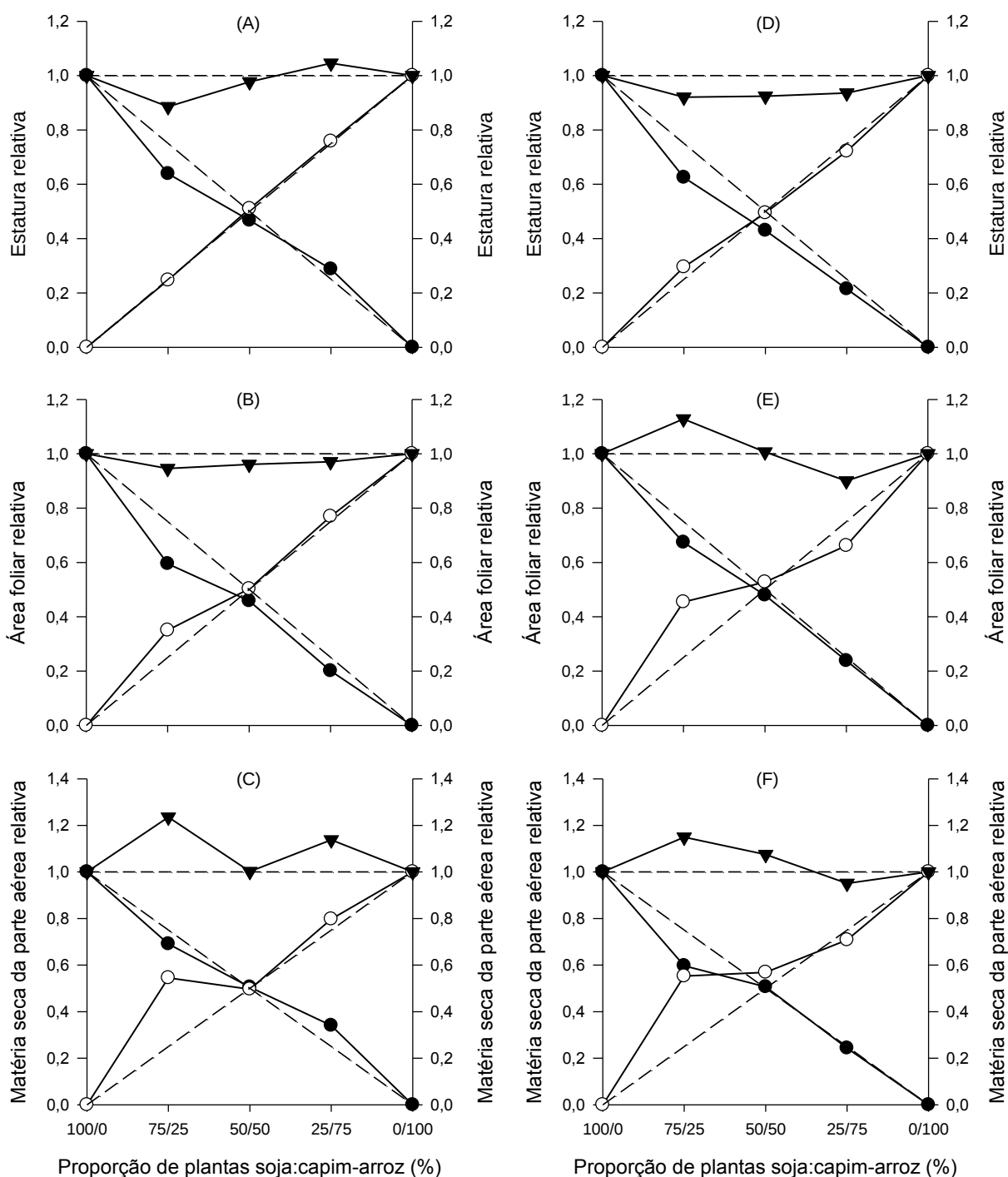


Figura 3 – Diagrama da produção relativa da estatura de planta, área foliar e da matéria seca da parte aérea dos cultivares de soja BMX Apollo RR (A,B e C) e BMX Potência RR (D,E e F) e capim-arroz em função da variação da proporção entre as duas espécies. FAEM/UFPEL, Capão do Leão, RS, 2014. Círculos cheio (●) e vazio (○) representam a PR dos cultivares de soja e do capim-arroz, respectivamente, e (▼) indica a PRT das espécies. As linhas tracejadas referem-se às produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.

Tabela 9 - Diferenças de produtividade relativa (DPR) e de produtividade relativa total (PRT), das variáveis estatura de planta, área foliar e matéria seca da parte aérea de cultivares de soja (BMX Apolo RR ou BMX Potência RR) e do competidor capim-arroz, aos 44 dias após a emergência. FAEM/UFPeL, Capão do Leão-RS, 2014.

Variável	Proporção de plantas (soja:capim-arroz)		
	75:25	50:50	25:75
Estatura			
DPR BMX Apolo RR	-0,11 ($\pm 0,02$) *	-0,03 ($\pm 0,01$) *	0,04 ($\pm 0,02$) ^{ns}
DPR capim-arroz	0,00 ($\pm 0,01$) ^{ns}	0,01 ($\pm 0,01$) ^{ns}	0,01 ($\pm 0,01$) ^{ns}
PRT	0,89 ($\pm 0,01$) *	0,98 ($\pm 0,02$) ^{ns}	1,05 ($\pm 0,03$) ^{ns}
DPR BMX Potência RR	-0,12 ($\pm 0,03$) *	-0,07 ($\pm 0,03$) ^{ns}	-0,04 ($\pm 0,02$) ^{ns}
DPR capim-arroz	0,05 ($\pm 0,00$) *	-0,01 ($\pm 0,02$) ^{ns}	-0,03 ($\pm 0,03$) ^{ns}
PRT	0,92 ($\pm 0,03$) ^{ns}	0,92 ($\pm 0,02$) *	0,94 ($\pm 0,01$) *
Área Foliar			
DPR BMX Apolo RR	-0,15 ($\pm 0,09$) ^{ns}	-0,04 ($\pm 0,02$) ^{ns}	-0,05 ($\pm 0,04$) ^{ns}
DPR capim-arroz	0,10 ($\pm 0,06$) ^{ns}	0,00 ($\pm 0,04$) ^{ns}	0,02 ($\pm 0,02$) ^{ns}
PRT	0,95 ($\pm 0,06$) ^{ns}	0,96 ($\pm 0,04$) ^{ns}	0,97 ($\pm 0,05$) ^{ns}
DPR BMX Potência RR	-0,08 ($\pm 0,01$) *	-0,02 ($\pm 0,08$) ^{ns}	-0,01 ($\pm 0,04$) ^{ns}
DPR capim-arroz	0,20 ($\pm 0,05$) *	0,03 ($\pm 0,05$) ^{ns}	-0,09 ($\pm 0,04$) ^{ns}
PRT	1,13 ($\pm 0,06$) ^{ns}	1,01 ($\pm 0,05$) ^{ns}	0,90 ($\pm 0,01$) *
Matéria seca da parte aérea			
DPR BMX Apolo RR	-0,06 ($\pm 0,08$) ^{ns}	0,01 ($\pm 0,04$) ^{ns}	0,09 ($\pm 0,06$) ^{ns}
DPR capim-arroz	0,29 ($\pm 0,06$) *	0,00 ($\pm 0,05$) ^{ns}	0,05 ($\pm 0,09$) ^{ns}
PRT	1,24 ($\pm 0,07$) *	1,00 ($\pm 0,08$) ^{ns}	1,14 ($\pm 0,05$) ^{ns}
DPR BMX Potência RR	-0,15 ($\pm 0,08$) ^{ns}	0,01 ($\pm 0,10$) ^{ns}	-0,01 ($\pm 0,07$) ^{ns}
DPR capim-arroz	0,30 ($\pm 0,06$) *	0,07 ($\pm 0,06$) ^{ns}	-0,04 ($\pm 0,07$) ^{ns}
PRT	1,15 ($\pm 0,14$) ^{ns}	1,07 ($\pm 0,07$) ^{ns}	0,95 ($\pm 0,06$) ^{ns}

* Diferença significativa pelo teste T ($p \leq 0,05$). Valores entre parênteses representam o erro padrão da média.

A partir da análise gráfica da PR e PRT, onde as retas observadas e esperadas apresentaram-se muito próximas da unidade (1), na maioria das vezes sem diferenças estatísticas (Fig. 3; tab. 9), é possível considerar que de modo geral, o efeito de uma espécie sobre a outra na competição pelos recursos do ambiente foram pouco evidentes, sendo que provavelmente a habilidade de uma espécie em interferir sobre a outra foram equivalentes (RADOSEVICH, 1987).

Resultados similares a este estudo foram encontrados para a competição entre milho e *Chloris distichophylla*, onde os valores observados não diferiram dos valores hipotéticos, inferindo que quando sob interferência da planta daninha, o milho mantém sua produtividade equivalente à condição de monocultivo (WANDSCHEER; RIZZARDI, 2013). Da mesma forma observou-se que a habilidade competitiva entre

Commelina benghalensis e soja são equivalentes e não tem efeito sobre a produtividade total das espécies (DIAS et al., 2010).

Vale ressaltar, que para todas variáveis testadas, em ambos cultivares, na proporção de plantas de 75:25 (soja/competidor), os valores de PR dos cultivares foram sempre abaixo das retas hipotéticas e a PR do competidor, em geral, com valores acima do esperado (Fig. 3), embora, nem sempre esses valores foram acompanhados por diferenças estatísticas ($p \leq 0,05$) (tab. 9). Todavia, essa tendência observada é resultante da maior competição intraespecífica, tanto para soja, quanto para o capim-arroz. Sendo que, a soja apresenta menor produtividade relativa em sua maior proporção de plantas, e não é afetada pelo aumento da população do competidor. Enquanto que a produtividade do competidor é maior do que o esperado quando crescendo na sua menor proporção de plantas.

A verificação do crescimento relativo da soja e do capim-arroz através das variáveis morfológicas (estatura, área foliar e matéria seca da parte aérea) demonstrou que os cultivares de soja em todas as proporções de plantas, não diferiram significativamente ($p \leq 0,05$) da testemunha (Monocultivo – 100:0) (tab. 10).

Na associação com o cultivar BMX Apolo RR, em sua menor proporção, o capim-arroz apresentou maior produção de MSPA; por outro lado, quando competindo com BMX Potência RR, nessa mesma proporção, o competidor apresentou incremento nos valores para todas variáveis morfológicas testadas (tab. 10). Cabe ressaltar novamente que esse comportamento observado é resultante da maior competição intraespecífica, principalmente para o capim-arroz. E nesse sentido, vários estudos têm observado por meio de experimentos em séries substitutivas, que em alguns casos a competição intraespecífica mostra-se mais importante do que a competição interespecífica, isso por que plantas de uma mesma espécie exploram basicamente o mesmo nicho ecológico, competindo pelos mesmos recursos no tempo e/ou espaço (DIAS et al., 2010; MORAES et al., 2009; RIGOLI et al., 2008).

Tabela 10 - Respostas de cultivares de soja (BMX Apolo RR ou BMX Potência RR) à interferência do competidor capim-arroz, expressas em estatura de planta, área foliar e matéria seca da parte aérea das plantas, em experimentos conduzidos em séries substitutivas, aos 44 dias após emergência (DAE). FAEM/UFPEL, Capão do Leão, RS, 2014.

Proporção (soja:capim- arroz)	Proporção de plantas (soja : capim-arroz)		
	Estatura (cm)	Área Foliar (cm ² planta ⁻¹)	MSPA (g planta ⁻¹)
BMX Apolo RR			
100:0 (T)	56,68	569,28	3,91
75:25	48,27	451,75	3,60
50:50	52,93	521,91	3,95
25:75	65,19	457,57	5,33
CV (%)	10,07	23,56	27,04
Capim-arroz			
0:100 (T)	79,68	354,73	3,47
25:75	80,54	364,02	3,69
50:50	81,35	356,53	3,44
75:25	78,75	497,28	7,55*
CV (%)	5,54	22,79	21,36
BMX Potência RR			
100:0 (T)	75,06	583,17	4,32
75:25	62,59	524,08	3,44
50:50	64,52	559,20	4,38
25:75	64,38	555,80	4,21
CV (%)	10,17	23,36	28,87
Capim-arroz			
0:100 (T)	79,68	359,40	3,47
25:75	76,67	317,22	3,27
50:50	78,85	379,16	3,94
75:25	94,13*	653,00*	7,66*
CV (%)	6,09	18,95	22,37

* Média difere da testemunha (T) pelo teste de Dunnett ($p \leq 0,05$).

