

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS**

**ARRANJO ESPACIAL DE PLANTAS E ADUBAÇÃO COM  
NPK NO DESENVOLVIMENTO AGRONÔMICO DE SOJA**

**CEDRICK BRITO CHAIM JARDIM ROSA**

**DOURADOS  
MATO GRASSO DO SUL  
2015**

**ARRANJO ESPACIAL DE PLANTAS E ADUBAÇÃO COM NPK  
NO DESENVOLVIMENTO AGRONÔMICO DE SOJA E MILHO**

**CEDRICK BRITO CHAIM JARDIM ROSA**  
**Engenheiro Agrônomo**

**Orientadora PROF<sup>(a)</sup>. DR<sup>(a)</sup>. MARLENE ESTEVÃO MARCHETTI**

**Tese 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  
Doutor**

**DOURADOS  
MATO GRASSO DO SUL  
2015**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).**

R788a	<p>Rosa, Cedrick Brito Chaim Jardim. Arranjo espacial de plantas e adubação com NPK no desenvolvimento agrônômico de soja e milho. / Cedrick Brito Chaim Jardim Rosa. – Dourados, MS : UFGD, 2015. 54f.</p> <p>Orientadora: Marlene Estevão Marchetti. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados.</p> <p>1. Arranjo espacial. 2. Distância entre fileiras de plantas. 3. Aumento de produtividade. I. Título.</p> <p>CDD – 633.34</p>
-------	---

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD.**

**©Todos os direitos reservados. Permitido a publicação parcial desde que citada a fonte.**

**ARRANJO ESPACIAL DE PLANTAS E ADUBAÇÃO COM NPK NO  
DESENVOLVIMENTO AGRONÔMICO DE SOJA E MILHO**

por

Cedrick Brito Chaim Jardim Rosa

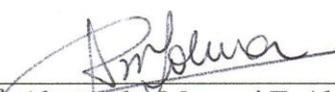
Tese apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de  
DOUTOR EM AGRONOMIA

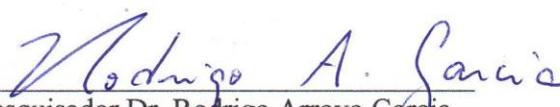
Aprovada em: 27/02/2015

  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marlene Estevão Marchetti  
Orientadora  
UFGD/FCA

  
Prof. Dr. Luiz Carlos Ferreira de Souza  
Co-orientador  
UFGD/FCA

  
Pesquisador Dr. Ademair Pereira Serra  
EMBRAPA GADO DE CORTE

  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Alessandra Mayumi T. Alovisi  
UFGD/FCA

  
Pesquisador Dr. Rodrigo Arroyo Garcia  
EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE

*“ É justamente a possibilidade de realizar um sonho  
que torna a vida interessante”*

(Paulo Coelho)

Àqueles que por meio do seu conhecimento, experiência ou trabalho propiciam o aumento da produtividade agrícola

**HOMENAGEIO**

A minha esposa Milena e a nossa filha Maria Antônia;

Aos nossos pais Edgard, Yara, Ildo e Suzana e

Aos nossos irmãos Derek, Giuseppe e Roberta

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, amparo e amor, em todos os momentos de minha vida;

À Universidade Federal da Grande Dourados e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade concedida;

Aos proprietários da Fazenda Maggioni II, por viabilizar os recursos materiais e humanos necessários à execução deste trabalho;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro;

Aos professores Marlene Estevão Marchetti (orientadora) e Luiz Carlos Ferreira de Souza (co-orientador) pelos ensinamentos, disponibilidade e pelos exemplos de profissionalismo, de mestres e de amigos;

Aos professores do Curso de Pós Graduação em Agronomia - Produção Vegetal pelos conhecimentos transmitidos;

Ao técnico do laboratório de Fertilidade do Solo da Faculdade de Ciências Agrárias da UFGD, João Augusto Machado da Silva, pelo auxílio nas análises laboratoriais;

À comissão examinadora pelas correções e valiosas sugestões;

E a todos que direta ou indiretamente colaboraram para que este trabalho pudesse ser concluído.

## SUMÁRIO

	PÁGINA
LISTA DE QUADROS.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	xii
RESUMO.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
Referências Bibliográficas.....	5
CAPÍTULO I: Arranjo espacial e adubação com NPK na produtividade de soja ( <i>Glycine max</i> (L.) Merrill) transgênica em Mato Grosso do Sul...	8
Resumo.....	8
Abstract.....	9
1. Introdução.....	10
2. Material e Métodos.....	11
2.1 Descrição da área experimental.....	11
2.2 Histórico da área.....	12
2.3 Delineamento estatístico.....	13
2.4 Implantação da área e tratos culturais.....	14
2.5 Mensuração de variáveis.....	15
3. Resultados e Discussão.....	17
4. Conclusões.....	29
5. Referências Bibliográficas.....	30
CAPÍTULO II: Arranjo espacial e adubação com NPK na produção de milho ( <i>Zea mays</i> ) transgênico em Mato Grosso do Sul.....	33
Resumo.....	33
Abstract.....	34
1. Introdução.....	35
2. Material e Métodos.....	37
2.1 Descrição da área experimental.....	37
2.2 Histórico da área.....	37
2.3 Delineamento estatístico.....	38
2.4 Implantação da área e tratos culturais.....	39

2.5 Mensuração de variáveis.....	41
5. Resultados e Discussão.....	42
6. Conclusões.....	51
7. Referências Bibliográficas.....	51
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54

