

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**AVALIAÇÃO DE CULTIVARES DE SOJA SEMEADAS
EM SOLOS DE VÁRZEA COM E SEM SISTEMA DE
CAMALHÕES**

JOSÉ ASSIS DE LARA JUNIOR

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2013**

**AVALIAÇÃO DE CULTIVARES DE SOJA SEMEADAS
EM SOLOS DE VÁRZEA COM E SEM SISTEMA DE
CAMALHÕES**

JOSÉ ASSIS DE LARA JUNIOR

Engenheiro Agrônomo

Orientadora: PROF^ª. DR^ª. MARLENE ESTEVÃO MARCHETTI

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

Dourados
Mato Grosso do Sul
2013

**AVALIAÇÃO DE CULTIVARES DE SOJA SEMEADAS EM SOLOS DE
VÁRZEA COM E SEM SISTEMA DE CAMALHÕES**

por

JOSÉ ASSIS DE LARA JUNIOR

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção de título de
MESTRE EM AGRONOMIA.

Aprovada em: xx/xx/xxxx

Profª. Drª. Marlene Estevão Marchetti
Orientadora – UFGD/FCA

Prof. Dr. Gessi Ceccon
Co-Orientador – EMBRAPA

Pesquisador Dr. Ademar Pereira Serra
Co-Orientador – EMBRAPA

Prof. Dr. Luiz Carlos Ferreira de Souza
UFGD/FCA

Aos meus pais José Assis e Magaly
Aos meus irmãos Camila e Gustavo
e a minha sobrinha Livia
Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, amparo e amor, em todos os momentos da minha vida.

À Universidade Federal da Grande Dourados – Faculdade de Ciências Agrárias e ao Curso de Mestrado em Produção Vegetal, pela oportunidade concedida.

À Coordenadoria do Curso de Mestrado em Produção Vegetal na pessoa da Prof^a Dr^a. Silvana de Paula Quintão Scalon pela forma dedicada que vem conduzindo o curso.

À Embrapa Agropecuária Oeste, pelo suporte técnico e laboratórios cedidos para análise dos materiais.

A Prof^a Dr^a. Marlene Estevão Marchetti, pela orientação, apoio e ensinamentos transmitidos durante a condução dos trabalhos.

Ao Pesq. Dr. Gessi Ceccon, exemplo de profissionalismo, mestre e amigo pela orientação, apoio, ensinamentos, pelo acompanhamento do trabalho a campo e durante análises em laboratório, sugestões e por contribuir com sua equipe no trabalho.

Ao Pesq. Dr. Ademar Pereira Serra, por enriquecer o trabalho com novos conhecimentos e sugestões.

À equipe de colaboradores da Fazenda Águas da Fortuna, pelo auxílio na condução do trabalho.

À equipe de estagiários, mestrandos e doutorandos da Embrapa, pelo auxílio e amizade.

À Comissão Examinadora pelas correções e valiosas sugestões.

Aos meus pais José Assis e Magaly, pelos ensinamentos, amor, companheirismo, dedicação, confiança, total apoio no mestrado e em todas as etapas de minha vida.

Aos meus irmãos Camila e Gustavo, cunhados Susi e Diego, minha sobrinha Lívia, a pessoas especiais na minha vida Maria do Carmo e Andrea Muraro, pelo apoio, companhia e alegria de cada dia.

Aos meus parentes e amigos, e a todos que direta ou indiretamente colaboraram para que esse trabalho pudesse ser concluído.

SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	vi
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO LITERÁRIA.....	4
2.1. A cultura da soja.....	4
2.2. Solo de várzea.....	4
2.3. Soja na várzea.....	9
2.4. Sistema sulco/camalhões.....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
5. CONCLUSÕES.....	33
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34

LISTA DE QUADROS

	PÁGINA
Quadro 1 Resumo da análise de variância da altura de planta (A.P.), altura de inserção de vagens (A.I.V.), número de ramos por planta (N.R.), número de vagens por planta (N.V.P.), número de grãos por vagem (N.G.V.), número de grãos por planta (N.G.P.), índice de área foliar (I.A.F.), diâmetro de caule (D.C.), massa seca (M.S.), massa de 100 grãos (M.100), rendimento de grãos (R.G), número de nódulos (N.N.), massa de nódulos (M.N.).....	22
Quadro 2 Altura de planta, diâmetro de caule, altura de inserção da primeira vagem, massa seca de planta, em função das cultivares e dos sistemas de semeadura com e sem camalhões. Itaporã-MS, 2011.....	24
Quadro 3 Índice de área foliar, índice de clorofila, número de nódulos e massa de nódulos, função das cultivares e dos sistemas de semeadura com e sem camalhões. Itaporã-MS, 2011.....	26
Quadro 4 Número de grãos por planta, número de vagens por planta, massa de 100 grãos e rendimento de grãos, em função das cultivares e dos sistemas de semeadura com e sem camalhões. Itaporã-MS, 2011.....	30

LISTA DE FIGURAS

	PÁGINA
FIGURA 1. Chuva e temperatura da região de Itaporã no período de 08 de novembro de 2011 à 08 março de 2012, período em que o experimento foi realizado a campo.....	15
FIGURA 2. Construção do sistema de semeadura em camalhões. A – camalhoeira. B - camalhões. Itaporã-MS, 2011.....	17
FIGURA 3. Semeadora preparada para semeadura em camalhões. Itaporã-MS, 2011.....	18
FIGURA 4. Amostrador de solo. Itaporã-MS, 2011.....	19

RESUMO

LARA JUNIOR, J. A. Universidade Federal da Grande Dourados, julho de 2013. **Avaliação de cultivares de soja semeada em solo de várzea com e sem sistema de camalhões.** Orientadora: Marlene Estevão Marchetti. Co-Orientadores: Gessi Cecon e Ademar Pereira Serra.

A soja é uma cultura de grande potencial produtivo e econômico no Brasil, porém não tolera períodos prolongados de inundações. O sistema de camalhões é uma opção para o plantio da soja em áreas inundadas, áreas de várzeas, que normalmente são cultivadas com arroz irrigado. A realização deste trabalho teve como objetivo, a avaliação dos parâmetros de crescimento, desenvolvimento e o rendimento de grãos de cinco cultivares de soja com e sem o sistema de semeadura em camalhões. O experimento foi realizado na Fazenda Águas da Fortuna, município de Itaporã-MS. O solo é classificado como Gleí Humico, com baixa drenagem. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em parcelas subdivididas 5x2, onde se avaliaram cinco cultivares, V-Max 7059, BMX Força, BMX Magna, TMG 4001 e CD 214, dois sistemas de semeadura, com e sem sistema de semeadura em camalhões, com quatro repetições. Foram realizadas as seguintes avaliações: altura de planta, altura de inserção da primeira vagem, diâmetro de caule, massa seca da parte aérea, índice de área foliar, número de ramos por planta, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, número de grãos por planta, índice de clorofila, eficiência de grãos, número de nódulos nas raízes, massa seca de nódulos, massa de cem grãos, rendimento de grãos. As variáveis estudadas foram submetidas à análises de variância pelo teste F à 10% de probabilidade e, quando significativos, foram comparadas pelo teste Tukey. A variedade V-Max 7059 apresentou a melhor adaptação ao solo de várzea com produção superior as outras tanto com e sem sistema de semeadura em camalhões. A variedade TMG 4001 apresentou os resultados inferiores, mostrando baixa adaptação ao ambiente de várzea. As cultivares apresentam melhores adaptações aos solos de várzea com o sistema de semeadura em camalhões.

Palavras-chave: Gleissolo; *Glycine max*; Anoxia.

ABSTRACT

LARA JUNIOR, J. A. Universidade Federal da Grande Dourados, may de 2013.
Evaluation of soybean sown in paddy soil with and without ridges system.
Adviser: Marlene Estevão Marchetti. Co-Adviser: Gessi Cecon e Ademar Pereira Serra.

Soybean is a crop of great economic and productive potential in Brazil, but do not tolerate prolonged periods of flooding. The system of ridges is one option for soybean planting in flooded areas, flood plains, which are usually cultivated with rice. This work aimed at the evaluation of the growth, development and yield of five soybean with and without seeding system on ridges. The experiment was conducted at Waters Farm of Fortune, municipality Itaporã-MS. The soil is classified as Humic Gley, with low drainage. The experimental design was a randomized block split plot 5x2, evaluating five cultivars, V-Max 7059, Force BMX, BMX Magna, TMG 4001 and CD 214, two cropping systems with and without seeding system on ridges with four replications. Were determined by the following: plant height, height of the first pod, stem diameter, shoot dry mass, leaf area index, number of branches per plant, number of pods per plant, number of seeds per pod, number of grains per plant, chlorophyll content, grain efficiency, number of root nodules, nodule dry weight, weight of hundred grains, grain yield. The variables were subjected to analysis of variance by F test at 10% probability, and when significant, were compared by Tukey test. The variety V-Max 7059 showed the best adaptation to lowland soil with superior production other both with and without seeding system on ridges. The variety TMG 4001 presented the results below, showing inability to adapt to the floodplain environment. The cultivars have better adaptations to lowland soils with the seeding system on ridges.

Keywords: Gleysol; Glycine max; Anoxia

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L.) pertence à família Fabaceae é uma das principais culturas com relevante importância econômica para o Brasil, sendo produzida em diversas regiões do país. Na safra 2012/13 a área cultivada com soja esta estimada em 27,65 milhões de hectares é 10,4%, ou 2,6 milhões de hectares superior aos 25,04 milhões de hectares cultivados em 2011/12. O incremento na área é observado em todas as Unidades da Federação que produzem a oleaginosa. (CONAB, 2013).

A produção estimada em 82,06 milhões de toneladas é 23,6%, ou 15,68 milhões de toneladas superior ao volume produzido em 2011/12. Este crescimento se deve ao aumento da área de plantio e também à recuperação da produtividade nos estados da Região Sul e de Mato Grosso do Sul, que na safra anterior foi severamente prejudicada pelas chuvas irregulares e estiagens prolongadas (CONAB, 2013).

De acordo com dados da CONAB (2013), MS teve 2.017 mil hectares de soja na safra 2012/13, um crescimento de 11,1% em relação a área cultivada em 2011/12 que foi de 1.815 mil hectares. A produtividade média na safra de 2012/13 foi de 2.850 kg ha⁻¹, com produção total de 5478,5 mil toneladas.

Devido à importância econômica e lucratividade, a soja tem evoluído em área cultivada. Em 2005 houve cultivo de soja em solo arenosos, com diminuição de área em 2006, devido às quebras de produtividade. Com baixos preços do arroz a soja tem sido experimentada em solos de várzea. A disponibilidade de água e a facilidade de irrigação das várzeas tropicais, com um período seco definido, permite sua exploração intensiva, com dois á três cultivos anuais, o que abre perspectivas de consideráveis aumentos de produção e produtividade, com baixo risco e em bases sustentáveis (ADAIR et al., 2002).