A partir da análise dos parâmetros fisiológicos é possível verificar que o maior crescimento relativo da planta daninha, na sua menor proporção de plantas (25%), apresentados anteriormente pelas variáveis morfológicas (Fig. 3; tab. 9 e 12) são devidos, em parte, ao aumento na atividade fotossintética e variáveis associadas (tab. 11). Nesse sentido, observou-se que a taxa fotossintética (A) do capim-arroz foi mais elevada quando houve predomínio de plantas de soja, independente do cultivar testado (tab. 11). Nessa mesma proporção, verificou-se que os efeitos foram mais pronunciados quando o competidor estava na presença do cultivar BMX Potência RR, pois além do aumento da taxa fotossintética, ocorreram também maiores valores para condutância estomática (GS), taxa transpiratória (E) e eficiência de carboxilação (EC);

sendo que essa proporção de plantas (75:25) além de diferir da testemunha, também apresentou valores superiores às demais proporções (50:50 e 25:75); por outro lado, ambos os cultivares de soja, não apresentaram diferenças em relação a variáveis fisiológicas, em relação à presença do competidor (tab. 11).

Tabela 11 - Respostas de cultivares de soja (BMX Apolo RR ou BMX Potência RR) à interferência do competidor capim-arroz, expressas em taxa fotossintética (A – $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática de vapores de água (GS – $\text{mol m}^{-1} \text{s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 (Ci – $\mu\text{mol mol}^{-1}$), taxa transpiratória (E – $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), eficiência na carboxilação (EC – $\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e eficiência no uso da água (EUA – $\text{mol CO}_2 \text{mol H}_2\text{O}^{-1}$) das plantas, em experimentos conduzidos em séries substitutivas, aos 44 dias após emergência (DAE). FAEM/UFPeI, Capão do Leão, RS, 2014.

Proporção de plantas (soja:competidor)	BMX Apolo RR					
	A	GS	Ci	E	EC	EUA
100:0 (T)	21,03	0,47	263,88	5,95	0,07	3,85
75:25	24,50	0,98	298,50	7,54	0,08	3,32
50:50	25,65	0,70	272,38	6,74	0,09	3,94
25:75	27,81	1,19	299,88	8,05	0,09	3,47
CV (%)	18,99	62,99	7,95	25,62	13,99	12,98
Capim-arroz						
0:100 (T)	25,75 b ¹	0,27	198,25	4,87	0,13 b	5,34
25:75	27,95 ab	0,29	196,88	5,17	0,14 b	5,44
50:50	30,48 ab	0,33	198,13	5,51	0,16 ab	5,59
75:25	*32,80 a	0,33	189,38	5,57	0,17 a	5,85
CV (%)	11,24	22,97	10,53	9,75	12,26	7,39
BMX Potência RR						
100:0 (T)	22,13	0,85	303,85	7,03	0,07	3,28
75:25	19,35	0,45	276,00	5,66	0,07	3,58
50:50	22,26	0,56	275,13	6,02	0,08	3,95
25:75	22,57	0,59	288,50	6,54	0,07	3,48
CV (%)	11,01	34,26	6,99	23,57	8,05	18,81
Capim-arroz						
0:100 (T)	25,75 b ¹	0,27 b	198,25	4,87 b	0,13 b	5,34
25:75	26,75 b	0,25 b	181,65	4,91 b	0,15 b	5,53
50:50	27,65 b	0,30 b	201,50	5,24 b	0,14 b	5,28
75:25	*37,17 a	*0,38 a	184,63	*6,54 a	*0,20 a	5,77
CV (%)	8,36	19,70	11,25	11,64	10,51	9,56

¹ Médias seguidas por letras iguais, em proporções com mistura de plantas, não diferem entre si pelo Duncan ($p \leq 0,05$). * Difere significativamente da testemunha (T) pelo teste de Dunnett ($p \leq 0,05$);

Os resultados obtidos indicam que existe uma alta correlação entre variáveis morfológicas e fisiológicas, que permitem entender melhor o comportamento das

espécies estudadas (tab. 10 e 13). Dessa forma, em proporções com menor competição intraespecífica (75:25) pelo capim-arroz, a maior abertura dos poros estomáticos representado pela GS, possibilitou que a planta incorporasse mais CO₂ atmosférico para o interior das células, e consequentemente perdesse mais água para atmosfera resultando em um incremento na taxa transpiratória (E). Provavelmente essas moléculas de CO₂ incorporadas para o interior das células do mesófilo, não ficaram armazenadas por muito tempo, pelo fato da concentração interna de CO₂ (C_i) não se alterar independente das proporções de plantas testadas, assim propõe-se que o CO₂ foi rapidamente carboxilado e transformado em glicose, confirmado aqui pelo incremento nos valores da atividade fotossintética (A) e da eficiência da carboxilação (EC).

O aumento da taxa transpiratória pelas plantas de capim-arroz, não foi suficiente para promover menor eficiência no uso da água (EUA). A maior perda de água pode decorrer da maior necessidade da planta em incorporar o CO₂ através da atividade fotossintética e eficiência de carboxilação apresentada pelas plantas (CONCENÇO et al., 2009). Esses mesmos autores encontraram resultados semelhantes, onde plantas de arroz irrigado sob condição de menor intensidade de competição, além do maior acúmulo em matéria seca, também observaram maiores valores de condutância estomática e taxa transpiratória, em contrapartida, a eficiência no uso da água se manteve inalterada nas diferentes intensidades de competição.

De modo geral, observou-se que o capim-arroz, ao competir com BMX Apolo RR, apresentou maior crescimento relativo que o cultivar apenas para a variável estatura de planta, conforme indicado pelo índice CR (tab. 12). No entanto, houve dominância do competidor para essa variável, sobre ambos os cultivares de soja, conforme indicado pelo índice K. Constatou-se também para estatura de planta, que o capim-arroz foi mais agressivo que o cultivar BMX Apolo RR – resposta apontada pelo índice A (tab. 12). Parte-se do pressuposto, que uma espécie Y é mais competitiva que X quando $CR < 1$, $K_x < K_y$ e $A < 0$ (HOFFMAN; BUHLER, 2002). Adotou-se também, que para comprovar a superioridade competitiva é necessária a ocorrência de diferenças em pelo menos dois índices (BIANCHI; FLECK; LAMEGO, 2006). Diante desses critérios, apenas quanto à estatura de planta, observou-se que o capim-arroz foi mais competitivo que o cultivar de soja BMX Apolo RR.

Tabela 12 - Índices de competitividade entre cultivares de soja (BMX Apolo RR ou BMX Potência RR) e do competidor capim-arroz, expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamentos relativo (K) e de agressividade (A), obtidos em experimentos conduzidos em séries substitutivas. FAEM/UFPeL, Capão do Leão, RS, 2014.

Variável	CR	K _{soja}	K _{capim-arroz}	A
Estatura				
BMX Apolo RR x capim-arroz	0,92 (±0,02)*	0,88 (±0,02)*	1,05 (±0,05)	-0,04 (±0,01)*
BMX Potência RR X capim-arroz	0,88 (±0,08)	0,76 (±0,08)*	0,99 (±0,06)	-0,06 (±0,04)
Área Foliar				
BMX Apolo RR x capim-arroz	0,94 (±0,10)	0,85 (±0,05)	1,06 (±0,18)	-0,04 (±0,05)
BMX Potência RR X capim-arroz	0,98 (±0,24)	1,06 (±0,30)	1,20 (±0,24)	-0,05 (±0,12)
Matéria Seca da Parte Aérea				
BMX Apolo RR x capim-arroz	1,04 (±0,10)	1,06 (±0,14)	1,04 (±0,19)	0,01 (±0,04)
BMX Potência RR X capim-arroz	0,97 (±0,27)	1,31 (±0,47)	1,51 (±0,43)	-0,06 (±0,15)

*Diferença significativa pelo teste T ($p \leq 0,05$). Valores entre parênteses representam o erro-padrão da média. Kx e Ky: coeficientes de agrupamentos relativos da soja e do capim-arroz, respectivamente.

A estatura de plantas é uma característica importante para o crescimento e desenvolvimento das espécies no ambiente, pois está diretamente relacionada com a eficiência na captação de luz (FLECK et al., 2008). Desse modo, talvez o período em que foi conduzido o experimento, com 44 dias após a emergência, tenha sido relativamente curto para mostrar diferenças em outras variáveis, como a expansão da área foliar e matéria seca da parte aérea. No entanto, Saccol e Estefanel (1995) observaram que a duração do período de competição do capim-arroz, a partir do qual a altura e área foliar da soja são significativamente reduzidas, fica em torno de 20 e 22 dias, respectivamente, variáveis em função do espaçamento entre linhas utilizado. Cabe destacar que os cultivares comerciais utilizadas pelos autores, apresentam grande diversidade genética ao se comparar com as utilizadas neste experimento, após vários anos de melhoramento genético, onde provavelmente as respostas quanto a períodos de competição são diferentes.

As características diferenciadas como estatura e ciclo de desenvolvimento dos cultivares de soja utilizadas neste estudo podem estar relacionadas com as pequenas diferenças encontradas na competição com o capim-arroz. Através dos índices de competitividade, observou-se maior competitividade do capim-arroz em

relação ao cultivar BMX Apolo RR, no que se refere à estatura de planta, provavelmente devido ao porte baixo do cultivar (REUNIÃO..., 2012), facilitando o crescimento e resultando em maior acúmulo de MSPA pelo competidor. Por outro lado, as características do cultivar BMX Potência RR contribuíram para um maior crescimento relativo do capim-arroz, expressos principalmente pelo aumento da atividade fotossintética e eficiência na fixação do carbono que contribuíram diretamente para o incremento em estatura, área foliar e acúmulo de matéria seca do competidor. O cultivar BMX Potência RR possui ciclo médio de desenvolvimento (6.7) (REUNIÃO..., 2012), conseqüentemente a velocidade de emergência e a taxa de crescimento são menores quando comparadas com cultivares de ciclo superprecoce como BMX Apolo RR (5.8); estas características facilitam o crescimento das plantas daninhas, principalmente o capim-arroz que possui uma elevada taxa de crescimento em estádios iniciais de desenvolvimento (KISSMANN, 2007).

Vários trabalhos têm sido conduzidos para identificar características morfológicas em plantas que confirmem maior habilidade competitiva em relação às plantas daninhas, entre essas características destacam-se: tamanho e peso de sementes, estatura de plantas, área foliar, matéria seca da parte aérea e ciclo de desenvolvimento (JANNINK et al., 2000; LAMEGO et al., 2005; PLACE et al., 2011; SCHAEGLER et al., 2009). Estudos indicam que plantas de soja portadoras de estatura elevada e ciclo tardio possuem maior habilidade competitiva que cultivares de ciclo precoce e detentoras de porte baixo (LAMEGO et al., 2004). Vale ressaltar que na condução de trabalhos à campo, os fatores bióticos e abióticos podem interferir na expressão da habilidade competitiva de maneira diferenciada em cada cultivar; dessa forma, características como ciclo de desenvolvimento e estatura de plantas podem não apresentar tanto efeito sobre a habilidade competitiva em experimentos conduzidos em condições controladas, como em casa de vegetação (AGOSTINETTO et al., 2008).

Com base nas variáveis morfofisiológicas pode-se dizer que o capim-arroz prefere em sua vizinhança uma planta de soja em relação a uma outra planta de capim-arroz, isto é, em monocultivo, as médias dessas variáveis foram inferiores às encontradas nas misturas, ou seja, a competição intraespecífica para o capim-arroz foi mais prejudicial que a competição interespecífica. Isso pode ser explicado principalmente pela elevada demanda de nitrogênio pelo capim-arroz, assim no monocultivo da planta daninha ocorre maior competição intraespecífica por este

recurso, porém sem descartar a competição por outros recursos do meio. Em contrapartida, com o maior crescimento da planta daninha, tanto em estatura quanto em produção de área foliar, as tornam mais eficientes na captura por luz e consequentemente em estágios mais avançados de crescimento podem sombrear a cultura, e diminuir o seu crescimento (PLACE et al., 2011). A partir deste estudo ainda não é possível considerar que o capim-arroz é mais competitivo que a cultura da soja, pois o principal efeito negativo do competidor sobre os cultivares foi a redução da estatura de plantas, especialmente para BMX Apolo RR, enquanto que os demais parâmetros morfofisiológicos se mantiveram praticamente inalterados.

4.4 Conclusões

Os cultivares de soja Apollo RR e BMX Potência RR apresentam similaridade quanto à competição com o capim-arroz, de modo que, a habilidade de uma espécie em interferir sobre a outra foi equivalente.

O capim-arroz apresenta superioridade competitiva em relação ao cultivar de soja BMX Apolo RR superprecoce e de porte baixo, com base na estatura de plantas.

A competição intraespecífica é mais importante para o capim-arroz do que quando em competição com os cultivares de soja BMX Apolo RR e BMX Potência RR, resultando em efeitos negativos sobre características morfofisiológicas da espécie.

5. CAPÍTULO IV- Características de planta em cultivares de soja e espaçamento entre linhas na habilidade competitiva com capim-arroz em terras baixas

5.1 Introdução

O Brasil tem produzido, em média, nas últimas cinco safras, 84,4 milhões de toneladas de soja em uma área equivalente a 27 milhões de hectares. O Rio Grande do Sul (RS) se destaca como terceiro Estado com maior produção de soja no Brasil, compreendendo uma área de 5,1 milhões de hectares na safra 2014/15 (CONAB, 2015). Nos últimos anos, no estado gaúcho tem ocorrido a expansão do cultivo de soja em terras baixas, sendo que apenas na safra 2013/14, foram semeados em torno de 287 mil hectares da cultura em rotação com arroz irrigado (IRGA, 2014). Nesse sentido, vários trabalhos têm sido realizados buscando identificar cultivares comerciais de soja disponíveis no mercado que apresentem maior tolerância ao excesso hídrico (MISSIO et al., 2010; PILON; ZUGE; FERREIRA, 2013), incluindo também o lançamento de cultivares adaptadas a essa condição (LANGE et al., 2013).

A incorporação da soja ao sistema de produção de arroz irrigado, visa principalmente melhorar a fertilidade e conservação do solo e reduzir a infestação com plantas daninhas (GALON et al., 2007b). O manejo de plantas daninhas na cultura da soja semeada em áreas orizícolas, também têm sido alvo de várias pesquisas (AGOSTINETTO et al., 2009; GALON et al., 2007b; TURRA et al., 2013). Dentre as plantas daninhas que infestam áreas tradicionalmente cultivadas com arroz, destaca-se o capim-arroz (*Echinochloa* spp.), com elevada competitividade com essa cultura (AGOSTINETTO et al., 2010), e que apresenta-se como potencial competidor na para soja semeada em rotação ao arroz irrigado.

O capim-arroz (*Echinochloa* spp.) é uma planta daninha de grande importância na cultura do arroz irrigado (GALON et al., 2007a), estando amplamente distribuída e normalmente presente em altos níveis de infestação em áreas arrozeiras; sua agressividade é potencializada por ser uma planta de ciclo fotossintético C₄, apresentando rápido crescimento inicial e uma elevada demanda por nitrogênio (KISSMANN, 2007).

Atualmente, a elevada dependência das culturas ao uso do controle químico gera ambiente favorável à evolução da resistência de plantas daninhas aos herbicidas. Nesse sentido, o manejo integrado de plantas daninhas (MIPD) surge como forma de minimizar esse problema (HAMILL; HOLT; MALLORY-SMITH, 2004; HARKER; O'DONOVAN, 2013).

Entre as práticas culturais que tem potencial para integrar um sistema de MIPD cita-se o uso da habilidade competitiva da cultura na supressão do crescimento das plantas daninhas. Várias características da planta relacionam-se diretamente com a competitividade superior da cultura em relação às plantas daninhas, entre as quais citam-se: matéria seca da parte aérea (SAITO; FUTAKUCHI, 2014; TREZZI, et al., 2013), tamanho das folhas (WORTMANN, 1993), índice de área foliar (WORTMANN, 1993), estatura de plantas (BIANCHI et al., 2011; TREZZI, et al., 2013; WORTHINGTON et al., 2013; ZYSTRO; LEON; TRACY, 2012) e cobertura do solo (BIANCHI et al., 2010; SCHAEGLER et al., 2009). Através dessas características é possível selecionar a cultura com uma ou mais delas e, desse modo, obter um cultivar mais competitivo com plantas daninhas, entretanto; a habilidade competitiva de uma espécie vegetal não é definida por uma característica apenas, pois depende do recurso pelo qual compete e das características da espécie competidora (BIANCHI et al., 2010).

Vários trabalhos têm relacionado o rápido crescimento em estádios iniciais da cultura como indicativo de maior competitividade com plantas daninhas (JANNINK et al., 2000; MENNAN et al., 2012; PLACE et al., 2011), no entanto essa característica pode estar presente tanto em cultivares de ciclo precoce como de ciclo tardio (JANNINK et al., 2001). Em estudo comparando cultivares de soja quanto à habilidade competitiva com plantas daninhas foi demonstrado que os cultivares de ciclo tardio e de porte alto foram mais competitivos que os cultivares precoces e de porte baixo (LAMEGO et al., 2004).

A redução do espaçamento entre linhas também é citada como alternativa que eleva a competitividade da cultura, devido à distribuição mais uniforme das plantas na área, melhorando dessa forma a interceptação da luz pelas folhas das plantas (ZHOU; CHEN; OUYANG, 2011) e promovendo um melhor arranjo espacial das raízes no solo (ACCIARESI; CHIDICHIMO, 2007). Esse arranjo espacial reduz a competição intraespecífica entre plantas da cultura na linha, através da melhor utilização dos recursos do meio, bem como, aumenta a supressão de plantas daninhas pelo fechamento precoce das entrelinhas (BIANCHI et al., 2010; HEIFFIG et al., 2006).

Trabalhos têm destacado que a utilização de espaçamentos menores diminui a produção de matéria seca total das plantas daninhas (ACCIARESI; CHIDICHIMO, 2007; FANADZO; CHIDUZA; MNKENI, 2010; WELLS, REBERG-HORTON; MIRSKY, 2014) e a produção de sementes (PURICELLI; FACCINI, 2005). Para a cultura da soja observou-se que através da redução do espaçamento é possível reduzir o número de aplicações de herbicidas (KOGER et al., 2002), bem como reduzir a dose recomendada do produto pela metade (PURICELLI; FACCINI, 2005).

Além do incremento da habilidade competitiva das culturas, já se relatou-se resultados que a redução do espaçamento entre linhas geralmente promove um aumento na produtividade dos grãos, incluindo a cultura do feijoeiro, girassol, soja e milho (DUSABUMUREMYI; NIYIBIGIRA; MASHINGAIDZE, 2014; FANADZO; CHIDUZA; MNKENI, 2010; MONDAL et al., 2014; RIAHINIA; DEHDASHTI, 2008; WELLS, REBERG-HORTON; MIRSKY, 2014).

Assim, cultivares de soja com características morfofisiológicas dissimilares apresentam diferenças quanto à habilidade competitiva com as plantas daninhas, essas manifestadas principalmente em fases iniciais de crescimento. Nesse período, o cultivar com maior potencial competitivo tem a capacidade de suprimir o crescimento de plantas daninhas, podendo ser favorecido pela redução do espaçamento entre fileiras. Em vista do exposto, o presente trabalho teve como objetivo investigar características diferenciadas entre cultivares de soja, associadas ao arranjo espacial da cultura, na habilidade competitiva com capim-arroz.

5.2 Material e Métodos

Este trabalho foi dividido em dois experimentos envolvendo habilidade competitiva entre cultivares de soja: um conduzido em casa de vegetação (Experimento 1) e o outro em campo (Experimento 2).

Experimento 1 – Caracterização morfológica de cultivares de soja em estádios iniciais de crescimento

O experimento foi instalado em condições de casa de vegetação pertencente ao Departamento de Fitossanidade da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM/UFPEL) em Capão do Leão/RS, no período de dezembro de 2013 à fevereiro de 2014.

A semeadura dos cultivares de soja foi realizado em vasos plásticos com capacidade de 8 L e diâmetro nominal de 23 cm, preenchidos com solo, classificado como Planossolo Hidromórfico Eutrófico solódico, pertencente à unidade de mapeamento Pelotas, com textura franco arenosa (EMBRAPA, 2006). As características físico-químicas do solo foram: pH em água (1:1) = 5,0; CTC pH 7 = 8 cmolc dm^{-3} ; matéria orgânica = 1,52%; argila = 20%, textura = 3; Ca = 3,4 cmolc dm^{-3} ; Mg = 1,3 cmolc dm^{-3} ; Al = 0,7 cmolc dm^{-3} ; P = 4,9 mg dm^{-3} e K = 20 mg dm^{-3} . A correção da acidez e a adubação do solo foram realizadas a partir dos resultados da análise química do solo e de acordo com as indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina (REUNIÃO..., 2012).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, contendo cinco repetições, sendo os tratamentos compostos por dois cultivares de soja [BMX Apolo RR (ciclo superprecoce e estatura baixa) e BMX Potência RR (ciclo médio e estatura alta)]. Semeou-se dez sementes de soja de cada cultivar por vaso, aos dez dias após a semeadura (DAS) foi realizado o desbaste, deixando-se apenas 2 plantas vaso⁻¹ (equivalente a 50 plantas m⁻²).

O índice de velocidade de emergência (IVE) foi calculado através da fórmula proposta por Maguire (1962) conforme a equação (1), onde o E₁, E₂ e E_n foram os números de plântulas emergidas na primeira, segunda, e última contagem,

respectivamente. O N_1 , N_2 e N_n foram os números de dias decorridos até a primeira, segunda e última contagem, respectivamente.

$$IVE = \frac{E_1}{N_1} + \frac{E_2}{N_2} + \dots + \frac{E_n}{N_n} \quad [1]$$

Aos 30, 45 e 60 DAE aferiu-se os valores de estatura, área foliar, matéria seca da parte aérea e de raízes. A estatura de plantas foi determinada com o auxílio de régua milimetrada, mensurando a altura desde rente ao solo até o ápice do último trifólio expandido. Posteriormente as plantas foram coletadas e separadas em parte aérea e radicular, onde primeiramente efetuou-se a determinação da área foliar com utilização de um determinador de área, marca LI-COR, modelo LI-3100 C. Posteriormente, partes aérea e radicular foram acondicionadas em sacos de papel, e as amostras postas para secagem em estufa com circulação de ar forçado em temperatura média de 65 °C. Quando as amostras atingirem peso constante realizou-se a pesagem da matéria seca da parte aérea (MSPA).

Experimento 2 – Habilidade competitiva da soja com capim-arroz à campo

O experimento foi conduzido à campo, no Centro Tecnológico do Chasqueiro, em Arroio Grande (RS), no ano agrícola de 2013/2014. O sistema de cultivo utilizado foi preparo convencional do solo antes da semeadura da cultura. As unidades experimentais foram compostas por parcelas de 16 m² (4m x 4m).

A fim de garantir população uniforme de capim-arroz (*Echinochloa* spp.) realizou-se a semeadura da espécie logo após o preparado mecânico do solo, seguido de gradagem leve para incorporar as sementes ao solo. A semeadura dos cultivares de soja foi realizada após a semeadura do capim-arroz, em 12/2013, visando o estabelecimento de uma população de 300 mil plantas por hectare (30 plantas m⁻²) independente do espaçamento utilizado.