Em 2005, em MS se cultivava 42 mil hectares de área de várzea com a cultura de arroz irrigado, reduzindo para 17 mil hectares, em 2012, com recuo de 61% (FAMASUL, 2011), devido a alguns fatores como: baixo rendimento econômico da cultura, excesso de pragas e plantas daninhas como o arroz vermelho, doenças e baixa fertilidade dos solos. Por isso diversos trabalhos vêm sendo realizados buscando viabilizar outras culturas para áreas de várzea, entre elas o milho (*Zea mays*), o sorgo (*Sorghum bicolor*) e a soja (*Glycine max*). A soja é, provavelmente, a alternativa com maior potencial de utilização em áreas de pousio em rotação com o

arroz irrigado em várzeas, pelo aumento da renda do produtor, além de melhorar essas áreas, principalmente pelo aporte de N proveniente da fixação biológica.

Desde 1980 a cultura da soja vem sendo estudada em sistema de rotação com arroz irrigado, porém a sua expansão é limitada pelos resultados instáveis de rendimento ocasionados tanto pelo excesso como pela falta de água. A soja apresenta baixa tolerância ao excesso hídrico e alguns solos de várzea apresentam drenagem deficiente. Entretanto, os diferentes genótipos dessa cultura apresentam grande variabilidade na adaptação ao excesso hídrico (HEATHERLY e PRINGLE, 1991), todavia, ainda existem muitas dúvidas sobre o manejo desses sistemas de rotação e sucessão de culturas em várzeas.

A principal limitação para implantação de sistemas de rotação e sucessão de culturas em áreas de várzea é o excesso hídrico e a falta de espécies e cultivares adaptadas a essas condições. As características de hidromorfismo desses solos fazem com que a sua condutividade hidráulica seja baixa. A drenagem superficial é, então, o fator decisivo para implantação de culturas de sequeiro e as espécies de cobertura de inverno ajudam nesse processo de drenagem. Outro aspecto importante é o aplainamento do solo para correção do micro relevo para escoamento rápido da água superficial (SOSBAI, 2007).

A utilização de cultivares não adaptadas a essas condições de hidromorfismo, implica em baixo rendimento de grãos, sendo este o principal fator limitante para a expansão da cultura da soja nessas áreas. Períodos de alagamento causam morte de plantas, alterações morfológicas e fisiológicas, problemas de nodulação, impedindo a fixação, que variam conforme o genótipo utilizado (BACANAMWO e PURCELL, 1999; PIRES et al., 2002; THOMAS et al., 2005). O excesso de água diminui a viabilidade das sementes, prejudica o desenvolvimento das plantas de soja e pode ocasionar o aparecimento de doenças com maior intensidade que nos anos mais secos, principalmente na fase inicial da cultura (THEISEN et al., 2009).

Vantoai e Beuerlein (1994), avaliando 84 cultivares de soja em condições de inundação do solo, verificaram que, em média, as cultivares produziram 25% a menos que em condições de solo não inundado. Os mesmos autores demonstraram, também, que existem diferenças na tolerância à inundação entre cultivares de soja utilizada nos Estados Unidos.

O sistema de plantio em camalhões é uma alternativa para o produtor trabalhar nessas áreas de várzea alagada que antes eram trabalhadas apenas com

arroz irrigado e pasto. Esse sistema visa a elevação da camada superficial formando sulcos e camalhões que auxiliam na drenagem mais eficiente e rápida da área e também pode ser utilizado na irrigação da cultura.

A realização deste trabalho teve como objetivo, a avaliação dos parâmetros de crescimento, desenvolvimento e o rendimento de grãos de cinco cultivares de soja com e sem o sistema de semeadura em camalhões.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 – A cultura da soja

A soja é uma excelente fonte de proteínas e vitaminas, em média, a soja possui 40% de proteínas, 20% de lipídios (óleo), 5% de minerais e 34% de carboidratos (açúcares como glicose, frutose e sacarose, fibras e os oligosacarídeos como rafinose e estaquiose). A soja não possui amido (EMBRAPA, 2000). Comparando a composição química da soja com a de outros alimentos, fica evidenciada sua superioridade em relação a outros vegetais e sua equivalência em relação aos produtos animais. Além disso, desempenha um papel importante na reciclagem de nutrientes do solo, especialmente o nitrogênio.

Na safra brasileira 2012/13, a cultura ocupou uma área de 26,3 milhões de hectares, com uma produção de 79,7 milhões de toneladas de soja, com destaque para Mato Grosso, onde houve acréscimo de 7%, com área colhida de 7,5 milhões de hectares. A estimativa de produção no Estado é de 23,3 milhões de toneladas, 6,9% mais do que na safra 2011/12 (IBGE, 2013). O aumento da produtividade da cultura tem sido possível, dentre outros mecanismos, por meio do melhoramento genético de plantas com o desenvolvimento de novas variedades.

Dois fatores foram fundamentais para o crescimento da oleaginosa em Mato Grosso do Sul. O primeiro diz respeito à expansão da área semeada que cresceu aproximadamente 247% desde 1977 e, o segundo refere-se aos ganhos de produtividade das lavouras sul matogrossenses. O estado é o quinto maior produtor de soja do Brasil e é responsável por 5.748,5 milhões de toneladas, em 2.017 milhões de hectares plantados (CONAB, 2013).

2.2 – Solo de várzea

As várzeas se caracterizam por serem solos aluviais e/ou hidromórficos, geralmente planos e ricos em matéria orgânica, facilmente irrigáveis por gravidade, na maioria dos casos, inundados temporariamente ou não (margens de córregos, rios, vales úmidos), porém apresentando, muitas vezes, umidade excessiva, necessitando de drenagem adequada (RASSINI et al., 1984). Freire e Novais (1980) mencionam

que as várzeas são constituídas de solos originários da decomposição de materiais transportados por cursos da água ou mesmo trazidos das encostas pelo efeito erosivo das chuvas. É possível, então, caracterizar as várzeas como áreas condicionadas a um regime de excesso de umidade e a processos químicos de redução, de alta variabilidade de solos, sob vegetação de mato ou campo hidromórfico (RASSINI et al., 1984).

Os solos classificados como Gleis Humicos são solos hidromórficos com cores acinzentadas (gleização do ferro em meio anaeróbico). Estes solos podem ser eutróficos ou distróficos (saturação por bases maior ou menor que 50%), podendo também ser álicos (saturação por Al maior que 50%). Comumente são ácidos e fortemente ácidos (pH 4,5 a 5,0), com capacidade de troca de cátions alta, devido, principalmente, à presença de matéria orgânica que é alta. A textura é média ou argilosa em todos os horizontes (KLAMT et al., 1985; EMBRAPA 1999; MORAES 1999).

Os solos destas áreas apresentam em comum o hidromorfismo, característica própria do ecossistema e que lhes confere condições variadas de deficiência de drenagem (EMBRAPA, 2006). Por apresentarem um perfil cuja camada superficial é pouco profunda e a subsuperficial quase impermeável.

A fertilidade natural dos Gleissolos é maior do que a dos Planossolos, devido aos maiores teores de argila e de matéria orgânica. Além disso, em função da posição que ocupam nos relevos, recebem muitos sedimentos provenientes dos rios com as enchentes e, também, de regiões mais elevadas (STRECK et al., 2002). Do ponto de vista agrícola, esses solos são utilizados para a cultura do arroz irrigado e, se bem drenados, podem ser utilizados por culturas como o milho, a soja, e também pastagens.

Para aumentar a rentabilidade do sistema produtivo nas áreas de várzea, tem-se buscado a diversificação do uso das mesmas por meio da rotação de culturas de sequeiro, produtoras de grãos e pastagens, com o arroz irrigado. O principal ponto de estrangulamento para o bom desempenho destes cultivos é a deficiente drenagem natural dos solos, determinada pela topografia predominantemente plana, aliada às suas características físicas de alto adensamento, alta relação micro/macroporosidade (inadequada relação água/ar para a maioria das espécies de sequeiro) e, principalmente, condutividade hidráulica quase nula no horizonte B (GOMES et al., 1992).

2.3 – Soja na várzea

No Brasil os primeiros trabalhos realizados com soja na várzea são do início de 1970. Resultados publicados pelo Instituto de Pesquisa Agropecuárias do Sul, mostraram que a soja apresentava elevado potencial produtivo nessas áreas, cujos rendimentos foram, na média de cinco locais, em torno de $4,0 \text{ t ha}^{-1}$ (GOMES e MAGALHÃES JR, 2004).

O cultivo da soja em solos hidromórficos é frequente e, portanto, desperta forte interesse em diversas regiões do mundo. Nestas áreas alagadas ou sujeitas ao alagamento temporário, devido ao excesso de chuvas e inundações, a difusão de gases da atmosfera até o solo é fortemente afetada (DENNIS et al., 2000) e as trocas gasosas reduzidas a níveis extremamente baixos (BLOKHINA et al., 2003; JACKSON e COLMER, 2005), tornando o ambiente radicial hipóxico.

Com a respiração dos órgãos submersos da planta e/ou de microorganismos, o oxigênio (O_2) é esgotado, tornando esse ambiente anóxico (FRIES et al., 2007). A hipoxia ou a anoxia sofrida pelo sistema radicial altera o metabolismo celular, provocando queda imediata na respiração das raízes das plantas (LIAO e LIN, 2001). Quando o solo torna-se hipóxico, devido ao alagamento, as raízes são submetidas a uma condição de estresse e, desse modo, as plantas respondem com maior ou menor eficiência, permitindo a distinção de espécies e/ou cultivares tolerantes e intolerantes (BATISTA et al., 2008).

O encharcamento modifica a atmosfera do solo, pois promove deficiência de O_2 , acúmulo de CO_2 , metano, etileno, gás sulfídrico (H_2S), H_2 e redução da respiração aeróbica. O crescimento das raízes paralisa-se em poucos minutos, com o limite de tolerância das raízes de soja em relação ao CO_2 , que é 20% na atmosfera do solo (COSTA, 1996). Com a diminuição do teor de O_2 , ocorrem restrições no metabolismo da planta, prejudicando a absorção e o transporte de íons (DREW e STOLZY, 1991).

Em plantas de soja, a falta de O_2 no sistema radicial pode inibir a fixação simbiótica e a absorção do nitrogênio e outros minerais, o que pode diminuir o crescimento das raízes e a nodulação, provavelmente, em virtude da exigência de oxigênio no processo de fixação (AMARANTE et al., 2006). Além disso, ocorre a

redução na taxa fotossintética das folhas, atribuída parcialmente à diminuição da condutância estomática (DAVANSO et al., 2002). A diminuição das taxas de assimilação líquida e a expansão foliar provocam a redução da taxa de crescimento da cultura de soja e, conseqüentemente, proporcionam menor rendimento de grãos (ALMEIDA et al., 2003).