O solo da área experimental é classificado como Planossolo Hidromórfico Eutrófico solódico, pertencente à unidade de mapeamento Pelotas (EMBRAPA, 2006). As características físico-químicas do solo foram: pH em água (1:1) = 5,4; CTC pH 7 = 7,4 cmolc dm⁻³; matéria orgânica = 1,52%; argila = 16%, textura = 4; Ca = 3,6 cmolc dm⁻³, Mg = 1,2 cmolc dm⁻³; Al = 0,3 cmolc dm⁻³; P = 19,4 mg dm⁻³ e K = 88 mg dm⁻³.

A correção da acidez e adubação de base foram realizadas a partir dos resultados da análise química do solo e de acordo com as indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina (REUNIÃO..., 2012). Para isso, realizou-se a aplicação do fertilizante em linha, juntamente com a semeadura, distribuindo-se 350 kg ha⁻¹ da fórmula 5-30-15, o que correspondeu à adição de 15, 90 e 45 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, arranjos em esquema fatorial 2 x 2 x 3, com três repetições. O fator A foi constituído pelos cultivares de soja com características morfológicas distintas [BMX Apolo RR (ciclo superprecoce e estatura baixa) e BMX Potência RR (ciclo médio e estatura alta)]; o fator B correspondeu à condição de competição [ausência ou presença do competidor (capim-arroz)]; e o fator C foi representado pelos espaçamentos entre linhas (30, 45 e 60 cm). O tratamento com a ausência de competidor, foi obtido através da aplicação de glyphosate (1.440 g e.a. ha⁻¹), utilizando-se pulverizador costal, pressurizado a CO₂, munido com pontas do tipo leque (110.015), calibrado para proporcionar volume de calda de 150 L ha⁻¹, sendo esse aplicado no estádio V₆-V₇ da cultura da soja. A população média de capim-arroz presente na área no momento da aplicação equivaleu a 7 plantas m⁻².

Aos 30 DAE aferiu-se a estatura com o auxílio de uma régua milimetrada, através da mensuração da altura desde rente ao solo até o ápice do último trifólio expandido, em 10 plantas por parcela, (apenas na condição livre do competidor). A colheita manual da soja foi realizada aos 150 DAE, com a determinação das seguintes variáveis: peso de cem grãos, número de legumes por plantas e número de grãos por legume, sendo que estes valores foram obtidos pela média de 10 plantas por unidade experimental. Para compor a produtividade de grãos de soja, foi colhida uma área útil de 8,4 m². Na pesagem dos grãos, determinou-se a umidade e, posteriormente, os grãos foram uniformizados para 13% de umidade, determinando-se a produtividade de grãos em kg ha⁻¹.

Para ambos os experimentos (1 e 2) os dados foram testados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro Wilk ($p \geq 0,05$), não sendo necessária a transformação dos dados. Posteriormente, realizou-se a análise de variância pelo teste F e havendo diferença significativa entre os tratamentos, realizou-se os testes de médias. Todos os testes foram efetuados ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

5.3 Resultados e Discussão

Experimento 1 – Caracterização morfológica de cultivares de soja em estádios iniciais de crescimento

Houve diferença no índice de velocidade de emergência (IVE) entre os cultivares de soja testados (tab. 13). O cultivar de ciclo médio BMX Potência RR apresentou maior IVE do que BMX Apolo RR, detentor de ciclo superprecoce.

Tabela 13 - Índice de velocidade de emergência (IVE) de cultivares de soja. FAEM/UFPel, Capão do Leão, RS, 2013/14.

Cultivares	IVE
BMX Apolo RR	0,81 b ¹
BMX Potência RR	0,99 a
CV (%)	14,13

¹ Medias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste T ($p \leq 0,05$).

Destaca-se que plantas que possuem elevada velocidade de emergência associada ao rápido crescimento inicial, utilizam prioritariamente os recursos do meio e, assim, geralmente, tornam-se mais competitivas (FIRBANK; WATKINSON, 1985). Todavia, o rápido crescimento em estádios iniciais da cultura pode estar presente tanto em cultivares de ciclo precoce como de ciclo tardio (JANNINK et al., 2001). Por exemplo, Lamego et al. (2005) identificaram que cultivares de ciclo tardio apresentaram mais rápida velocidade de emergência comparados aos cultivares precoces. Os mesmos autores atribuíram as diferenças de IVE, em especial, aos fatores genéticos dos cultivares, sem desconsiderar, contudo, a interferência exercida por fatores ambientais no processo de maturação das sementes. Esses resultados corroboram com presente estudo, revelando que BMX Potência RR mesmo sendo uma cultivar de ciclo mais tardio comparado a BMX Apolo RR, apresentou rápido crescimento inicial, provavelmente em virtude do maior potencial genético das sementes ou pela melhor qualidade fisiológica das mesmas.

Houve variação na estatura, área foliar, matéria seca da parte aérea e radicular dos cultivares testados (Fig. 4). Para todas as épocas de avaliações, BMX Potência RR apresentou maior estatura comparado a BMX Apolo RR (Fig. 4A), como era esperado em função das características do cultivar. Ressalta-se ainda, que os

cultivares de soja apresentaram aumento contínuo de estatura durante o período de 30 à 60 DAE, com incrementos em torno de 60% e 70% para BMX Apolo RR e BMX Potência RR, respectivamente (Fig. 4A). A estatura de plantas é referida como uma importante ferramenta na habilidade competitiva da cultura da soja com as plantas daninhas principalmente pelo fato dessa característica afetar diretamente a capacidade de interceptação da radiação solar pela cultura (ACCIARESI; CHIDICHIMO, 2007; ZAREA; GHALAVAND; DANESHIAN, 2005).

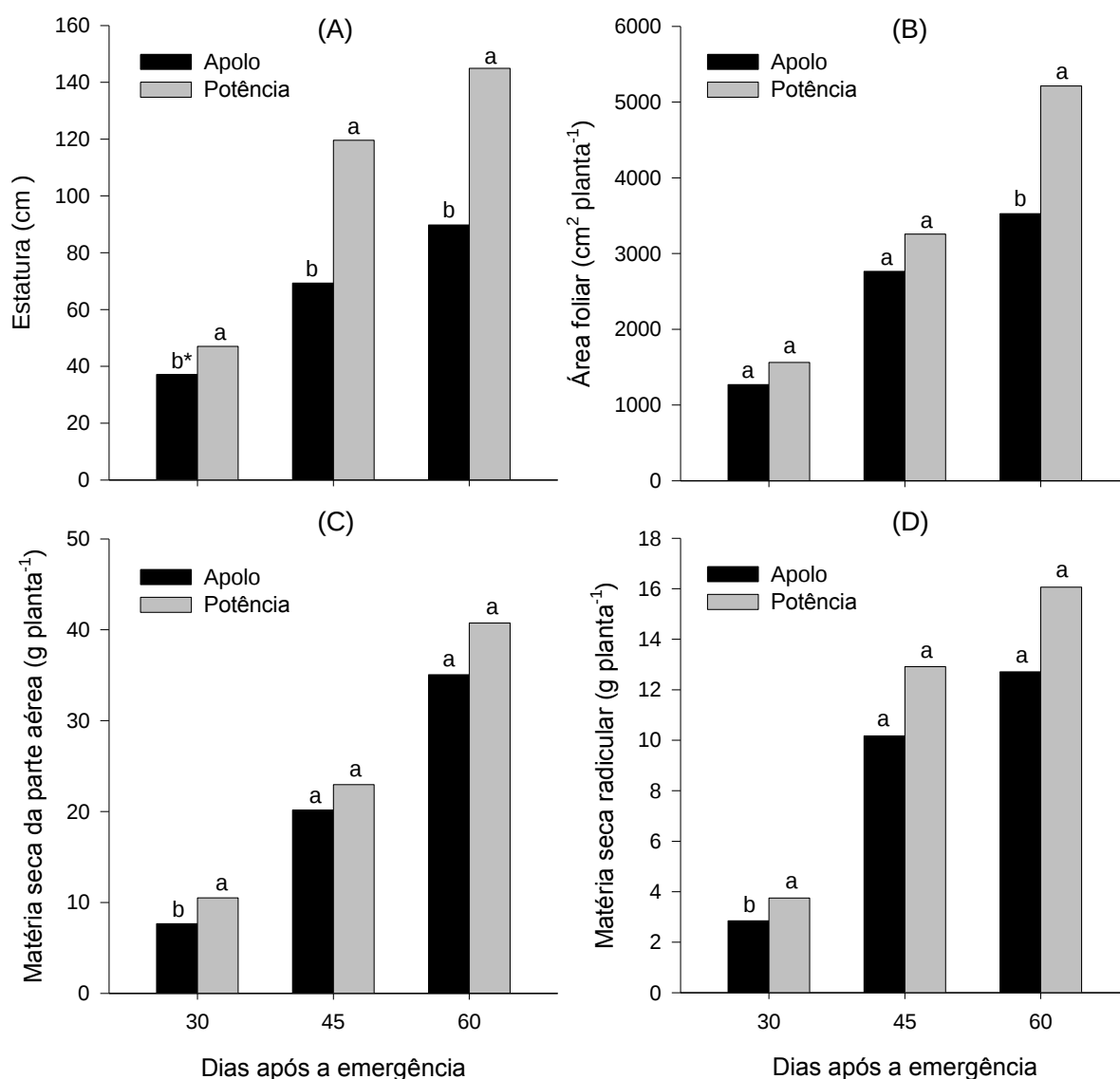


Figura 4 – Estatura (A), área foliar (B), matéria seca da parte aérea (C) e matéria seca radicular (D) de cultivares de soja avaliada aos 30, 45 e 60 dias após a emergência (DAE). FAEM/UFPEL, Capão do Leão, RS, 2013/14. (*Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), e comparam os cultivares dentro de cada época de avaliação).

A área foliar dos cultivares se equivaleu entre si aos 30 e 45 DAE, enquanto que observou-se diferenças significativas entre cultivares apenas aos 60 DAE, onde o incremento em área foliar dos 45 para os 60 DAE para BMX Potência RR foi superior em 32% quando comparado a BMX Apolo RR (Fig. 4B).

A combinação entre estatura elevada de plantas e área foliar determinam, com grande frequência, cultivares com habilidade competitiva superior (CALLAWAY, 1992; DREWS et al., 2009), pois essas características de plantas além da relação direta com a captação de luz também relacionam-se com a capacidade da cultura em sombrear as plantas daninhas (FISCHER; MILES, 1973).

Apenas aos 30 DAE ocorreram diferenças entre os cultivares quanto ao acúmulo de matéria seca da parte aérea (Fig. 4C) e radicular (Fig. 4D), onde BMX Potência RR apresentou maiores valores para essas duas variáveis quando comparada a BMX Apolo RR. Destaca-se ainda que, para o acúmulo de matéria seca da parte aérea os cultivares mantiveram um aumento contínuo durante o período 30 à 60 DAE, com incrementos de 78 e 75% para BMX Apolo RR e BMX Potência RR, respectivamente (Fig. 4C). Por outro lado, no período de 45 à 60 DAE, para matéria seca radicular, ambos cultivares apresentaram baixos incrementos, em torno de 20% (Fig. 4D).

A matéria seca radicular também é referida como importante característica que define a competitividade das culturas, pois grande parte da competição ocorre abaixo do solo e em geral, nessa condição ocorre maior interferência entre plantas, do que quando a disputa se dá acima do solo, onde basicamente as plantas competem por luz (CASPER, JACKSON, 1997).

Geralmente, maior porte de planta exprime maior competitividade da cultura, sendo representado na maioria das vezes pelo acúmulo de matéria seca (BIANCHI et al., 2010). O incremento em estatura de plantas e em área foliar contribui para o aumento da produção da matéria seca da parte aérea, entretanto, neste experimento, apesar das diferenças observadas para os cultivares, constatou-se que a MSPA se equivaleu nos períodos de 45 e 60 DAE (Fig. 4C).

O estabelecimento precoce da cultura através da elevada velocidade de emergência, associada ao rápido crescimento inicial, conferido por investimentos em estatura, área foliar e matéria seca aérea e radicular são algumas características que têm sido diagnosticadas por vários autores, que conferem maior habilidade competitiva da cultura em relação as plantas daninhas (JANNINK et al., 2000;

LAMEGO et al., 2005; MENNAN et al., 2012; PLACE et al., 2011; WORTHINGTON et al., 2013).

Os dados obtidos neste experimento inicial em condições de casa de vegetação demonstraram que embora sendo um cultivar de ciclo médio, BMX Potência RR, possui características desejáveis, que podem conferir a esse cultivar maior habilidade competitiva com plantas daninhas, quando comparado ao cultivar superprecoce BMX Apolo RR. Nesse sentido, ressalta-se que o rápido crescimento em estádios iniciais de crescimento nem sempre é relacionado com cultivares portadoras de ciclo mais precoces, pois depende de um conjunto de fatores. Entre outros, destaca-se o potencial genético do material, as condições climáticas no ambiente de cultivo, além da qualidade fisiológica das sementes, esta última estritamente relacionada com as condições do ambiente em que ocorreu a formação e maturação das sementes (JANNINK et al., 2001; LAMEGO et al., 2005; PLACE et al., 2011).

Experimento 2 – Habilidade competitiva da soja com capim-arroz

A análise dos dados demonstrou interação ($p \leq 0,05$) entre cultivares e espaçamento entre linhas quanto à variável estatura de plantas, essa avaliada aos 30 DAE somente sob a condição de ausência do competidor (tab. 14). À campo, o cultivar BMX Apolo RR apresentou, em média, estatura inferior à cultivar BMX Potência RR, com diferença significativa apenas no espaçamento de 60 cm, quando também se observou para BMX Apolo RR menor estatura comparado ao espaçamento de 45 cm). Por outro lado, a estatura de planta do cultivar BMX Potência RR demonstrou não ser afetada por variações nos espaçamentos entre linhas.

Tabela 14 - Estatura de plantas de cultivares de soja (BMX Apolo RR e BMX Potência RR), em função da variação do espaçamento entre linhas, 30 dias após a emergência (DAE) da cultura da soja na ausência da planta competidora. Centro Tecnológico do Chasqueiro, Arroio Grande, RS, 2013/14.

Espaçamento (cm)	Estatura de planta (cm)			
	BMX Apolo RR		BMX Potência RR	
30	22,75	Aab ¹	26,43	Aa
45	23,87	Aa	24,80	Aa
60	20,30	Bb	26,90	Aa
CV(%)	6,94			

¹Médias seguidas por letras iguais maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Os valores encontrados neste experimento estão de acordo com o experimento em casa de vegetação, onde aos 30 DAE, BMX Potência RR, possuiu, em média, altura superior ao cultivar superprecoce BMX Apolo RR. No entanto, diferença entre cultivares ocorreu apenas no maior espaçamento, provavelmente em decorrência do espaçamento de 60 cm promover a menor estatura para o cultivar BMX Apolo RR, quando comparado aos demais espaçamentos entre linhas. O aumento do espaçamento entre linhas promove maior competição intraespecífica entre plantas da própria cultura na linha, devido ao aumento da densidade de plantas na linha (BIANCHI et al., 2010; HEIFFIG et al., 2006); assim podendo afetar diretamente características relacionadas ao crescimento de plantas, como a estatura de plantas, bem como a produtividade dos grãos.

As plantas de soja portadoras de estatura elevada e ciclo tardio possuem maior habilidade competitiva com plantas daninhas, quando comparadas aos cultivares de ciclo precoce e detentoras de porte baixo (LAMEGO et al., 2004). Nesse sentido, em função das características morfológicas do cultivar BMX Potência RR, principalmente estatura de plantas elevada e ciclo de desenvolvimento médio, esperava-se que em situação de competição com plantas daninhas, BMX Potência RR assumisse destaque quanto à habilidade competitiva, quando comparado a BMX Apolo RR.

Em relação aos componentes da produtividade, número de legumes por planta, número de grãos por legume e produtividade de grãos, não ocorreu interação ($p \leq 0,05$) entre os fatores analisados (cultivares, condição de competição e

espaçamento entre linhas) (tab. 15). Entretanto, para o peso de 100 grãos houve interação apenas entre cultivares e condição de competição (tab. 16).

Tabela 15 - Valores médios de produtividade de grãos (kg ha^{-1}), número de legumes planta⁻¹, número de grãos legume⁻¹, em função do espaçamento entre linhas, das cultivares de soja (BMX Apolo RR e BMX Potência RR) e da condição de competição. Centro Tecnológico do Chasqueiro, Arroio Grande, RS, 2013/14.

Tratamentos	Nº legumes planta ⁻¹	Nº grãos legume ⁻¹	Produtividade de grãos (kg ha^{-1})
<i>Espaçamento</i>			
30	32,93 ^{ns}	2,07 ^{ns}	1.439 a ¹
45	34,74	2,22 ^{ns}	1.243 ab
60	30,63	2,10 ^{ns}	1.117 b
<i>Cultivares</i>			
BMX Apolo RR	34,47 ^{ns}	2,05 ^{ns}	1.423 a
BMX Potência RR	31,07	2,21 ^{ns}	1.109 b
<i>Competição</i>			
Ausente	43,46 a	2,18 ^{ns}	1.865 a
Presente	22,08 b	2,09 ^{ns}	668 b
CV(%)	28,08	7,52	17,13

¹Médias seguidas por letras iguais, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ^{ns} Médias não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Tabela 16 - Valores médios de peso de 100 grãos (g) de cultivares de soja (BMX Apolo RR e BMX Potência RR) em função da convivência com plantas da espécie competidora capim-arroz (*Echinochloa* spp.). Centro Tecnológico do Chasqueiro, Arroio Grande, RS, 2013/14.

Cultivar	Condição de Competição	
	Ausência do Competidor	Presença do Competidor
BMX Apolo RR	16,90 Aa ¹	14,39 Ba
BMX Potência RR	13,47 Ab	12,95 Ab
CV(%)	7,54	

¹Médias seguidas por letras iguais maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Em média, os cultivares apresentaram maior produtividade de grãos quando no menor espaçamento entre linhas analisado (30 cm), equivalente a 1.439 kg ha^{-1} , o que representa 14% a mais que o espaçamento de 45 cm e 22% a mais que o de 60 cm (tab. 15). Por outro lado, o número de legumes por planta e o número de grãos por legume não foram afetados pela variação no espaçamento (tab. 15).

A utilização de espaçamentos reduzidos entre linhas das culturas promove incrementos na produtividade de grãos, em especial para a soja. Diversos trabalhos têm confirmado a importância dessa prática de manejo (BIANCHI et al. 2010; MALECK

et al., 2012; MONDAL et al., 2014; WELLS, REBERG-HORTON; MIRSKY, 2014). Esse resultado deve-se à distribuição mais uniforme das plantas na área, melhorando dessa forma a interceptação da luz pelas folhas das plantas (ZHOU; CHEN; OUYANG, 2011) e promovendo melhor arranjo espacial das raízes no solo (ACCIARESI; CHIDICHIMO, 2007).

Especialmente para a soja, já foi identificado que o cultivo em espaçamentos entre fileiras mais reduzidos, além de aumentar a habilidade competitiva da cultura da soja com capim-arroz e incrementar a produtividade dos grãos, é um sistema de cultivo com potencial de reduzir a infestação de plantas daninhas a um nível capaz de se obter elevadas produtividades de grãos para a cultura da soja (SACCOL et al., 1993; SACCOL; ESTEFANEL, 1995).

A análise dos cultivares demonstrou que, em média, BMX Apolo RR obteve a maior produtividade de grãos, sendo 22% mais produtiva quando comparada com BMX Potência RR (tab. 15). No mesmo sentido, também apresentou maior peso de 100 grãos, tanto na ausência, quanto na presença da planta daninha (tab. 16).

A observação da interação entre cultivares e condição de competição, demonstra que BMX Potência RR apresentou peso de 100 grãos inferiores a cultivar BMX Apolo RR, nas duas situações de convivência, no entanto, apenas BMX Apolo RR reduziu os valores dessa variável na convivência com a planta daninha (tab. 16).

O cultivar BMX Potência RR, em períodos iniciais de crescimento (30–60 DAE), demonstrou importantes características morfológicas que aliadas ao seu ciclo de crescimento mais tardio, teoricamente estariam relacionadas à maior habilidade competitiva em relação ao cultivar superprecoce BMX Apolo RR (tab. 13; Fig. 15). Entre essas características destaca-se a superioridade na velocidade de germinação, estatura de plantas superior, maior área foliar, e elevada produção de matéria seca da parte aérea e radicular (Exp. 1). Essas características morfológicas, entre outras, já foram relatadas por outros autores como indicativo de superioridade competitiva com plantas daninhas, inclusive para a cultura da soja (BIANCHI et al., 2011; LAMEGO et al., 2004; SAITO; FUTAKUCHI, 2014; TREZZI, et al., 2013; WORTHINGTON et al., 2013; WORTMANN, 1993).

Apesar das características destacadas anteriormente pelo cultivar BMX Potência RR, em média BMX Apolo RR apresentou maior produtividade de grãos. Diante desse cenário algumas hipóteses foram destacadas neste estudo que resultaram em maior produtividade por parte do cultivar BMX Apolo RR: (1)

características genéticas do cultivar de alto potencial produtivo; (2) maior tolerância ao alagamento e aos solos de terras baixas; (3) baixa infestação do competidor (capim-arroz); e (4) floração mais tardia do cultivar BMX Potência RR, coincidindo com período chuvoso no ano agrícola do experimento.

Em trabalho desenvolvido por Trezzi et al. (2013), observou-se que o cultivar de soja superprecoce BMX Apolo RR, na ausência de competidor, apresentou alto potencial produtivo se equivalendo ao cultivar de ciclo médio BRS 232; porém na condição de competição com plantas de *Conyza bonariensis*, BMX Apolo RR reduziu consideravelmente sua produtividade de grãos. Esses resultados confirmam o alto potencial produtivo da BMX Apolo RR, assim provavelmente a população média de 7 plantas m⁻² de capim-arroz (dados não apresentados) na área não foi suficiente para diferir entre os cultivares, ou seja, talvez em uma condição de maior população de plantas daninhas, pelas suas características morfológicas, BMX Potência RR poderia apresentar maior produtividade de grãos quando comparada a BMX Apolo RR.

O cultivar BMX Apolo RR é descrito como cultivar que apresenta tolerância moderada ao excesso hídrico, tendo boa aceitação pelos sojicultores de terras baixas do RS; inclusive, ensaios avaliando a tolerância de cultivares de soja à inundação, comprovaram que essa é mais tolerante ao alagamento em relação a vários cultivares comerciais, incluindo BMX Potência RR (LANGE; VEDELAGO, 2012). Ainda, as médias diárias de precipitação pluvial demonstram altos índices de chuvas ocorridos a partir do início de fevereiro de 2014 (dados não mostrados), o que coincidiu justamente com o período de floração e enchimento de grãos. Dessa forma, BMX Apolo RR, por ser mais tolerante ao excesso hídrico, pode ter assumido vantagem em relação a BMX Potência RR, e retornado em maior produtividade de grãos.

Outro ponto importante a se destacar foi a ocorrência de período de estresse hídrico no mês de dezembro, com ausência de precipitação pluviométrica (dados não mostrados) nos estádios iniciais de crescimento, ou seja, período onde o potencial produtivo da cultura começa a ser definido. Existe cultivares de soja que possuem elevada capacidade de manter seu metabolismo e potencial produtivo, mesmo em condições de déficit hídrico de alta intensidade (FIOREZE et al., 2011), da mesma forma que cultivares diferem em relação a tolerância ao alagamento (LANGE; VEDELAGO, 2012).

A convivência dos cultivares de soja com plantas de capim-arroz durante todo o ciclo de desenvolvimento causou redução na produtividade de grãos, em média,

equivalente a 64%, enquanto que o número de legumes por planta foi reduzido em torno de 50% nessa mesma condição (tab. 15). Similarmente, a presença do competidor reduziu o peso de 100 grãos do cultivar BMX Apolo RR (tab. 16).

O capim-arroz é citado como planta daninha de ciclo C_4 , altamente competitiva em lavouras de arroz irrigado, que pode disputar os recursos do meio mesmo em condições de estresse hídrico (GALON et al., 2007a), conforme foi observado durante o período inicial deste experimento. O período crítico de competição do capim-arroz com a soja varia entre 20 e 50 dias após a emergência da soja, de maneira que o rendimento de grãos decresce proporcionalmente com o aumento do período de competição do capim-arroz com a cultura (SACCOL et al., 1993).