Outro fator comum às plantas na falta de oxigênio, segundo Kolb e Joly (2009), é o desvio do metabolismo aeróbio para a via anaeróbia, o que induz mudanças no metabolismo respiratório do sistema radicial produzindo substâncias tóxicas como o etanol e o lactato, além de baixo rendimento energético. Em contrapartida, o mesmo autor afirma que plantas com raízes submetidas à hipoxia ou anoxia podem evitar o estresse, facilitando a difusão de oxigênio da parte aérea para o sistema radicular. Ainda, a expressão de genes responsáveis pela síntese de enzimas do metabolismo de carboidratos, assim como a formação de aerênquimas, raízes adventícias, parece estar relacionada aos mecanismos de tolerância em plantas (FRIES et al., 2007).

Existem mecanismos adaptativos nas plantas para tolerar a deficiência de O₂. O arroz tem a capacidade de transferir O₂ da atmosfera para as raízes, por meio das folhas e do caule. Nas raízes, este é excretado na rizosfera, formando uma região de oxidação, e assim, reduz o efeito ou a disponibilidade de substâncias tóxicas (Fe²⁺ e Mn²⁺). Da mesma forma, a soja apresenta mecanismos adaptativos a condições de solo inundado, que lhe permitem sobreviver em condições de restrição de O₂ (BACANAMWO e PURCELL, 1999). De acordo com Bartlett e James (1993), a habilidade das plantas em tolerar condições com restrição de O₂ está ligada à habilidade das raízes em oxidar a rizosfera por meio da transferência de O₂ da parte aérea para as raízes.

Na safra 2007/08, em um ensaio com 33 genótipos de soja, cultivados na EEA/Cachoeirinha, do IRGA, foram obtidos rendimentos elevados, sendo os maiores obtidos pelas variedades Monsoy 7575, Monsoy 7878 e Monsoy 7879, todos acima de 4,0 t ha⁻¹. Também se destacaram as cultivares Fundacep 59 e Fundacep 53 (LANGE, 2009).

Na safra 2008/09, em ensaio com 60 genótipos para tolerância ao excesso hídrico, ficou evidenciado a variabilidade genética entre os materiais. Desse trabalho, 34 genótipos se destacaram e avançaram no programa de melhoramento para tolerância ao excesso hídrico (LANGE, 2009). Também ficou claro que há genótipos

de soja adaptados ao cultivo no RS, com capacidade de produzir elevados rendimentos de grãos em solos de várzea, mesmo em condições desfavoráveis, principalmente de excesso hídrico (LANGE, 2010).

No entanto, informações sobre o cultivo da soja em áreas de várzea são escassas, pouco se sabendo sobre as opções de cultivo e manejo para a introdução de sistemas de rotação e sucessão de culturas com arroz irrigado.

A maior dificuldade para adoção de sistema de rotação e sucesso de culturas nestas áreas é a condição de drenagem deficiente e, principalmente, a falta de espécies adaptadas para cobertura do solo no inverno e cultivares de soja melhor adaptadas a excesso hídrico. A precisão no aplainamento do solo, os drenos superficiais e a correção do micro relevo são indispensáveis (SOSBAI, 2010).

Os solos de várzeas poderiam ser melhores utilizados se fosse praticado um sistema de rotação que envolvesse além do arroz outras culturas como milho, soja, sorgo, trigo e pastagens cultivadas. Por serem fundamentais à introdução da agricultura sustentável, estas opções estão em desenvolvimento e têm sido propostas pelas instituições de pesquisa, com os objetivos de reduzir custos e impedir a degradação do solo (SILVA et al., 1999). O cultivo de arroz irrigado, alternativa atualmente existente, geralmente é consorciado à prática da pecuária extensiva no período entre cultivos da monocultura arroseira (IRGA, 2001).

Os sistemas de rotação de culturas também contribuem para maior sustentabilidade dos sistemas produtivos. Entre as principais vantagens destacam-se a redução na infestação de plantas daninhas, controle de doenças pela quebra de ciclos e a ciclagem de nutrientes, devido a utilização de espécies de plantas com diferentes sistemas radiculares (REGO, 1994).

Visando à diversificação do binômio arroz/pecuária, diversos trabalhos têm sido desenvolvidos na busca de culturas alternativas com potencial adaptativo a estas regiões; entretanto, as espécies produtoras de grãos, em sua maioria, não são adaptadas a solos hidromórficos (PIRES et al., 2002). Apesar de ter sua produtividade prejudicada pela inundação do solo, o cultivo da soja apresenta-se promissor em virtude dos mecanismos de adaptação que esta espécie dispõe e que lhe confere tolerância ao estresse hídrico (BACANAMWO e PURCELL, 1999; PIRES et al., 2002).

O uso de sistema de manejo do solo é uma alternativa que favorece o estabelecimento, o crescimento e o desenvolvimento das culturas, reduzindo as perdas no rendimento causadas pelos fatores ambientais adversos (SOUTO, 2001).

Outra vantagem apresentada pela rotação de culturas é a fixação biológica de nitrogênio consiste na redução do N_2 à NH_3 realizada pela enzima nitrogenase contida no interior dos nódulos, estruturas formadas por meio da simbiose entre bactérias do gênero *Rhizobium* e/ou *Bradyrhizobium* com células do córtex da raiz em plantas leguminosas (BAKER e PARSONS, 1997).

O alagamento do solo prejudica a fixação do nitrogênio devido ao suprimento insuficiente de O_2 aos nódulos (JAMES e CRAWFORD, 1998), o que acarreta em diminuição da taxa de redução de N_2 e sua posterior incorporação pela planta (SCHÖFFEL et al., 2001), sendo específico para cada cultivar de soja e estirpe de bactéria inoculada, e podendo ser variável entre as relações estabelecidas (SCHÖLLES e VARGAS, 2004).

Outras espécies de leguminosas que ocorrem com frequência em áreas alagadas podem servir como plantas-modelo para estudos de fixação simbiótica nesta situação. Em uma delas, *Aeschynomene fluminensis*, foram observadas conexões dos nódulos com o aerênquima do córtex, bem como o aumento do tamanho dos nódulos com a inundação e a formação de nódulos no caule, com a presença de cloroplastos (LOUREIRO et al., 1995). Essas conexões podem estar ocorrendo também em soja.

Para o controle de invasoras o cultivo de soja RR dentro do sistema de produção tem sido promissor, contudo, deve-se evitar o erro comum de semear a soja e permitir sua emergência junto com as infestantes, controlando-as só posteriormente. As perdas associadas à competição inicial não são percebidas visualmente, mas comprometem a produtividade e a lucratividade da lavoura. O manejo adequado de plantas daninhas em soja nas terras baixas permite, ainda, reduzir a presença de gramíneas estoloníferas – prejudiciais ao arroz irrigado – comuns em áreas de pousio (THEISEN et al. 2009).

A redução da quantidade de semente de arroz vermelho no solo pela rotação de cultura foi verificada por Avilar et al. (2000). Além do controle de arroz vermelho, a rotação de culturas contribui para o incremento do rendimento de grãos do arroz irrigado cultivado em sucessão. (MONTEALEGRE e VARGAS, 1989; PAULETTO et al., 1991). O controle de plantas daninhas infestantes do arroz

irrigado, principalmente arroz vermelho, capim arroz e etc., é provavelmente, a maior contribuição da rotação de culturas (PETRINI et al., 1998).

Outro ponto importante é a reciclagem de nutrientes que está comprovada, porém, com a utilização cada vez mais intensa dos solos de várzea dessa região, com o cultivo do arroz irrigado, tem aumentado a pressão de invasoras sobre a cultura. Por esta razão, o arroz irrigado vem sendo cultivado por um ou, no máximo, dois anos consecutivos, sucedidos por, no mínimo, três anos com pecuária de corte extensiva (GOMES et al., 2002), porém, este sistema tem baixa rentabilidade econômica e apresenta degradação física, química e biológica do solo.

Se, por um lado, a implantação de culturas alternativas tem sido apontada como uma solução para áreas onde o arroz irrigado é cultivado (PORTO et al., 1999; SILVA, 1999; PARFITT, 2000), é preciso reconhecer que o uso de simples práticas tecnológicas, de forma isolada como o uso de valetadeiras para construção de drenos provavelmente não sejam suficientes para responder a tal desafio. Em vista disto, Silva et al. (2007) sugerem que as propostas de drenagem sejam implantadas num conjunto completo de práticas.

A falta de variedades de soja adaptadas as condições de várzea também dificulta a implantação da cultura nessas áreas. Um estudo desenvolvido em laboratório mostrou que dentre 50 cultivares submetidas ao excesso hídrico, a maioria apresentou severa redução da germinação após o quarto dia de inundação (HOU e THSENG, 1991).

2.4 – Sistema sulco/camalhões

O excesso de água predispõe o solo a permanecer com lençóis freáticos próximos à superfície, limitando o desenvolvimento normal dos sistemas radiculares das culturas. Assim, com a finalidade de se dispõe de um meio adequado para o cultivo, se aplicam técnicas de drenagem com o objetivo de rebaixar o lençol freático, melhorando assim as condições de aeração do solo, o que resultará em um aumento acentuado dos rendimentos e melhor qualidade dos produtos (MILLAR, 1978). Essa drenagem pode ser auxiliada com a construção dos camalhões.

O sistema de plantio com camalhões tem como objetivo proporcionar maior aeração para as raízes com a elevação da parte superior do solo e também melhorar a

drenagem, fazendo com que a água seja escoada mais rapidamente, diminuindo o tempo de inundação sofrido pela cultura comparado com o sistema de plantio convencional.

O uso de camalhões é uma prática bastante difundida na Europa, principalmente para o cultivo de pastagens (SEVENHUIJSEN, 1994). Este sistema adapta-se a áreas sistematizadas com ou sem declive, proporcionando garantia de boa drenagem para cultivos de sequeiro. Para a sua confecção podem ser utilizados sulcadores tipo “pé-de-pato” ou camalhoeriras de disco para camalhões estreitos (até 1,00 m de largura) e encanteiradoras equipadas com enxada rotativa ou com discos e formatador de canteiros, para camalhões até 1,80 m de largura. A largura dos camalhões é definida em função do espaçamento utilizado para as culturas, aliado à distribuição espacial de plantas que proporcione o melhor desempenho produtivo, e das operações mecanizadas realizadas na lavoura. Esta técnica, além de favorecer a drenagem, facilita a irrigação por superfície (SILVA e DUARTE, 2006).