A soja é uma cultura de ciclo C_3 , que embora apresente ampla plasticidade fenotípica, sua produtividade é afetada quando conviver todo o ciclo com plantas competidoras de capim-arroz. A redução do espaçamento entre linhas é uma prática cultural com potencial de reduzir a competição com plantas daninhas, bem como, promover o incremento da produtividade de grãos da soja. Contudo, ainda ressalta-se que, a vantagem em utilizar cultivar mais competitiva reside, principalmente, em sua habilidade competitiva inicial (período vegetativo), pois é durante esse período que se estabelecem as relações de competição que mais afetam a produtividade de grãos de soja (BIANCHI et al., 2006). Entretanto, verificou-se neste estudo que o cultivar que apresentou características de elevada habilidade competitiva em períodos iniciais de crescimento não retornou em maior produtividade de grãos, presumindo-se que a resposta da habilidade competitiva da cultura é dependente de outros fatores, como, as características do cultivar, densidade da planta daninha na área e condições climáticas.

Por fim, é necessária a associação de técnicas de manejo como arranjo espacial de plantas, juntamente à escolha e cultivares mais competitivos, que favoreçam o crescimento da soja em áreas tradicionais de arroz irrigado, buscando também reduzir a dependência exclusiva de herbicidas para o controle de plantas daninhas como capim-arroz.

5.4 Conclusões

O cultivar BMX Potência RR, de ciclo médio, apresenta características morfológicas que inferem habilidade competitiva superior com plantas daninhas de

capim-arroz em períodos iniciais de crescimento, quando comparado ao cultivar superprecoce BMX Apolo RR;

A cultivar de soja BMX Apolo RR apresentou maior produtividade de grãos quando comparado a BMX Potência RR;

A prática de redução do espaçamento entre linhas em soja cultivada em terras baixas, incrementa a produtividade dos grãos.

6. CONCLUSÕES GERAIS

Temperatura baixa (15°C) e ausência de luz retardam a germinação de sementes de capim-arroz mesmo após 1 ano da dispersão no campo;

Plântulas de capim-arroz demonstram respostas semelhantes da síndrome de escape do sombreamento quando em convivência inicial com plantas de cultivares de soja distintas morfológicamente, sendo que a soja é capaz de alterar sua estatura de planta e a orientação dos trifólios;

Cultivares de soja distintas como BMX Apolo RR e BMX Potência RR competem de forma similar com plantas de capim-arroz, sendo a competição intraespecífica mais importante para o capim-arroz do que a competição com a soja;

O cultivar de soja BMX Potência RR apresenta características de planta que inferem em habilidade competitiva superior com plantas daninhas.

A germinação do capim-arroz é reduzida em condições de baixas temperaturas e na ausência de luz, enquanto que a soja é afetada negativamente pela convivência com a planta daninha mesmo sob condições onde a competição ainda não foi estabelecida. A partir do momento em que ocorre a disputa por recursos do meio, soja e o capim-arroz competem de forma similar, no entanto, a produtividade de grãos da cultura é reduzida quando em convivência com essa planta daninha durante todo o ciclo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACCIARESI, H.A.; CHIDICHIMO, H.O. Spatial pattern effect on corn (*Zea mays*) weeds competition in the humid Pampas of Argentina. **International Journal of Pest Management**, v. 53, n. 3, p. 195-206, 2007.

ACCIARESI, H.A.; GUIAMET, J.J. Below- and above-ground growth and biomass allocation in maize and *Sorghum halepense* in response to soil water competition. **Weed Research**, v. 50, n. 5, p. 481-492, 2010.

AFIFI, M.; SWANTON, C. Early physiological mechanisms of weed competition. **Weed Science**, v. 60, n. 4, p. 542-551, 2012.

AFIFI, M.; SWANTON, C. Maize seed and stem roots differ in response to neighbouring weeds. **Weed Research**, v. 51, n. 5, p. 442-450, 2011.

AGOSTINETTO, D.; DAL MAGRO, T.; GALON, L.; MORAES, P.V.D.; TIRONI, S.P. Respostas de cultivares de soja transgênica e controle de plantas daninhas em função de épocas de aplicação e formulações de glyphosate. **Planta Daninha**, v. 27, n. 4, p. 739-746, 2009.

AGOSTINETTO, D.; FONTANA, L.C.; VARGAS, L.; MARKUS, C.; OLIVEIRA, E. Habilidade competitiva relativa de milho em convivência com arroz irrigado e soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 10, p. 1315-1322, 2013.

AGOSTINETTO, D.; FONTANA, L.C.; VARGAS, L.; PERBONI, L.T.; POLIDORO, E.; SILVA, B.M. Competition periods of crabgrass with rice and soybean crops. **Planta Daninha**, v.32, n.1, p.31-38, 2014.

AGOSTINETTO, D.; GALON, L.; MORAES, P.V.D.; RIGOLI, R.P.; TIRONI, S.P.; PANOZZO, L.E. Competitividade relativa entre cultivares de arroz irrigado e biótipo de capim-arroz (*Echinochloa* spp.). **Planta Daninha**, v. 26, n. 4, p. 757-766, 2008.

AGOSTINETTO, D.; GALON, L.; SILVA, J.M.B.V.; TIRONI, S.P.; ANDRES, A. Interferência e nível de dano econômico de capim-arroz sobre o arroz em função do arranjo de plantas da cultura. **Planta Daninha**, v. 28, n. esp., p. 993-1003, 2010.

ALMEIDA, M.L.; MUNDSTOCK, C.M. A qualidade da luz afeta o afilhamento em plantas de trigo quando cultivados sob competição. **Ciência Rural**, v. 31, n. 3, p. 401-408, 2001.

ALMEIDA, M.L.; MUNDSTOCK, C.M. O afilhamento de aveia afetado pela qualidade da luz em plantas sob competição. **Ciência Rural**, v. 31, n. 3, p. 393-400, 2001.

AMINPANA, H.; JAVADI, M. Competitive ability of two rice cultivars (*Oryza sativa* L.) with barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* (L.) p. Beauv.) in a replacement series study. **Advances in Environmental Biology**, v. 5, n. 9, p. 2669-2675, 2011.

AMINPANA, H.; SHARIFI, P.; FIROUZI, S. Interference interactions of two species of *Echinochloa* genus with rice. **Chilean journal of agricultural research**, v. 72, n. 3, p. 364-370, 2012.

BALBINOT JR., A.A.; FLECK, N.G. Competitividade de dois genótipos de milho (*Zea mays*) com plantas daninhas sob diferentes espaçamentos entre fileiras. **Planta Daninha**, v. 23, n. 3, p. 415-421, 2005.

BALLARÉ, C.L. Illuminated behaviour: phytochrome as a key regulator of light foraging and plant anti-herbivore defence. **Plant Cell and Environment**, v. 32, n. 6, p. 713-725, 2009.

BALLARÉ, C.L.; CASAL, J.J. Light signals perceived by crop and weed plants. **Field Crops Research**, v. 67, n. 2, p. 149-160, 2000.

BARREIRO, R.; GUIAMÉT, J.J.; BELTRANO, J.; MONTALDI, E.R. Regulation of the photosynthetic capacity of primary bean leaves by the red:far-red ratio and photosynthetic photon flux density of incident light. **Physiologia Plantarum**, v. 85, n. 1, p. 97-101, 1992.

BEWLEY, D. J. Seed germination and dormancy. **The Plant Cell**, v. 9, n. 7, p. 1055-1066, 1997.

BIANCHI, M.A.; FLECK, N.G.; AGOSTINETTO, D.; RIZZARDI, M.A. Interferência de *Raphanus sativus* na produtividade de cultivares de soja. **Planta Daninha**, v. 29, n. 4, p. 783-792, 2011.

BIANCHI, M.A.; FLECK, N.G.; LAMEGO, F.P.; AGOSTINETTO, D. Papéis do arranjo de plantas e do cultivar de soja no resultado da interferência com plantas competidoras. **Planta Daninha**, v. 28, n. esp., p. 979-991, 2010.

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**, v. 36, n. 5, p. 1380-1387, 2006.

BIANCHI, M.A.; FLECK, N.G.; FEDERIZZI, L.C. Características de plantas de soja que conferem habilidade competitiva com plantas daninhas. **Bragantia**, v. 65, n. 4, p. 623-632, 2006.

BOSCARDIN, D.C.; ROMAN, E.S.; RODRIGUES, O.; VARGAS, L. Uso de modelo mecanístico na previsão da emergência de capim arroz (*Echinochloa crus-galli*). **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 5, n. 3, p. 64-71, 2006.

BOYD, N.; ACKER, R.V. Seed germination of common weed species as affected by oxygen concentration, light, and osmotic potential. **Weed Science**, v. 52, n. 4, p. 589-596, 2004.

BRASIL - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), [2015]. **Soja**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/soja>>. Acesso em: 25 mar. 2015.

BRASIL - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Regras para análise de sementes (RAS)**. 1. ed. Brasília: Mapa, 2009. 399 p.

BUTLER, T. J.; CELEN, A. E.; WEBB, S. L.; KRSTIC, D.; INTERRANTE, S. M. Temperature affects the germination of forage legume seeds. **Crop science**, v. 54, p. 2846–2853, 2014.

CAHILL JR, J.F. Lack of relationship between below-ground competition and allocation to roots in 10 grassland species. **Journal of Ecology**, v. 91, n. 4, p. 532–540, 2003.

CALLAWAY, M.B. A compendium of crop varietal tolerance to weeds. **American Journal of Alternative Agriculture**, v. 7, n. 4, p. 169-180, 1992.

CASPER, B.B.; JACKSON, R.B. Plant competition underground. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 28, n. 1, p. 545–70, 1997.

CHAUHAN, B.S. Shade reduces growth and seed production of *Echinochloa colona*, *Echinochloa crus-galli*, and *Echinochloa glabrescens*. **Crop Protection**, v. 43, n. 1, p. 241-245, 2013.

CHAUHAN, B.S.; JOHNSON, D.E. Ecological studies on *Echinochloa crus-galli* and the implications for weed management in direct-seeded rice. **Crop Protection**, v. 30, n. 11, p. 1385–1391, 2011.

CHAUHAN, B.S.; JOHNSON, D.E. Seed germination ecology of junglerice (*Echinochloa colona*): a major weed of rice. **Weed Science**, v. 57, n. 3, p. 235-240. 2009.

CONAB. 6º Levantamento Grãos - Safra 2014/15, [2015]. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_03_11_14_07_48_boletim_graos_marco_2015.pdf>. Acessado em: 25 mar. 2015.

CONCENÇO, G.; SANT'ANNA, S.J.; SCHWANKE, A.M.L.; GALON, L.; FERREIRA, E.A.; ASPIAZÚ, I.; SILVA, A.F.; FERREIRA, F.A. Uso da água por plantas híbridas ou convencionais de arroz Irrigado. **Planta Daninha**, v. 27, n. 3, p. 447-453, 2009.

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

COUSENS, R.; O'NEILL, M. Density dependence of replacement series experiments. **Oikos**, v. 66, n. 2, p. 347- 352, 1993.

CRESSMAN, S.T.; PAGE, E.R.; SWANTON, C.J. Weeds and the red to far-red ratio of reflected light: Characterizing the influence of herbicide selection, dose, and weed species. **Weed Science**, v. 59, n. 3, p. 424-430, 2011.

DIAS, A.C.R.; CARVALHO, S.J.P.; MARCOLINI, L.W.; MELO, M.S.C.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Competitiveness of alexandergrass or bengal dayflower with soybean. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3, p. 515-522, 2010.

DREWS, S.; NEUHOFF, D.; KÖPKE, U. Weed suppression ability of three winter wheat varieties at different row spacing under organic farming conditions. **Weed Research**, v. 49, n. 5, p. 526-533, 2009.

DUSABUMUREMYI, P.; NIYIBIGIRA, C.; MASHINGAIDZE, A.B. Narrow row planting increases yield and suppresses weeds in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in a semi-arid agro-ecology of Nyagatare, Rwanda. **Crop protection**, v. 64, n. 4, p. 13-18, 2014.