O preparo de solo pode alterar bastante o espaço poroso, que é importante na movimentação do ar e da água e no crescimento das raízes. Variações de solo e clima, bem como tipos distintos de implementos e condições de umidade do solo durante o preparo, acarretam condições de porosidade diferentes (ELTZ et al., 1989). As operações para drenagem e escoamento de água das chuvas envolvem o uso de valetadeiras, plainas e outras máquinas que fazem limpeza de canais e drenos externos e internos da lavoura (SILVA et al., 2007). A orientação mais importante quanto à drenagem em anos chuvosos, é que, logo após a semeadura o produtor faça os drenos e valetas internas da área (SILVA et al., 2008) para retirar o excesso de água. O sistema de camalhões garante boa drenagem interna da lavoura, porém o sistema de drenos coletores dos quadros e a macro drenagem da área devem estar instalados de forma correta e mantidos limpos para terem eficiência de drenagem no tempo necessário.

Dependendo do micro relevo, os camalhões deverão ser cortados transversalmente com drenos, para esgotar possíveis pontos de alagamento. Depois de implantada a lavoura, e após a primeira chuva intensa ou irrigação, um operário, munido de pá ou enxada, deve percorrer a área e encaminhar as águas acumuladas em depressões, que por ventura persistirem, para os drenos mais próximos e, também, verificar se estes estão sendo eficientes, observando se a água escorre com facilidade para os drenos coletores (SILVA, 2008).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no ano agrícola 2011/2012, na Fazenda Águas da Fortuna, no município de Itaporã-MS, localizada entre as coordenadas geográficas 22° 2'37.27" de latitude Sul e 54°51'28.36" de longitude Oeste, no datum WGS 84. O solo é classificado como Glei Humico, segundo Embrapa (2006). Solos deste tipo são minerais, hidromórficos, geralmente encontrados em áreas de várzea, sendo mal-drenados, apresentando textura bastante variável ao longo do perfil.

O clima da região sul de Mato Grosso do Sul, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, com verões quentes e invernos secos, temperaturas máximas observadas nos meses de dezembro e janeiro e as temperaturas mínimas entre maio a agosto, coincidindo com chuva excedente na primavera-verão e déficit hídrico no outono-inverno (FIETZ e FISCH, 2008).

Na safra de 2011/2012, teve um período de estiagem o que diminuiu o acumulado de precipitação, em relação à média dos anos anteriores, baixando para 499 mm (Figura 1).

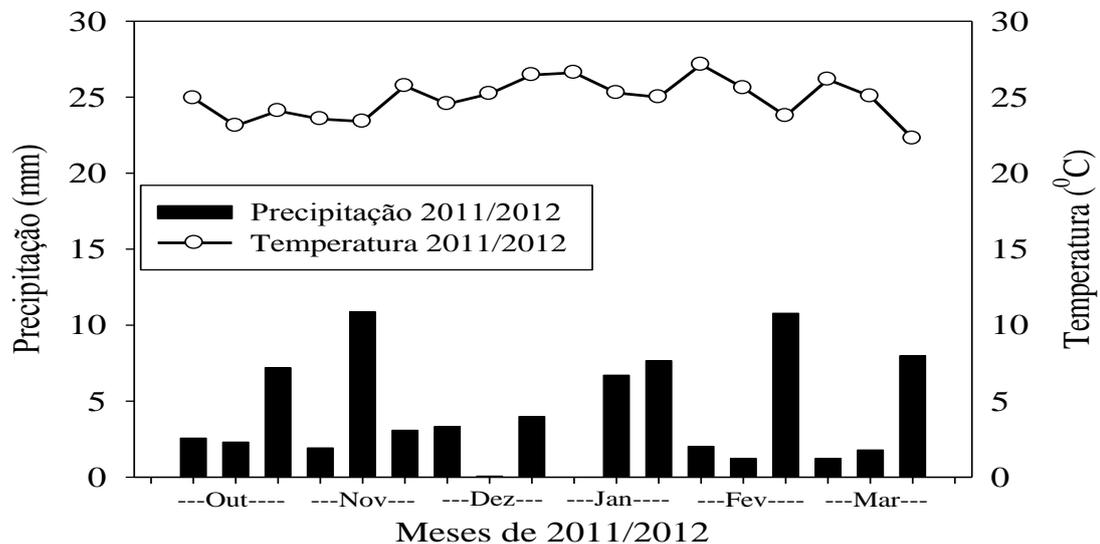


FIGURA 1 Dados climáticos da região de Itaporã no período de 08 de outubro à 08 março de 2011/2012, período em que o experimento foi realizado a campo. Fonte: Embrapa, 2012.

O solo foi amostrado dia 15/08/11 à profundidade de 0 - 20 m, e sua caracterização química e física foi realizada segundo metodologia proposta por Claessen et al. (1997). O solo apresentou granulometria com 500 g kg⁻¹ de areia, 300 g kg⁻¹ de silte, e 200 g kg⁻¹ de argila. O solo apresentou as seguintes características

químicas: pH (CaCl₂) = 4,6; M.O. = 17,72 g dm⁻³; P (Mehlich I) = 9,55 mg dm⁻³; K = 0,08 cmol_c dm⁻³; Al = 0,15 cmol_c dm⁻³; Ca = 5,93 cmol_c dm⁻³; Mg = 1,61 cmol_c dm⁻³; H+Al = 6,21 cmol_c dm⁻³; SB = 7,63 cmol_c dm⁻³; T = 13,83 cmol_c dm⁻³; S = 18,60 mg dm⁻³; V = 55,10%. Os micronutrientes também foram analisados apresentando 214,36 mg dm⁻³ de Fe, 23,10 mg dm⁻³ de Mn, 11,85 mg dm⁻³ de Cu, 2,25 mg dm⁻³ de Zn, 0,42 mg dm⁻³ de B. Com base nos teores de nutrientes presentes na análise de solo fez-se as correções do solo e adubação seguindo as recomendações da Embrapa (2010) para cultura da soja.

O solo da área onde foi implantado o experimento havia sido cultivado anteriormente com arroz irrigado. O preparo do solo foi realizado utilizando grade pesada com diâmetro de disco de 30 polegadas objetivando revolver o solo, picar e incorporar a palha de arroz. A seguir foi feita uma gradagem com grade leve para nivelar a superfície do solo.

Após o preparo do solo foi realizado uma calagem, aplicando-se duas toneladas de calcário por hectare, objetivando a elevação do pH e neutralização do alumínio. Também foi realizado uma gessagem aplicando-se uma tonelada de gesso por hectare, objetivando fornecimento de enxofre e neutralização do alumínio nas camadas mais profundas do solo. Após aplicação realizou-se a incorporação do calcário e do gesso com grade leve ou niveladora.

Para a elevação dos camalhões foi utilizado um implemento denominado camalhoeira que possui chassi simples, com oito pares de discos disposto entre si com espaçamento de 1,00 m de distancia, formando quatro camalhões de um metro cada por passada (Figura 2).



FIGURA 2. Construção do sistema de sementeira em camalhões. A – camalhoeira. B - camalhões. Itaporã-MS, Fazenda Águas da Fortuna, 2011.

Também foi utilizado um rolo compactador e destorroador para aumentar e uniformizar a superfície útil dos camalhões após sua elevação. São implementos utilizados para destruir torrões, uniformizar a superfície para semeadura e aplainar a parte superior do terreno, igualando sua umidade.

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos casualizados arranjados em um esquema de parcelas subdivididas 2x5, sendo as parcelas constituídas por dois sistemas de plantio, com e sem o sistema de camalhões e as sub parcelas constituídas por cinco variedades (V-Max 7059, BMX Força, BMX Magna, TMG 4001 e CD 214, todas com ciclo indeterminado e com tecnologia de resistência ao glifosato), com quatro repetições.

Cada parcela possuiu 32 m², sendo 8 m de comprimento e 4 m de largura, perfazendo um total de oito 8 linhas espaçadas em média 0,5 m entre si, sendo consideradas como área útil as quatro linhas centrais (16 m²).

A soja foi semeada no dia 08/11/2011. Para a semeadura da cultura da soja foi utilizado uma semeadora PS-MASTER 102, com oito linhas de semeadura, linhas duplas espaçadas entre si com 38 cm. O espaçamento entre cada linha dupla foi de 62 cm, que acompanhe a abertura dos sulcos entre os camalhões (Figura 3).

Antes da semeadura foi realizada uma aplicação de herbicidas na área. A adubação utilizada foi de 300 kg ha⁻¹ de adubo químico formulado 02-20-20. As sementes foram tratadas com 200 mL pc. ha⁻¹ Fipronil+Vitavax-Thiram, 80 mL ha⁻¹ CoMo. As sementes de soja foram inoculadas 45 minutos antes da semeadura com inoculante á base de turfa, contendo as bactérias *Bradyrhizobium elkani* (Estirpe Semia 5019) e *Bradyrhizobium japonicum* (Estirpe Semia 5079), com concentração mínima de 5x10⁹ células viáveis por grama de inoculante, na dosagem de 100g de inoculante em 50 kg de semente de soja.



FIGURA 3. Semeadora utilizada na semeadura em camalhões. Itaporã-MS, 2011.

No estádio R1 foram feitas as leituras de clorofila com clorofilômetro modelo CCM-200, sendo, as leituras realizadas no terceiro trifólio do terço superior da planta. As leituras efetuadas com medidor portátil de clorofila correspondem ao teor relativo de clorofila presente na folha da planta. Os valores são calculados pelo equipamento com base na quantidade de luz transmitida pela folha, em dois comprimentos de ondas, com diferentes absorbâncias da clorofila (MINOLTA, 1989).

No estádio R2 foram realizadas as seguintes avaliações:

Altura de planta: com auxílio de uma trena, foram determinadas 10 plantas dentro das quatro linhas centrais e feitas as medições, da superfície do solo até o última vagem.

Diâmetro de caule: com auxílio de um paquímetro digital, foram determinadas 10 plantas dentro das quatro linhas centrais e feitas as medições próximo à primeira inserção de vagens.

Área foliar: foram coletadas cinco plantas das linhas centrais das subparcelas, separadas as folhas dos caules e utilizando medidor de bancada, modelo LI-3100C (LI-COR, 2012) foi determinada a área foliar.

Massa seca da parte aérea: após a medição da área foliar juntou-se as folhas aos caules e ramos, foram colocadas em estufa com circulação de ar forçada, a 65°C por 72 horas, sendo o material pesado em seguida, determinando-se a massa seca da parte aérea.

Também no estádio R2 foram coletadas amostras de solo contendo a parte central das raízes para fazer avaliação do número de nódulos e da massa seca de nódulos por volume de solo. Foi utilizado um amostrador de solo com 10 cm de altura e 10 cm de diâmetro com volume de 785 cm³ (Figura 4). Após a amostragem o material foi lavado, separando-se os nódulos de cada amostra, que foram contabilizados para a determinação da quantidade de nódulo por amostra. Após a contagem, os nódulos foram secos em estufa com circulação de ar forçada, a 65°C por 72 horas, sendo o material pesado em seguida, determinando-se assim a massa seca de nódulos.



FIGURA 4. Amostrador de solo. Itaporã-MS, 2011.

No estágio R8 foram realizadas as seguintes determinações: contagem de população final, por meio da contagem de 1 m de linha de semeadura nas duas linhas centrais, transformando-se para metro linear.

Número de ramos por planta: foi determinada em cinco plantas da área útil por meio da contagem do número de ramificações da haste principal.

Inserção da primeira vagem: distância compreendida entre a superfície do solo e o ponto de inserção da primeira vagem da haste principal de cinco plantas da área útil da parcela, com o auxílio de uma trena.

Número de vagens por planta: foi determinado em cinco plantas na área útil da parcela.

Número de grãos potencial por vagem: obtido por meio da contagem do potencial de cada vagem de cinco plantas.

Número de grãos por planta: obtido através da contagem do número de grãos das vagens de cinco plantas.

Número de grão por vagem: após a contagem dos grãos por planta dividiu-se pelo número de vagem, obtendo assim o número de grãos por vagem.

A massa de cem grãos: foi determinada segundo metodologia das Regras de Análise de Sementes – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2009).

O rendimento de grãos foi determinado no dia 03/03/12, colhendo-se 3 m das duas linhas centras e calculado o rendimento de grãos em kg ha^{-1} sendo efetuada a correção da unidade para 13%.

Os dados estudados foram submetidas a análises de variância pelo teste F até 10% de probabilidade e, quando significativos, as variedades foram comparadas pelo

teste Tukey, e os sistemas de plantio pelo teste t -student. Os testes foram realizados com o auxílio do programa Sisvar (FERREIRA, 2000).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância apresentou efeito significativo ($p < 0,05$) de cultivar para altura de planta, número de ramos, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, número de grãos por planta, eficiência de grãos, diâmetro de colmo, massa de cem grãos, número de nódulos, massa de nódulos e população final de plantas. Não houve diferença significativa para altura de inserção de vagem, índice de área foliar, teor de clorofila e massa seca da parte aérea (Quadro 1).

Quadro 1. Valores de F para altura de planta, altura de inserção de vagens, número de ramos por planta, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, número de grãos por planta, índice de área foliar, diâmetro de caule, índice de clorofila, massa seca da parte aérea da planta, massa de cem grãos, rendimento de grãos, número de nódulos, massa de nódulos.

Variáveis	Valores de F		
	Cultivar	Sistema	Cul x Sist
Altura de planta	8,10**	28,71**	1,43 ^{ns}
Altura de Inserção da vagem	2,03 ^{ns}	3,94*	1,63 ^{ns}
Número de ramos	8,97**	0,16 ^{ns}	1,79 ^{ns}
Número de vagens por planta	3,58**	0,52 ^{ns}	0,56 ^{ns}
Número de grãos por vagem	3,85**	2,50 ^{ns}	0,71 ^{ns}
Número de grãos por planta	5,03**	3,50*	0,30 ^{ns}
Índice de área foliar	1,29 ^{ns}	12,74**	0,37 ^{ns}
Diâmetro de caule	3,06**	10,43**	1,63 ^{ns}
Índice de clorofila	0,28 ^{ns}	8,06**	1,81 ^{ns}
Massa seca parte aérea	1,59 ^{ns}	15,81**	0,59 ^{ns}
Massa de cem grãos	46,42**	3,52*	0,53 ^{ns}
Rendimento de grãos	5,07**	5,86**	1,96 ^{ns}
Número de nódulos	2,97**	0,62 ^{ns}	0,29 ^{ns}
Massa de nódulos	3,30**	0,96 ^{ns}	0,15 ^{ns}

*: significativo a 10% de probabilidade pelo test F. **: significativo a 5% de probabilidade pelo test F.
^{ns}: não significativo a 5% e 10% de probabilidade pelo test F.

Em relação aos sistemas de semeadura, com e sem camalhões, a altura de inserção de vagem, o número de grãos por planta e a massa de 100 grãos diferiram estatisticamente com $p < 0,10$, enquanto que a altura de plantas, o índice de área foliar, o diâmetro de caule, o teor de clorofila, a massa seca da parte aérea, rendimento de grãos, houve diferença significativa a $p < 0,05$. Não houve diferença significativa para número de ramos, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, eficiência de grãos, número de nódulos e massa de nódulos (Quadro 1).

Para a altura de plantas verificou-se diferença significativa ($p < 0,05$) para as variedades estudadas e para os sistemas de semeadura.

A altura de plantas é uma característica que se diferencia de acordo com a cultivar, pois cada uma tem sua estrutura e porte definidos geneticamente, pode ser influenciada pelo ambiente.

A cultivar TMG 4001 apresentou a maior altura entre as cultivares, não diferiu estatisticamente da Vmax e Força, enquanto a Magna apresentou a menor. Entre as médias dos sistemas de semeadura, o sistema de semeadura com camalhões obteve os maiores resultados, isso mostra que com os camalhões as cultivares obtiveram melhor crescimento e desenvolvimento, evidenciando melhor adaptação ao ambiente de várzea com a construção desse sistema (Quadro 2).

Esses resultados concordam com os obtidos por Heatherly e Spurlock (2000) que encontraram diferenças significativas entre altura de planta em diferentes genótipos de soja, sob condições de inundação. Entretanto, os mesmos autores não consideram que este parâmetro tenha influenciado no rendimento de grãos dos genótipos.

Com o sistema de camalhões a drenagem é mais rápida, reduzindo assim, o período de hipóxia sofrido pelas raízes. De acordo com Ishida et al. (2002) e Batista et al. (2008), hipóxia também provoca alterações na respiração aeróbica no nível nutricional e na fotossíntese, o que pode afetar o crescimento e o desenvolvimento das diferentes partes da planta em um ambiente alagado.

Para diâmetro de caule verificou-se diferença significativa para as cultivares e sistemas de semeadura ($p < 0,05$). A cultivar Força apresentou maior desenvolvimento de caule, não diferindo estatisticamente das cultivares Vmax, Magna e CD 214. A variedade TMG 4001 apresentou o menor diâmetro de caule, e diferiu estatisticamente das demais cultivares (Quadro 2).

O diâmetro de caule é uma característica importante diante das adaptações morfológicas que ocorrem na planta de soja para manter seu desenvolvimento em áreas alagadas. Trabalhos indicam que a hipertrofia do caule pode estar associada com o espaço intercelular, quebra de células para formar aerênquima e subsequente formação de raízes adventícias (JACKSON, 1985). A formação de maior quantidade de tecido aerenquimatoso nas cultivares que apresentaram maiores diâmetro de colmo, pode, em parte, explicar o melhor crescimento destas em condições de inundação.

Quadro 2. Altura de plantas, diâmetro de caules, altura de inserção da primeira vagem, massa seca da parte aérea, em função das cultivares e dos sistemas de semeadura com e sem camalhões. Itaporã-MS, 2011.

	Altura de planta	Diâmetro de caule	Altura de inserção	Massa seca da parte aérea
Cultivares	cm	mm	cm	g/mm ²
Vmax	53,29 a	5,40 ab	16,70 ab	2.556 a
Magna	44,63 c	5,87 ab	18,13 a	2.915 a
Força	51,71 ab	6,07 a	15,45 ab	3.025 a
TMG 4001	54,79 a	5,34 b	17,00 ab	3.329 a
CD 214	44,50 bc	5,37 ab	11,87 b	3.132 a
Sistemas				
Com Camalhões	53,88 a	5,89 a	17,33 a	3.397 a
Sem Camalhões	46,08 b	5,33 b	14,33 b	2.586 b

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si (Tukey 5% de probabilidade)

Com o sistema de semeadura em camalhões as cultivares apresentaram maiores desenvolvimento de caule, diferindo estatisticamente da média das cultivares do sistema sem camalhões, mostrando melhor adaptação com o sistema de camalhões, pois o diâmetro de caule é uma característica importante para a adaptação da soja em áreas com hipóxia por excesso hídrico.

Para altura de inserção de vagem houve diferença significativa para cultivares

($p < 0,05$), sendo que a cultivar Magna apresentou maior altura de inserção, diferindo apenas da cultivar CD 214 que apresentou a menor inserção de vagem entre as cultivares (Quadro 2). Entre sistemas de semeadura houve diferença significativa ($p < 0,10$), onde se verificou que o sistema de semeadura com camalhões apresentou maior altura de inserção. A altura de inserção de vagem é uma característica importante para a operação de colheita mecanizada, pois determina a regulagem da altura da barra de corte da colhedora, visando obter a máxima eficiência durante esse processo. Segundo Sedyama et al. (1999), para que não haja perda na colheita pela barra de corte, a altura mínima da primeira vagem deve ser de 10 a 12 cm, em solos de topografia plana e de 15 cm, em terrenos mais inclinados, e nesse experimento as cultivares obtiveram alturas superiores as mínimas necessárias.

Para matéria seca verificou diferença significativa entre os sistemas de semeadura ($p < 0,05$), sendo que o sistema de semeadura com camalhões apresentou maior média de produção de massa seca, devido ao maior desenvolvimento de altura, diâmetro de caule e área foliar que também foram maiores com esse sistema de semeadura (Quadro 2). Essa diferença também foi constatada por Bacanamwo e Purcell (1999), que observaram diminuição na produção de massa seca total de plantas de soja com 14 dias de alagamento, em relação às plantas-controle.

Para matéria seca da parte aérea não houve diferença significativa entre cultivares (Quadro 2). Pires et al. (2002) verificaram diferença na massa seca entre plantas alagadas e controle e afirmaram que nas cultivares não houve a mesma resposta quando submetidas ao estresse pela falta de oxigênio. Avaliando genótipos de soja sob condições de várzea, Corrêa et al. (2006) constataram que o excesso hídrico causou uma redução na massa seca de plantas de soja em todos os genótipos testados.

Comparando diferentes períodos de inundação do solo para a cultura da soja, Barni (1999) observou que a inundação aumenta o uso da água por grama de massa seca produzida, diminuindo a eficiência da planta em relação ao fator água. Segundo o mesmo autor, a absorção de água por planta diminuiu, reduzindo a massa seca e a estatura de planta.

Para índice de área foliar houve diferença significativa para os sistemas de semeadura ($p < 0,05$), onde o sistema de semeadura com camalhões apresentou maior média, mostrando melhor desenvolvimento e adaptação para esta característica

analisada com o sistema de semeadura com camalhões. Entre as cultivares não houve diferença significativa (Quadro 3).

Segundo Pereira (1989), a produtividade da soja é maior em plantas ricas em carboidratos. Para este autor, uma boa produtividade depende de grande aporte de carboidratos das folhas até os grãos que, por sua vez, é dependente de eficiente fotossíntese, garantida com bom enfolhamento das plantas. As respostas metabólicas a privação de O_2 são mediadas ainda, pela disponibilidade e mobilização de carboidratos (VAN DONGEN et al., 2003). Liao e Lin (2001) afirmam que o alagamento do solo pode causar redução na taxa de translocação de carboidratos das folhas para as raízes, diminuição do crescimento e das atividades metabólicas as quais passam a demandar menor quantidade de carboidratos. Assim, segundo esses autores, tais transformações podem provocar acúmulo de fotossintatos nas folhas, na forma de amido.