EDMOND, J.B.; DRAPALA, W.J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seed. **Proceedings of the American Society Horticultural Science**, v. 71, n. 2, p. 428- 434, 1958.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

FANADZO, M.; CHIDUZA, C.; MNKENI, P.N.S. Effect of inter-row spacing and plant population on weed dynamics and maize (*Zea mays* L.) yield at Zanyokwe irrigation scheme, Eastern Cape, South Africa. **African Journal of Agricultural Research**, v. 5, n. 7, p. 518-523, 2010.

FIGUEIREDO, S.L.; PIVETTA, L.G.; FANO, A.; MACHADO, F.R.; GUIMARÃES, V.F. Comportamento de genótipos de soja submetidos a déficit hídrico intenso em casa de vegetação. **Revista Ceres**, v. 58, n. 3, p. 342-349, 2011.

FIRBANK, L.G.; WATKINSON, A.R. On the analysis of competition within two-species mixtures of plants. **Journal of Applied Ecology**, v. 22, n. 2, p. 503-517, 1985.

FISCHER, R.A.; MILES, R.E. The role of spatial pattern in the competition between crop plants and weeds: a theoretical analysis. **Mathematical Biosciences**, v. 18, n. 4, p. 335-350, 1973.

FLECK, N.G.; AGOSTINETTO, D.; GALON, L.; SCHAEDELER, C.E. Competitividade relativa entre cultivares de arroz irrigado e biótipo de arroz-vermelho. **Planta Daninha**, v. 26, n. 1, p.101-111, 2008.

GALON, L.; AGOSTINETTO, D.; MORAES, P.V.D.; TIRONI, S.P.; DAL MAGRO, T. Estimativa das perdas de produtividade de grãos em cultivares de arroz (*Oryza sativa*) pela interferência do capim-arroz (*Echinochloa* spp.). **Planta Daninha**, v. 25, n. 4, p. 697-707, 2007.

GALON, L.; GUIMARÃES, S.; LIMA, A.M.; RADUNZ, A.L.; BEUTLER, A.N.; BURG, G.M.; ZANDONÁ, R.R.; PERIN, G.F.; BASTIANI, M.O.; BELARMINO, J.G.; RADUNZ, L.L. Interação competitiva de genótipos de arroz e papuã. **Planta Daninha**, v. 32, n. 3, p. 533-542, 2014.

GALON, L.; PINTO, J.J.O.; AGOSTINETTO, D.; DAL MAGRO, T. Controle de plantas daninhas e seletividade de herbicidas à cultura da soja, aplicados em dois volumes de calda. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 13, n. 3, p. 325-330, 2007.

GEALY, D.R.; ESTORNINOS JR, L.E.; GBUR, E.E.; CHAVEZ, R.S.C. Interference interactions of two rice cultivars and their F3 cross with barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in a replacement series study. **Weed Science**, v. 53, n. 3, p. 323-330, 2005.

GHANIZADEH, H.; LORZADEH, S.; ARYANNIA, N. Effect of weed interference on *Zea mays*: Growth analysis. **Weed Biology and Management**, v. 14, n. 2, p. 133-137, 2014.

GIBSON, K.D.; FISHER, A.J.; FOIN, T.C.; HILL, J.E. Implications of delayed *Echinochloa* spp. germination and duration of competition for integrated weed management in water-seeded rice. **Weed Research**, v. 42, n. 5, p. 351-358, 2002.

GIRARDIN, P.H.; TOLLENAAR, M. Effects of intraspecific interference on maize leaf azimuth. **Crop Science**, v. 34, n. 1, p. 151-155, 1994.

GREEN-TRACEWICZ, E.; PAGE, E.R.; SWANTON, C.J. Light quality and the critical period for weed control in soybean. **Weed Science**, v. 60, n. 1, p. 86-91, 2012.

GUILLEMIN, J.P.; GARDARIN, A.; GRANGER, S.; REIBEL, C.; MUNIER-JOLAIN, N.; COLBACH, N. Assessing potential germination period of weeds with base temperatures and base water potentials. **Weed Research**, v. 53, n. 1, p. 76-87, 2013.

HAMILL, A. S.; HOLT, J. S.; MALLORY-SMITH, C.A. Contributions of Weed Science to Weed Control and Management. **Weed Technology**, v. 18, n. esp., p. 1563-1565, 2004.

HAN, Y.J.; SONG, P.S.; KIM, J. Phytochrome-mediated photomorphogenesis in plants. **Journal of Plant Biology**, v. 50, n. 3, p. 230-240, 2007.

HARKER, K.N.; O'DONOVAN, J.T. Recent Weed Control, Weed Management, and Integrated Weed Management. **Weed Technology**, v. 27, n. 1, p. 1-11, 2013.

HARPER, J.L. **The population biology of plants**. 1. ed. London: Academic Press, 1977. 275 p.

HEIFFIG, L.S.; CÂMARA, G.M.S.; MARQUES, L.A.; PEDROSO, D.B.; PIEDADE, S.M.S. Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**, v. 65, n. 2, p.285-295, 2006.

HERAUT-BRON, V.; ROBIN, C.; VARLET-GRANCHER, C.; AFIF, D.; GUCKERT, A. Light quality (red:far-red ratio): does it affect photosynthetic activity, net CO₂ assimilation, and morphology of young white clover leaves? **Canadian Journal of Botany**, v. 77, n. 10, p. 1425–1431, 1999.

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

HONEK, A.; MARTINKOVA, Z.; JAROSIK, V. Annual cycles of germinability and differences between primary and secondary dormancy in buried seeds of *Echinochloa crus-galli*. **Weed Research**, v. 39, n. 1, p. 69-79, 1999.

IRGA - INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ. Soja em rotação com arroz. [2014]. Disponível em: <http://www.irga.rs.gov.br/conteudo/4215/safras>. Acesso em: 10 jan. de 2015.

JANNINK, J. L.; ORFB, J.H.; JORDANB, N.R.; SHAWC, R.G. Index selection for weed suppressive ability in soybean. **Crop Science**, v. 40, n. 4, p. 1087-1094, 2000.

JANNINK, J.L.; JORDAN, N.R.; ORF, J.H. Feasibility of selection for high weed suppressive ability in soybean: Absence of tradeoffs between rapid initial growth and sustained later growth. **Euphytica**, v. 120, n. 2, p. 291-300, 2001.

JENSEN, P.J.; HANGARTER, R.P.; ESTELLE, M. Auxin transport is required for hypocotyl elongation in light-growth but not dark-growth *Arabidopsis*. **Plant Physiology**, v. 116, n. 2, p. 455-462, 1998.

KEELEY, P.E.; THULLEN, R.J. Growth and interaction of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) with cotton (*Gossypium hirsutum*). **Weed Science**, v. 39, n. 3, p. 369–375, 1991.

KELLER, M.M.; JAILLAIS, Y.; PEDMALE, U.V.; MORENO, J.E.; CHORY, J.; BALLARÉ, C.L. Cryptochrome 1 and phytochrome B control shade-avoidance responses in *Arabidopsis* via partially-independent hormonal cascades. **Plant Journal**, v. 67, n. 2, p. 195–207, 2011.

KENDRICK, R.E.; KRONENBERG, G.H.M. **Photomorphogenesis in plants**. 2. ed. Dordrecht: Academic publishers, 1994. 828 p.

KEVEI, E.; SCHAFER, E.; NAGY, F. Light-regulated nucleo-cytoplasmic partitioning of phytochromes. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, n. 12, p. 3113-3124, 2007.

KISSMANN, K. G.; **Plantas infestantes e nocivas**. TOMO I. 3ª ED. São Paulo: Basf Brasileira S. A., 2007. CD-ROM.

KOGER, C. H.; REDDY, K. N.; SHAW, D. R. Effects of rye cover crop residue and herbicides on weed control in narrow and wide row soybean planting systems. **Weed Biology and Management**, v. 2, n. 4, p. 216-224, 2002.

KUCEWICZ, M. Ecophysiological conditions of germination of barnyard grass [*Echinochloa crus-galli* (L.) p. beauv.] diaspores. **Jounarl of Plant Protection research**, v. 46, n. 1, p. 73-84, 2006.

LAMEGO, F.P. FLECK, N.G.; BIANCHI, M.A.; VIDAL, R.A. Tolerância à interferência de plantas competidoras e habilidade de supressão por cultivares de soja – I. Resposta de variáveis de crescimento. **Planta Daninha**, v. 23, n. 3, p.405-414, 2005.

LAMEGO, F.P.; FLECK, N.G.; BIANCHI, M.A.; SCHAEDELER, C.E. Tolerância à interferência de plantas competidoras e habilidade de supressão por genótipos de soja – II respostas de variáveis de produtividade. **Planta Daninha**, v. 22, n. 4, p. 491-498, 2004.

LANGE, C.E.; VEDELAGO, A. Avaliação da reação de cultivares comerciais de soja ao excesso hídrico, safra 2011/12. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 39., 2012, Passo Fundo. **Atas e resumos...** Passo Fundo: Embrapa Trigo 2012. p. 52-55.

LANGE, C.E.; VEDELAGO, A.; STECKLING, C.; ROVERSI, T. Nova cultivar de soja TECIRGA 6070 RR foi desenvolvida para o cultivo em solos arrozeiros gaúchos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 8., 2013, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM 2013. p. 1076-1079.

LIU, J.G.; MAHONEY, K.J, SIKKEMA, P.H.; SWANTON, C.J. The importance of light quality in crop–weed competition. **Weed Research**, v. 49, n. 2. p. 217–224, 2009.

LIU, W., TOLLENAARA, M.; STEWARTB, G.; DEEN, W. Response of corn grain yield to spatial and temporal variability in emergence. **Crop Science**, v. 44, p. 847–854, 2004.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

MALEK, M.A.; SHAFIQUZZAMAN, M.; RAHMAN, M.S.; ISMAIL, M.R; MONDAL, M.M.A. Standardization of soybean row spacing based on morpho-physiological characters. **Legume Research**, v. 35, n. 2, p.138–143, 2012.

MARTINKOVA, Z.; HONEK, A.; LUKAS, J. Seed age and storage conditions influence germination of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). **Weed Science**, v. 54, n. 2, p. 298-304, 2006.

MENNAN, H.; NGOUAJIO, M.; SAHIN, M.; ISIK, D.; ALTOP, E. K. Competitiveness of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars against *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. in water-seeded production systems. **Crop Protection**, v. 41, n. 1, p. 1-9, 2012.

MEROTTO JR., A. VIDAL, R.A.; FLECK, N.G.; ALMEIDA, M.L. Interferência das plantas daninhas sobre o desenvolvimento inicial de plantas de soja e arroz através da qualidade da luz. **Planta Daninha**, v. 20, n. 1, p. 9-16, 2002.

MEROTTO JR., A.; FISCHER, A.J.; VIDAL, R. Perspectives for using light quality knowledge as an advanced ecophysiological weed management tool. **Planta Daninha**, v. 27, n. 2, p. 407-419, 2009.

MERTZ, L.C.; HENNING, F.A.; SOARES, R.C.; BALDIGA, R.F.; PESKE, F.B.; DE MORAES, D.M. Alterações fisiológicas em sementes de arroz expostas ao frio na fase de germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 2, p. 254-262, 2009.

MISSIO, E.L.; RUBIN, S.A.L.; GABE, N.L.; OZELAME, J.G. Desempenho de genótipos de soja em solo hidromórfico de várzea. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.16, n.1, p.23-29, 2010.

MONDAL, M.M.A.; PUTEH, A.B.; KASHEM, M.A., HASAN, M.M. Effect of plant density on canopy structure and dry matter partitioning into plant parts of soybean (*Glycine max*). **Life Sciences**, v. 11, n. 3, p. 67-74, 2014.

MORAES, P.V.D.; AGOSTINETTO, D.; GALON, L.; RIGOLI, R.P. Competitividade relativa de soja com arroz-vermelho. **Planta Daninha**, v. 27, n. 1, p. 35-40, 2009.

MORTENSEN, D.A.; BASTIAANS, L.; SATTIN, M. The role of ecology in the development of weed management systems: an outlook. **Weed Research**, v. 40, n. 1, p. 49-62, 2000.