Para o índice de clorofila houve diferença significativa entre sistemas de semeadura ($p < 0,05$), com o sistema com camalhões apresentando maiores valores (Quadro 3). O índice de clorofila é uma característica relacionada ao nível de nitrogênio na planta. Argenta et al. (2001) afirmam que o teor de clorofila na folha é utilizado para prever o nível nutricional de nitrogênio (N) em plantas, devido ao fato de a quantidade desse pigmento correlacionar-se positivamente com teor de N na planta. Essa relação é atribuída, principalmente, ao fato de que 50 a 70 % do N total das folhas ser integrante de enzimas (CHAPMAN e BARRETO, 1997) que estão associadas aos cloroplastos (STOKING e ONGUN, 1962).

Em plantas de soja, a falta de O_2 no sistema radicial pode inibir a fixação simbiótica e a absorção do nitrogênio e outros minerais, o que pode diminuir o crescimento das raízes e a nodulação, provavelmente, em virtude da exigência de oxigênio no processo de fixação (AMARANTE et al., 2006). Além disso, ocorre a redução na taxa fotossintética das folhas, atribuída parcialmente à diminuição da condutância estomática (DAVANSO et al., 2002). A diminuição das taxas de assimilação líquida e a expansão foliar provocam a redução da taxa de crescimento da cultura de soja e, conseqüentemente, proporcionam menor rendimento de grãos (ALMEIDA et al., 2003).

Para o índice de clorofila não houve diferença significativa entre as cultivares (Quadro 3). Porém redução do conteúdo de clorofila como consequência do estresse hídrico tem sido relatada em soja nodulada (AMARANTE et al., 2007), de forma que

o teor de clorofila pode servir como indicador do potencial produtivo da cultivar e ser considerado um parâmetro promissor para comparação entre genótipos de soja submetidos ao alagamento (LUDWIG et al., 2010). Desta forma, esta caracterização pode contribuir para seleção de genótipos com maiores potenciais produtivos frente a condições desfavoráveis ao desenvolvimento da cultura.

Quadro 3. Índice de área foliar, índice de clorofila, número de nódulos e massa de nódulos, em função das cultivares e dos sistemas de semeadura com e sem camalhões. Itaporã-MS, 2011.

Cultivar	Índice de área foliar	Índice de clorofila	Número de nódulos (nódulos/planta)	Massa de nódulos (g/planta)
Vmax	2,43 a	50,41 a	15,25 ab	0,36 ab
Magna	2,88 a	51,07 a	10,62 ab	0,23 ab
Força	3,19 a	51,88 a	21,25 a	0,59 a
TMG 4001	3,30 a	51,06 a	7,75 ab	0,17 b
CD 214	3,26 a	49,98 a	5,38 b	0,20 b
Sistemas				
Com Camalhões	3,53 a	52,61 a	13,35 a	0,35 a
Sem Camalhões	2,50 b	49,14 b	10,75 a	0,26 a

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si (Tukey 5% de probabilidade)

Para o número de nódulos verificou-se diferença significativa apenas para as cultivares ($p < 0,05$), observando-se que a variedade Força obteve a maior massa de nódulos e número de nódulos, e a TMG apresentou menor massa de nódulos e a CD 214 o menor número de nódulos (Quadro 3). Não houve diferença significativa entre os sistemas de semeadura para massa e número de nódulos. Como ocorreu baixa precipitação durante o cultivo da soja, houve período reduzido de hipóxia nas plantas, não diferenciando assim, o desenvolvimento de número e massa de nódulos entre os sistemas de plantio.

De-Polli et al. (1973) constataram que o solo com 25% de umidade acima da capacidade de campo, em condições constantes, não prejudicou a nodulação e a

fixação de N₂ na cultivar de soja Santa Maria. Esses autores relatam a probabilidade de haver nodulação eficiente e fixação de N₂ em solos com excesso de umidade, desde que ocorra inoculação suficiente.

Os processos entre a planta de soja e o bacterióide responsável pela fixação biológica de nitrogênio, também são influenciados pelo alagamento, apesar de ocorrerem diferentes interações entre estirpes e cultivares (ZENZEN et al. 2006). Bacanamwo e Purcell (1999) observaram em plantas dependentes da fixação de N₂, que sete dias depois da inundação, no tratamento inundado, a fitomassa e o N total diminuíram 15 e 55%, respectivamente, em relação às plantas controle (não inundadas). Para a cultura da soja, a saturação hídrica do solo durante o período vegetativo retarda o desenvolvimento vegetativo e reduz o número de flores das plantas (RUNGE e ODELL, 1960) bem como o rendimento de grãos.

Em relação ao número de grãos por planta verificou-se diferença significativa para cultivares e sistemas de semeadura ($p < 0,05$), onde entre as cultivares as que obtiveram maior número de grãos foram CD 214 e Força, e as cultivares Vmax, Magna e TMG 4001 foram significativamente diferentes das duas, com menores números de grãos por planta. Entre os sistemas de semeadura o que apresentou maior número de grãos por planta foi o sistema com camalhões, mostrando maior adaptação das cultivares a esse sistema de semeadura (Quadro 4). O número total de grãos está relacionado com o número total de vagens, a redução do número total de vagens afeta diretamente o número total de grãos por planta, que é um importante componente de produção da soja, como observado por Heiffing (2002).

O componente de rendimento número de grãos por vagem é fortemente influenciado pelo fato de que a maioria das cultivares modernas são selecionadas para formar três óvulos por legume (McBLAIN e HUME, 1981). Segundo Gazzoni (1974), os fatores mais importantes na redução do rendimento de grãos foram o número de grãos por vagem e o peso delas.

Para o número de vagens por planta houve diferença significativa entre as cultivares ($p < 0,05$), sendo que as cultivares CD 214, Força e TMG 4001 apresentaram os maiores números de vagens por planta, já a Vmax e Magna diferiram estatisticamente delas apresentando menores números de vagens por planta. Não houve diferença significativa entre os sistemas de semeadura para número de vagens por planta (Quadro 4).

O número de vagens por planta é determinado pelo balanço entre a produção

de flores por planta e a proporção destas que se desenvolvem até vagem. Já o número de flores por planta, é determinado pelo número de flores por nó e pelo número de nós por planta (JIANG e EGLI, 1993). A formação de legumes pode ser prejudicada em razão da competição por assimilados com as vagens formadas mais cedo, e pode limitar fisicamente o tamanho potencial do grão.

Quadro 4. Número de grãos por planta, número de vagens por planta, massa de 100 grãos e rendimento de grãos, em função das cultivares e dos sistemas de semeadura, com e sem camalhões. Itaporã-MS, 2011.

Cultivar	Número de grãos planta	Número de vagens planta	Massa de 100 grãos (g)	Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)
Vmax	120,7 b	59,21 b	13,07 a	3.337 a
Magna	131,2 b	57,28 b	10,59 b	3.207 ab
Força	148,3 ab	65,67 ab	10,99 b	3.020 b
TMG 4001	130,4 b	68,42 ab	9,62 c	2.896 b
CD 214	173,2 a	79,79 a	9,47 c	3.053 ab
Média	140,77	66,07	10,74	3.102
Sistemas				
Com Camalhões	148,5 a	67,60 a	10,92 a	3.185 a
Sem Camalhões	133,1 b	64,55 a	10,57 b	3.020 b

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si (Tukey 5% de probabilidade)

Para massa de cem grãos verificou-se diferença significativa entre as cultivares ($p < 0,05$) e entre os dois sistemas de semeadura houve diferença significativa ($p < 0,10$). A cultivar Vmax apresentou a maior massa de grãos diferindo estatisticamente de todas as outras, a TMG 4001 e CD 214 apresentaram as menores massas de grãos (Quadro 4). Entre os sistemas de semeadura, com a utilização do sistema de camalhões obteve-se as maiores médias. A massa média dos grãos é uma característica determinada geneticamente, sendo essa influenciada por fatores ambientais (PANDEY e TORRI, 1973). Como o sistema de camalhões oferece melhores condições ambientais como menor tempo de hipóxia sofrido pelas plantas,

a massa de cem grãos foi maior nesse sistema. Segundo Egli et al. (1987) a formação de vagens pode ser prejudicada pela limitação de fotoassimilados e que pode limitar fisicamente o tamanho do grão, diminuindo assim sua massa.

Estudando diferentes cultivares de soja num período de três anos, Heatherly e Spurlock (2000) constataram que o peso de 100 grãos não variou significativamente no primeiro e segundo anos em função dos tratamentos com irrigação, entretanto, no último ano de ensaio foram observadas diferenças significativas no peso em relação aos tratamentos com inundação, obtendo menores pesos nos tratamento com inundação.

Para o rendimento de grãos verificou diferença significativa entre cultivares e sistema de semeadura ($p < 0,05$). A cultivar Vmax apresentou o maior rendimento de grãos não diferindo estatisticamente de Magna e CD 214. Já as cultivares Força e TMG 4001 apresentaram os menores rendimentos de grãos e diferiram estatisticamente das outras. (Quadro 4).

Entre os sistemas de semeadura houve diferença significativa para rendimento de grãos tendo maior rendimento o sistema de semeadura com camalhões. Esse resultado é um somatório das variáveis analisadas em que o sistema com camalhões obteve melhores resultados. Para Silva et al. (2007) os rendimentos médios de grãos, proporcionado pelos camalhões foram em geral semelhantes ou superiores em relação aos obtidos nos sistemas convencionais irrigados.

Para relacionar cultivares de soja e resistência ao alagamento, Reyna et al. (2003) observaram que para o rendimento de grãos houve diferenças entre as cultivares avaliadas, evidenciando que alguns genótipos são mais tolerantes ao excesso de água. Para esses autores, esta diferença está relacionada à presença de genes que permitem uma melhor adaptação desses genótipos.

Resultados semelhantes ao obtidos neste trabalho foram verificados por Heatherly e Pringle (1991) onde avaliaram duas cultivares de soja num solo tipo Glay, e observaram que sob condições de solo mais seco, devido à baixa precipitação, a produtividade foi significativamente superior às condições de solo encharcado. Para as condições de várzea, tanto os períodos longos de estiagem como as situações de excesso hídrico comprometem o rendimento de grãos, sendo que o manejo da água por meio da drenagem e irrigação é fundamental no cultivo da soja na várzea.

Reyna et al. (2003) verificaram redução de 17 a 43 % na produtividade da

soja quando a inundação do solo ocorreu durante o estágio vegetativo e de 50 a 56 % de rendimento quando esta inundação ocorreu durante o período reprodutivo. Outro estudo estimou uma redução diária de 89 a 129 kg ha⁻¹ em diferentes genótipos de soja sob condições de estresse por excesso de água. Também foi constatada uma redução de até 25% em 84 cultivares de soja avaliadas sob área inundadas durante quatro semanas (VANTOAI e BEUERLEIN, 1994).