O'DONOVAN, J. T.; REMY, E.A.S.; O'SULLIVAN, P.A.; DEW, D.A.; SHARMA, A.K. Influence of the relative time of emergence of wild oat (*Avena fatua*) on yield loss of barley (*Hordeum vulgare*) and wheat (*Triticum aestivum*). **Weed Science**, v. 33, n. 4, p. 498-503, 1985.

OPEÑA, J. L.; CHAUHAN, S.B.; BALTAZAR, A.M. Seed germination ecology of *Echinochloa glabrescens* and its implication for management in rice (*Oryza sativa* L.). **Plos one**, v. 9, n. 3, p. 1-13, 2014.

PAGE, E.R.; CERRUDO, D.; WESTRA, P.; LOUX, M.; SMITH, K.; FORESMAN, C.; WRIGHT, A.; SWANTON, C.J. Why early season weed control is important in maize. **Weed Science**, v. 60, n. 3, p. 423-430, 2012.

PAGE, E.R.; LIU, W.; CERRUDO, D.; LEE, E.A.; SWANTON, C.J. Shade avoidance influences stress tolerance in maize. **Weed Science**, v. 59, n. 3, p. 326-334, 2011.

PAGE, E.R.M; TOLLENAAR, E.A.; LEE, L.; LUKENS, L.; SWANTON, C.J. Shade avoidance: an integral component of crop weed competition. **Weed Research**, v. 50, n. 4, p. 281-288, 2010.

PAGE, E.R; TOLLENAAR, E.A.; LEE, L.; LUKENS, L.; SWANTON, C.J. Does the shade avoidance response contribute to the critical period for weed control in maize (*Zea mays*)?. **Weed Research**, v. 49, n. 6, p. 563–571, 2009.

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, Piracicaba, 2001.

PIERIK, R.; VISSER, E.J.W.; KROON, H.; VOESENEK, L.A.C.J. Ethylene is required in tobacco to successfully compete with proximate neighbors. **Plant, Cell and Environment**, v. 26, n. 8, p. 1229–1234, 2003.

PILON, M.; ZUGE, E.; FERREIRA, J.L. Avaliação de cultivares de soja semeadas com e sem microcamalhão em rotação com arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 8., 2013, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM 2013. p. 1100-1103.

PLACE, G.T.; REBERG-HORTON, S.C.; DICKEY, D.A.; CARTER JR, T.E. Identifying soybean traits of interest for weed competition. **Crop Science**, v. 51, n. 6, p. 2642–2654, 2011.

PURICELLI, E.C.; FACCINI, D.E. Effect of soybean spatial arrangement and glyphosate dose on *Anoda cristata* demography. **Crop Protection**, v. 24, n. 3, p. 241–249, 2005.

RADOSEVICH, S.R.; HOLT, J.; GHERSA, C. **Ecology of weeds and invasive plants: relationship to agriculture and natural resource management.** 3. ed. New Jersey: Wiley-Interscience, 2007. 400p.

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

RAJCAN, I.; CHANDLER, K.J.; SWANTON, C.J. Red-far-red ratio of reflected light: a hypothesis of why early season weed control is important in corn. **Weed Science**, v. 52, n. 5, p. 774–778, 2004.

REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 39., 2012 : Passo Fundo. Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2012/2013 e 2013/2014. **XXXIX REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012. 142 p.

RIAHINIA, S.; DEHDASHTI, S. M. Row spacing effects on light extinction coefficients, leaf area index, leaf area index affecting in photosynthesis and grain yield of corn (*Zea mays* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Journal of Biological Sciences**, v. 8, n. 5, p. 954-957, 2008.

RIGOLI, R.P.; AGOSTINETTO, D.; SCHAEDELER, C.E.; DAL MAGRO, T.; TIRONI, S. Habilidade competitiva relativa do trigo (*Triticum aestivum*) em convivência com azevém (*Lolium multiflorum*) ou nabo (*Raphanus raphanistrum*). **Planta Daninha**, v. 26, n. 1, p. 93-100, 2008.

RIZZINI, L.; FAVORY, J.J.; CLOIX, C.; FAGGIONATO, D.; O'HARA, A.; KAISERLI, E.; BAUMEISTER, R.; SCHÄFER, E.; NAGY, F.; JENKINS, G.; ULM, R. Perception of UV-B by the *Arabidopsis* UVR8 protein. **Science**, v. 332, n. 6025, p. 103–106, 2011.

SACCOL, A.V.; ESTEFANEL, V. Competição entre o capim-arroz e a soja cultivada em solo hidromórfico: II Efeito sobre algumas características agrônômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 3, p. 327-338, 1995.

SACCOL, A.V.; SCHNEIDER, F.M.; ESTEFANEL, V.; BURTON, G.A.; HELDWEIN, A.B. Competição do capim-arroz à soja cultivada em solo hidromórfico: I Efeito sobre o acúmulo de matéria seca de capim-arroz e o rendimento de grãos de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 7, p. 803-812, 1993.

SAITO, K.; FUTAKUCHI, K. Improving estimation of weed suppressive ability of upland rice varieties using substitute weeds. **Field Crops Research**, v. 162, n. 1, p. 1–5, 2014.

SANTOS, E.R.; BARROS, H.B.; FERRAZ, E.C.; CELLA, A.J.S.; CAPONE, A.; SANTOS, A.F.; FIDELIS, R.R. Divergência entre genótipos de soja, cultivados em várzea irrigada. **Revista Ceres**, v. 58, n. 6, p. 755-764, 2011.

SCHAEDELER, C.E.; FLECK, N.G.; FERREIRA, F.B.; LAZAROTO, C.A.; RIZZARDI, M.A. Características morfológicas em plantas de cultivares de aveia como indicadores do potencial competitivo com plantas daninhas. **Ciência Rural**, v. 39, n. 5, p. 1313-1319, 2009.

SELLARO, R.; CREPY, M.; TRUPKIN, S.A.; KARAYEKOV, E.; BUCHOVSKY A.S.; ROSSI, C.; CASAL, J.J. Cryptochrome as a sensor of the blue/green ratio of natural radiation in *Arabidopsis*. **Plant Physiology**, v.154, n. 1, p. 401–409, 2010.

SMITH, H. Light quality, photoperception, and plant strategy. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 33, n. 1, p. 481-518, 1982.

SMITH, H.; WHITELAM, G.C. The shade avoidance syndrome: multiple responses mediated by multiple phytochromes. **Plant, Cell and Environment**, v. 20, n. 6, p. 840-844, 1997.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Arned, 2013. 918 p.

TANG, D.S.; HAMAYUN, M.; KO, Y.M.; ZHANG, Y.; KANG, S.; LEE, I. Role of red light, temperature, stratification and nitrogen in breaking seed dormancy of *Chenopodium album* L. **Journal of Crop Science and Biotechnology**, v. 11, n. 3, p. 199-204, 2008.

TRAVLOS, I.S.; ECONOMOU, G.; KANATAS, P.J. Corn and Barnyardgrass Competition as Influenced by Relative Time of Weed Emergence and Corn Hybrid. **Agronomy Journal**, v. 103, n. 1, p. 1-6, 2011.

TREZZI, M.M.; BALBINOT JR., A.A.; BENIN, G.; DEBASTIANI, F.; PATEL, F.; MIOTTO JR., E. Competitive ability of soybean cultivars with horseweed (*Conyza bonariensis*). **Planta Daninha**, v. 31, n. 3, p. 543-550, 2013.

TURRA, M.A.; LOPES, F.P.; FERRARI, L.E.; VEDELAGO, A.; LANGE, C.E.; KALSING, A. Redução da infestação de gramíneas anuais em soja cultivada em área arrozeira com herbicidas residuais – Análise das safras 2011/12 e 2012/13. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 8., 2013, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM 2013. p. 379-382.

VAIL, G.D.; OLIVER, L.R. Barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) interference in soybean (*Glycine max*). **Weed Technology**, v. 7, n. 1, p. 220-225, 1993.

VENSKÉ, E. SCHAEDELER, C.E.; ROSA, M.P.; BORGES, C.T.; AVILA, L.A.; ZIMMER, P.D. Initial development of red and cultivated rice in response to light and air temperature. **Journal of Seed Science**, v. 35, n. 4, p. 510-518, 2013.

VERNETTI JR., F.J.; GOMES, A.S.; SCHUCHI, L.O.B. Sustentabilidade de sistemas de rotação e sucessão de culturas em solos de várzea no Sul do Brasil. **Ciência Rural**, v. 39, n. 6, p.1708-1714, 2009.

VILÁ, M.; WILLIAMSON, M.; LONSDALE, M. Competition experiments on alien weeds with crops: lessons for measuring plant invasion impact? **Biological Invasions**, v. 6, n. 1, p. 59-69, 2004.

VIVIAN, R. GOMES JR., F.G.; CHAMMA, H.M.C.P.; SILVA, A.A.; FAGAN, E.B.; RUIZ, S.T. Efeito da luz e da temperatura na germinação de *Alternanthera tenella*, *Conyza bonariensis* e *Digitaria ciliaris*. **Planta Daninha**, v. 26, n. 3, p. 507-513, 2008.

VIVIAN, R.; DOURADO-NETO, D.; FILHO, R.V.; SILVA, A.A.; FRANCO, R.B.; CORREA, S.T.R. Interactions between soybean and weeds in a replacement series system, considering the effects of water stress. **Planta Daninha**, v. 31, n. 4, p. 749-763, 2013.

VLEESHOUWERS, L.M. The effect of seed dormancy on percentage and rate of germination in *Polygonum persicaria*, and its relevance for crop-weed interaction. **Annals of Applied Biology**, v. 132, n. 2, p. 289-299, 1998.

VON ARNIM, A.; DENG, X. W. Light control of seedling development. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 47, n. 1, p. 215-243, 1996.

WANDSCHEER, A. C. D.; RIZZARDI, M. A. Interference of soybean and corn with *Chloris distichophylla*. **Ciência e agrotecnologia**, v. 37, n. 4, p. 306-312, 2013.

WELLS, M. S.; REBERG-HORTON, S. C.; MIRSKY, S. B. Cultural strategies for managing weeds and soil moisture in cover crop based no-till soybean production. **Weed Science**, v. 62, n. 3, p. 501-511, 2014.

WHITELAM, G.C.; JOHNSON, C.B. Photomorphogenesis in *Impatiens parviflora* and the other species under simulated natural canopy radiation. **New Phytologist**, v. 90, n. 4, p. 611-618, 1982.

WORTHINGTON, M.L.; REBERG-HORTON, S.C.; JORDAN, D.; MURPHY, J.P.A. Comparison of methods for evaluating the suppressive ability of winter wheat cultivars against italian ryegrass (*Lolium perenne*). **Weed Science**, v. 61, n. 3, p. 491-499, 2013.

ZAREA, M. J.; GHALAVAND, A.; DANESHIAN, J. Effect of planting patterns of sunflower on yield and extinction coefficient. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 25, n. 4, p.513-518, 2005.

ZHOU, X. B.; CHEN, Y. H.; OUYANG, Z. Row spacing effect on leaf area development, light interception, crop growth and grain yield of summer soybean crops in Northern China. **African Journal of Agricultural Research**, v. 6, n. 6, p. 1430-1437, 2011.

ZYSTRO, J. P.; LEON, N.; TRACY, W. F. Analysis of traits related to weed competitiveness in sweet corn (*Zea mays* L.). **Sustainability**, v. 4, n. 4, p. 543-560, 2012.

VITA

Marlon Ouriques Bastiani é filho de Vicente José Nunes Bastiani e Ivonia Ouriques Bastiani, nascido em 25 de dezembro de 1990, no município de Itaqui, Rio Grande do Sul. No ano de 2008 ingressou no curso de Agronomia pela Universidade Federal do Pampa - Unipampa, onde recebeu o título de Engenheiro Agrônomo em 2012. Durante a graduação foi bolsista de ensino e iniciação científica da Unipampa. Realizou estágio final no Laboratório de Dinâmica de Herbicidas, vinculado ao Departamento de Fitossanidade da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel – Universidade Federal de Pelotas (UFPel). Em 2013, iniciou o curso de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, em Pelotas/RS.