Relatos de Wuebker et al. (2001) acerca de inundação ou saturação do solo, destacam que esta condição podem resultar num baixo índice de germinação e estabelecimento das plântulas, prejudicando também o rendimento da cultura. Estes autores mencionam que o tempo de exposição da semente ao solo inundado determinará a sua viabilidade e, conseqüentemente, sua germinação. Para Runge e Odell (1960), a saturação hídrica do solo durante o período vegetativo prejudica o desenvolvimento e reduz o número de flores das plantas. Para Wuebker et al. (2001), a inundação ou saturação do solo pode resultar na baixa germinação e estabelecimento de plântulas, podendo reduzir o rendimento da cultura.

Avaliando o comportamento de linhagens sob encharcamento a partir da floração plena, Gastal et al. (1999) observaram que determinadas linhagens sobreviveram até o final do ciclo e produziram sementes. Algumas toleram até 20 dias de encharcamento na fase vegetativa e dez dias na fase reprodutiva, enquanto outras morrem e, nenhuma resistiu ao encharcamento durante todo o ciclo. Contudo, Costa (1973) observou que o número de dias da semeadura ao florescimento não sofreu alteração com a saturação hídrica do solo.

5. CONCLUSÕES

O sistema de semeadura com camalhões proporciona maior rendimento de grãos para cultivo de soja em solos de várzea.

As cultivares Vmax e Magna apresentam melhores produtividades desde que cultivadas com sistemas de camalhões.

Nas condições onde foi conduzido o trabalho pode-se dizer que é viável a semeadura de soja em solo de várzea sistematizado com camalhões.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAIR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F. **Produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais**. EMBRAPA Arroz e Feijão. Santo Antônio de Goiás – GO, p. 26, 2002
- ALMEIDA, A.M.R.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; TORRES, E.; FARIAS, J R.B.; BENATO, L.C.; PIINTO, M.C.; VALENTIN, N. Progresso f soybean charcoal rot under tillage and no-tillage systems in Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, Fortaleza, v.28, n.2, p.131-135, 2003.
- AMARANTE, L. DO; LIMA, J.D.; SODEK, L. Growth and stress conditions cause similar changes in xylem amino acids for different legume species. **Environmental and Experimental Botany**, v. 58, p.123-129, 2006.
- AMARANTE, L; COLARES, D.S.; OLIVEIRA, M. L; ZENZEN, I. L.; BADINELLI, P. G; BERNARDI, E.. Teores de clorofilas em soja associada simbioticamente com diferentes estirpes de Bradyrhizobium sob alagamento **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 2, p. 906-908, 2007.
- ARGENTA, G.; SILVA, P,R,F,; SANGOL, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.6, p.1075-1084, 2001.
- AVILAR, L.A.; MARCHEZAN, E.; SCIVITTARO, W.B.; PORTO, M.P.; SILVA, R.P.; VILLA, S.C.C. **Produção de Milho, soja e sorgo em solo de várzea, com diferentes níveis de adubação de “P” e “K”**. In: REUNIÃO TÉCNICA DO MILHO, 45, REUNIÃO ANUAL DO SORGO, 28., 2000, Pelotas. Anais...Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2000. p.480-486. Embrapa Clima Temperado. Documento, 80.
- BACANAMWO, M.; PURCELL, L.C. Soybean root morphological and anatomical traits associated with acclimation to flooding. **Crop Science**, Madison, v. 39, n. 1, p. 143-149, 1999.
- BAKER, A.; PARSONS, R.; Rapid assimilation of recently fixed N₂ in root nodules of *Myrica gale*. **Physiologia Plantarum**, 1997. v.99, p. 640-647.
- BARNI, N.A. Efeito do período de inundação do solo na absorção de nutrientes, uso da água e crescimento da planta de soja. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 7-18, 1999.
- BARTLETT, R. J.; JAMES, B. R. Redox chemistry of soil. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 50, p. 151-208, 1993.
- BATISTA, C.U.N.; MEDRI, M.E.; BIANCHINI, E.; MEDRI, C.; PIMENTA, J.A. Tolerância à inundação de *Cecropia pachystachya* Trec. (Cecropiaceae): aspectos ecofisiológicos e morfoanatômicos. **Acta Botânica Brasileira**, v.22, p.91-98, 2008.

BLOKHINA, O.; VIROLAINEN, E.; FAGERSTEDT, K.V. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review. **Annals of Botany**, v.91, p.79-194, 2003.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 399p. 2009.

CHAPMAN, S.C.; BARRETO, H.J. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. **Agronomy Journal**, v.89, p.557-562, 1997.

CLAESSEN, M.E.C. (Org). **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA – CNPS, 212p. 1997. (Documento 1).

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira – Grãos safra 2012/2013**. Disponível em <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra>>. Acesso em: 15 de março 2013.

CORRÊA, M.F.; ZENZEN, I.L.; JUNIOR, A.A.A.B.; BADINELLI, P.G.; COLARES, D.; AMARENTE, L. **Diferentes Genótipos de Soja Nodulada sob Influência do Alagamento no Acúmulo de Massa Seca**. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 15.; ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 8., 2006, Pelotas. Anais... Pelotas: Editora da UFPel, 2006.

COSTA, J.A. Efeito de inundação sobre a soja *Glycine max* (L) Merril. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v.9, n.1, p.113-119, 1973.

COSTA, J. A. **Cultura da soja**. Porto Alegre: Evangraf, 1996. 233 p.

DAVANSO, V.M.; SOUZA, L.A.; MEDRI, M.E.; PIMENTA, J.A.; BIANCHINI, E. Photosynthesis, growth and development of *Tabebuia avellanadae* Lor. Ex Griseb. (Bignoniaceae) in flooded soil. **Brazilian archives of Biology and Technology**, v.45, p.375-384, 2002.

DENNIS, E.S.; DOLFERUS, R.; ELLIS, M.; RAHMAN, M.; WU, Y.; HOEREN, F.U.; GROVER, A.; ISMOND, K.P.; GOOD, A.G. e PEACOCK, W.J. Molecular strategies for improving waterlogging tolerance in plants. **Journal of Experimental Botany**, 51:89-97, 2000.

DE-POLLI, H.; FRANCO, A.A.; DÖBEREIBER, J. Sobrevivência de *Rhizobium* em solos de baixada sujeitos à inundação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 8:133-138, 1973.

DREW, M.C.; STOLZY, L.W. Growth under oxygen stress. In: WAISEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U. (Ed.). **Plant roots: the hidden half**. New York: M. Dekker, 1991. p. 331-350.

EGLI, D.B.; WIRALAGA, R.A.; BUSTAMAM, T.; YU, Z.W.; TEKRONY, D.M. Time of flower opening and seed mass in soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v. 79, n. 4, p. 697-700, 1987.

ELTZ, F.L.F.; PEIXOTO, R.T.G.; JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno álico. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Campinas, v. 13, n. 2, p. 259-267, 1989.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. (Rio de Janeiro – RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1999. 412p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na Região Central do Brasil 2000/01**. Londrina, 2000. 245p. (EMBRAPA. CNPSo. Documento, 146).

EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE. Clima MS: banco de dados. Dourados, (2013). Disponível em: <<http://www.cpa0.embrapa.br/clima/>> Acesso em: 14 abr. 2012.

FAMASUL – Federação de Agricultura e Pecuária do Mato Grosso do Sul. **Levantamento da Produtividade da Cultura da Soja para Safra 2011/2012**. Disponível em <<http://famasul.com.br/public/download-pdf/663-arquivo.pdf>>. Acesso em 21 de maio de 2013.

FERREIRA, D. F. **SISVAR**. Sistema para análise de variância. Lavras: UFL/DEX, 2000, CD-ROM.

FIETZ, C.R.; FISCH, G.F. **O clima na região de Dourados, MS**. Dourados, Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 32p. (Documentos, 92).

FREIRE, F.M.; NOVAIS, R.F. Solos de várzeas – características e problemas relativos à fertilidade. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 6, n. 65, p. 24-34, 1980.

FRIES, D.D.; ALVES, J.D.; DELÚ FILHO, N.; MAGALHÃES, P.C.; GOULART, P. F.P. **Crescimento de plântulas do milho “saracura” e atividade de a-amilase e invertases associados ao aumento da tolerância ao alagamento exercido pelo cálcio exógeno**. *Bragantia*, v.66, p.1-9, 2007.

GASTAL, M.F. da C.; BRANCÃO, N.; VERNETTI, F. de J. **Indicação de Cultivares de Soja para Terras Baixas**. Pelotas: EMBRAPA Agropecuária de Clima Temperado, 1999. v. 1, n. 1, p. 95-99.

GAZZONI, D. L. **Avaliação do efeito de três níveis de desfolha aplicadas em 4 estádios de crescimento de dois cultivares de soja (*Glycine max* (L) Merrill) sobre a produção e a qualidade de grão**. 1974. 70 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

GOMES, A. da S.; CUNHA, N.G. da; PAULETTO, E.A.; SILVEIRA, R.J.C. da; TURATTI, A.L. **Solos de várzeas - uso e manejo: problemas físicos e perspectivas de ação.** In: FEDERAÇÃO DOS CLUBES DE INTEGRAÇÃO E TROCA DE EXPERIÊNCIAS. Solos e irrigação. Porto Alegre: Ed. da Universidade - UFRGS, 1992. p. 64-79. (FEDERACITE, 3).

GOMES, A. da S.; FERREIRA, L.H.G.; PAULETTO, E.A. **Influência da descompactação do solo em subsuperfície e do espaçamento entre linhas sobre o desempenho da soja em área de várzea.** In: SILVA, C.A.S. da; GASTAL, M.F. da C. (eds.). REUNIÃO TÉCNICA, DIVERSIFICAÇÃO DO USO DE VÁRZEAS DE CLIMA TEMPERADO. Pelotas, 2002. Anais... Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2002. p. 78-82. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 90).

GOMES, A. S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.M. **Arroz Irrigado no Sul do Brasil.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 75-95.

HEATHERLY, L.G.; PRINGLE, H.C. Soybean Cultivars' Response to Flood Irrigation of Clay Soil. **Agronomy Journal**, Madison, v. 83, p. 231-236, 1991.

HEATHERLY, L.G.; SPURLOCK, S.R. Furrow and Flood Irrigation of Early-Planted, Early-Maturing Soybean Rotated with Rice. **Agronomy Journal**, Madison, v. 92, p. 785-791, 2000.

HEIFFING, L.S. **Plasticidade da cultura de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em diferentes arranjos espaciais.** **Dissertação** 2002. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP. Piracicaba, 2002.

HOU, F.F.; THSENG, F.S. Studies on the Flooding Tolerance of Soybean Seed: Varietal Differences. **Euphytica**, Netherlands, v. 57, p. 169-173, 1991.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola.** Disponível em <
http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201208.
2013.

IRGA. **Arroz Irrigado: Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil.** Porto Alegre, 2001. 128p.

ISHIDA, F.Y.; OLIVEIRA, L.E.M.; CARVALHO, C.J.R.; ALVES, J.D. Efeitos da inundação parcial e total sobre o crescimento, teor de clorofila e fluorescência de *Setaria anceps* e *Paspalum repens*. **Ciência e Agrotecnologia**, v.6, p.1152-1159, 2002.

JACKSON, M. B. Ethylene and responses of plants to soil waterlogging and submergence. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 36, p. 145-174, 1985.

JACKSON, M.B.; COLMER, T.D. Response and adaptation by plants to flooding stress. **Annals of Botany**, v.96, p.501-505, 2005.

JAMES, E.; CRAWFORD, R. Effect of oxygen availability on nitrogen fixation by two *Lotus* species under flooded conditions. **Journal of Experimental Botany**, 49:599-609, 1998.

JIANG, H.; EGLI, D.B. Shade induced change in flower and pod number and flower and fruit abscission in soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.85, n.2, p.221-225, 1993.

KLAMT, E.; KAMPF, N.; SCHNEIDER, P. **Solos de várzea no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, 1985. 42p. (Boletim Técnico, 4).

KOLB, R.M.; JOLY, C.A. Flooding tolerance of *Tabebuia cassinoides*: **Metabolic, morphological and growth responses**. *Flora*, 2009.

LANGE, C. Avaliação de desempenho agrônômico de cultivares comerciais de soja cultivados em solo de várzea. In: RELATÓRIO ANUAL DE PESQUISA, 7., Cachoeirinha, 2009. **Relatório Técnico 7**. Cachoeirinha: IRGA, 2009. p.526-539.

LANGE, C. Avaliação de desempenho agrônômico de cultivares comerciais de soja cultivados em solo de várzea. In: RELATÓRIO ANUAL DE PESQUISA, 8., Cachoeirinha, 2010. **Relatório Técnico 8**. Cachoeirinha: IRGA, 2010. p.541-562.

LIAO, C.T.; LIN, C.H. Physiological adaptation of crop plants to flooding stress. **Proceedings National Science Council**, v.25, p.148-157, 2001.

LI-COR. **Instruction Manual: Li-1800 Postable Spectroradiometer**. Lincoln, Nebraska, 2012.

LOUREIRO, M. F.; JAMES, E. K.; SPRENT, J. I.; FRANCO, A. A. Stem and root nodules on the tropical wetland legume *Aeschynomene fluminensis*. **New Phytologist**, Cambridge, Inglaterra, v. 130, p. 531-544, 1995.

LUDWIG, M.P.; VERNETTI JUNIOR, F.J.; SCHUCH, L.O.B.; SEUS, R.; CRIZEL, R.L.; CORRÊA, M.F.; NUNES, T.L.; OLIVEIRA, E.S. **Parâmetros para avaliação de genótipos de soja submetidos ao alagamento do solo no estágio vegetativo**. In: XXXVIII REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, Cruz Alta, 2010, 48-51.

MARTINS, M.C.; CÂMARA, G.M.S.; PEIXOTO, C.P.; MARCHIORI, L.F.S.; LEONARDO, V.; MATTIAZZI, P.; Épocas de semeadura, densidades de plantas e desempenho vegetativo de cultivares de soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba-SP, v.56, n.4, p.851-858, 1999.

McBLAIN, B.A.; HUME, D.J. Reproductive abortion yield components and nitrogen content in three early soybean cultivars. **Canadian Journal of Plant Science**. Ottawa, v. 61, n. 3, p. 499-505, July 1981.

MILLAR, A.A. **Drenagem de terras agrícolas**. São Paulo: McGraw-Hill, 1978. 276 p.

MINOLTA CAMERA Co., Ltda. **Manual for chlorophyll meter SPAD 502**. Osaka: Minolta. Radiometric Instruments Divisions, 1989. 22 p.

MONTEALEGRE, F.A.; VARGAS, J.P. **Effecto de algunas practicas culturales sobre la problación de arroz rojo y los rendimientos del cultivo comercial**. Arroz. Bogotá, v. 38, p. 19-24, 1989.

MORAES, J.F.V. Solos. In: VIEIRA, N.R.A.; SANTOS, A.B.; SANT'ANA, E.P. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p. 88-115.

PANDEY, J.P.; TORRI, E.J.H. Path coeficient analysis of seed yield components in soybean *Glycine max* (L) Merrill. **Crop Science**, Madison, v.13, n.5, p.505-507, 1973.

PARFITT, J.M.B. (Coord.) **Produção de milho e sorgo em várzea. Pelotas**: Embrapa Clima Temperado, 2000. 146 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 74).

PAULETTO, E.A.; TURATTI, A.L.; GOMES, A.S. **Produtividade do arroz irrigado em sistema de cultivo contínuo e em rotação com soja e milho – 1991**. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 1991, Balneário Camburiú. Anais...Florianópolis; EMPASC, 1991. p. 125-129.

PEREIRA, A.R. Aspectos fisiológicos da produtividade vegetal. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.1, p.139-142, 1989.

PETRINI, J.A., RAUPP, A.A.A, PARFITT, J.M.B, FRANCO, D.F. **Controle do arroz vermelho (*Oryza sativa* L.) com o uso de culturas em rotação com arroz irrigado no Rio Grande do Sul**. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 6., 1998, Goiânia. Perspectivas para a cultura do arroz nos ecossistemas de várzea e terras altas. Anais... Volume I. Goiânia: Embrapa-CNPAF, 1998. p.377-380. (Documentos, 85).

PIRES, J.L.F.; SOPRANO, E., CASSOL, B. Adaptações morfofisiológicas da soja em solo inundado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.41-50, 2002.

PORTO, M.P.; SILVA, C.A.S.; PARFITT, J.M.B.; FRANCO, J.C.B. **Avaliação de híbridos experimentais de milho em áreas de rotação com arroz irrigado no ano agrícola 1998/99**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. 6p. (Embrapa Clima Temperado. Comunicado Técnico, 23).

RASSINI, J.B.; REIS, A.E.G.; MACEDO, J.; LEITE, J.C.; **Caracterização de várzeas na região dos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1984. 16p. (EMBRAPA-CPAC. Boletim de Pesquisa, 22).

REGO, P. G.. Economia das rotações de cultura em plantio direto. **Revista Mensal Batavo**. Castro, v.31, 1994. p. 20-28.

REYNA, N.; CORNELIOUS, B.; SHANNON, J.G.; SNELLER, C.H. Evaluation of QTL for Waterlogging Tolerance Insouthern Soybean Germplasm. **Crop Science**, Madison, v. 43, p. 2077-2082, 2003.

RUNGE, E.; ODELL, R.T.; The relation between precipitation temperature and the yield of soybeans on the agronomy south farm. **Agronomy Journal**, Madison, v. 52, n. 5, p. 245-247, 1960.

SCHÖFFEL, E.R.; SACCOL, A.V.; MANFRON, P.A.; MEDEIROS, S.L.P. Excesso hídrico sobre os componentes do rendimento da cultura da soja. **Ciência Rural**, p.31, p.7-12, 2001.

SCHÖLLES, D.; VARGAS, L.K. Viabilidade da inoculação de soja com estirpes de *Bradyrhizobium* em solo inundado. Porto Alegre: UFRGS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 28, p. 973-979, 2004.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R.C.; REIS, M.S. **Melhoramento de soja**. In: BORÉM, A. (ed). Melhoramento de espécies cultivadas. Viçosa: UFV, 1999, p.478-433.

SEVENHUIJSEN, R. J. Surface drainage systems. In: RITZENA, H. P.(Ed). **Drainage principles and applications**. Wageningen: ILRI,1994. p. 799-826.

SILVA, C.A.S. da; PARFITT, J.M.B.; PETRINI, J.A.; VERTNETTI Jr., F.J.; WENDT, W. **Aprimoramento de práticas de cultivo de culturas de grãos em rotação com arroz irrigado**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. 36 p. (Embrapa. Programa 04 Produção de grãos).

SILVA, W. C. J.; DUARTE, J. B. Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 01, p. 23-30, 2006.

SILVA, C.A.S., THIESEN, G., PARFITT, J.M.B., SILVA, J.J.C., POHLMANN, N.F., CARVALHO, E.N., SEGABINAZI, D.R., **Sistema sulco/camalhão para irrigação e drenagem em áreas de várzea**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. (Embrapa Clima Temperado. Documento 165).

SILVA, C.A.; PARFITT, J.M.B.; SILVA, J.J.C.; THEISEN, G. **Drenagem superficial para cultivos rotacionados em solos de várzea**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 22 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 237).

SOSBAI - SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Pelotas: SOSBAI, 2007.

SOSBAI - SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Porto Alegre: SOSBAI, 2010.

SOUTO, S.M. **Levantamento de arvores em pastagens nos municípios das Regiões Norte, Noroeste e Serrana do Estado do Rio de Janeiro**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, dez. 69 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 135) 2001.

STOKING, C.R.; ONGUN, A. The intracellular distribution of some metallic elements in leaves. **American Journal of Botany**, 49:284-289, 1962.

STRECK, E.V.; KAMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.; SCHINEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS: UFRGS, 2002. 107 p

THEISEN, G.; VERNETTI, A.J.; ANDRES, A.; SILVA, J.J.C.; **Manejo da Cultura da Soja em Terras Baixas em Safras com *El-niño***. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. (Embrapa Clima Temperado. Documento 84).

THOMAS, A.L.; GUERREIRO, S.M.C.; SODEK, L. Aerenchyma formation and recovery from hypoxia of the flooded root system of nodulated soybean. **Annals of Botany**, Oxford, v.96, n.7, p. 1191-1198, 2005.

VAN DONGEN, J.T.; SCHURR, U.; PFISTER, M. internal oxygen. **Plant Physiology**, v. 131, p.1529-43, 2003.

VANTOAI, T. T.; BEUERLEIN, J. E. Genetic variability for flooding tolerance in soybeans. **Crop Science**, Madison, v. 34, p. 1112-1115, 1994.

ZENZEN, I.L.; FONSECA, C.S.; OLIVEIRA, M.; BERNARDI, E.; AMARANTE, L.; COLARES, D.; **Influência do alagamento no acúmulo de matéria seca em plantas de soja inoculadas com diferentes estirpes de *Bradyrhizobium***. In: XV Congresso de Iniciação Científica-UFPel, Pelotas, 2006.

WUEBKER, E.F.; MULLEN, R.E.; KOEHLER, K. Flooding and Temperature Effects on Soybean Germination. **Crop Science**, Madison, v .41, p. 1857-1861, 2001.