## LISTA DE QUADROS

PÁGINA

### CAPÍTULO I

Arranjo espacial e adubação com NPK na produtividade de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) transgênica em Mato Grosso do Sul

<b>QUADRO 1.</b> Análise química do solo da área experimental, situada em Ponta Porã-MS, antes implantação do experimento. Dourados-MS, UFGD, 2015.....	13
<b>QUADRO 2.</b> Produtos utilizados para o controle de plantas daninhas, pragas e doenças da área experimental, situada em Ponta Porã-MS, nas safras S1 (2011/2012) e S2 (2012/2013). Dourados-MS, UFGD, 2015..	16
<b>QUADRO 3.</b> Resumo das análises de variância do estande final (SF), tempo para fechamento das entrelinhas (TFL), altura das plantas (AP), altura da inserção da primeira vagem (AIVS), número de ramificações por planta de soja (NR), número de vagens chochas por planta (NVCP), número de grãos por vagem (NGV), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), produtividade (PROD) e massa de mil grãos (MMG) da variedade de soja ( <i>Glycine max</i> (L.) Merrill) BMX Potência RR cultivada em Ponta Porã-MS . Dourados-MS, UFGD, 2015.....	18
<b>QUADRO 4.</b> Estande final (SF); tempo para fechamento das entrelinhas (TFL), altura das plantas (AP), altura da inserção da primeira vagem (AIVS), número de ramificações por planta de soja (NR), número de vagens chochas por planta (NVCP), número de grãos por vagem (NGV), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), produtividade (PROD) e massa de mil grãos (MMG) da variedade de soja ( <i>Glycine max</i> (L.) Merrill) BMX Potência RR, cultivada em Ponta Porã-MS, observados em função das safras agrícolas. Dourados-MS, UFGD, 2015.....	19

### CAPÍTULO II

Arranjo espacial e adubação com NPK influenciando os fatores de produção de milho (*Zea mays* L.) transgênico em Mato Grosso do Sul

<b>QUADRO 1.</b> Análise química do solo da área experimental antes implantação do experimento. Ponta Porã-MS, UFGD, 2015.....	38
<b>QUADRO 2.</b> Produtos utilizados para o controle de plantas daninhas, pragas e doenças da área experimental, situada em Ponta Porã-MS, nas safras 2012 e 2014. Dourados-MS, UFGD, 2015.....	41

**QUADRO 3.** Resumo das análises de variância do estande final (SF), tempo de fechamento de entrelinhas (TFL), altura da planta (AP), altura da inserção da primeira espiga (AIE), número de fileiras de grãos (NF), número de grãos por fileira (NGF), diâmetro do colmo (DC), grau de acamamento (GA), produtividade (PROD) e massa de mil grãos (MMG) do híbrido de milho (*Zea mays* L.) Pioneer 3431 HX cultivado em Ponta Porã-MS. Dourados-MS, UFGD, 2015..... 43

**QUADRO 4.** Estande final (SF), tempo de fechamento de entrelinhas (TFL), altura da planta (AP), altura da inserção da primeira espiga (AIE), número de fileiras de grãos (NF), número de grãos por fileira (NGF), diâmetro do colmo (DC), grau de acamamento (GA), produtividade (PROD) e peso de mil grãos (PMG) do híbrido de milho (*Zea mays* L.) Pioneer 3431 HX, cultivado em Ponta Porã-MS em função das safras agrícolas. Dourados-MS, UFGD, 2015..... 44

## LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I	PÁGINA
<p>Arranjo espacial e adubação com NPK na produtividade de soja (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill) transgênica em Mato Grosso do Sul</p>	
<p><b>FIGURA 1.</b> Precipitação pluviométrica e temperatura média mensal, registrada nas safras 2011/2012 (safra 1) e 2012/2013 (safra 2) em Ponta Porã-MS. Dourados-MS, UFGD, 2015.....</p>	12
<p><b>FIGURA 2. A, B:</b> Área experimental, situada em Ponta Porã-MS, com a disposição dos tratamentos. Dourados-MS, UFGD, 2015.....</p>	14
<p><b>FIGURA 3. A, B:</b> Adubação da área experimental, situada em Ponta Porã-MS, com a fórmula NPK 02-20-18. Dourados-MS, UFGD, 2015..</p>	14
<p><b>FIGURA 4.</b> Respostas da variedade de soja (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill) BMX Potência RR, observadas, nas safras 2011/2012 (S1) e 2012/2013 (S2), em Ponta Porã- MS, em função dos espaçamentos entrelinhas. <b>(A)</b> Estande final (SF); <b>(B)</b> tempo para fechamento das entrelinhas (TFL); <b>(C)</b> altura das plantas (AP); <b>(D)</b> altura da inserção da primeira vagem (AIVS); <b>(E)</b> número de ramificações por planta de soja (NR); <b>(F)</b> número de vagens chochas por planta (NVCP). Dourados-MS, UFGD, 2015.....</p>	20
<p><b>FIGURA 5.</b> Respostas da variedade de soja (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill) BMX Potência RR, observadas, nas safras 2011/2012 (S1) e 2012/2013 (S2), em Ponta Porã-MS, em função dos espaçamentos entrelinhas. <b>(A)</b> número de grãos por vagem (NGV); <b>(B)</b> número de vagens por planta (NVP); <b>(C)</b> número de grãos por planta (NGP); <b>(D)</b> produtividade (PROD). Dourados-MS, UFGD, 2015.....</p>	22
<p><b>FIGURA 6. (A)</b> Implantação da pesquisa no município de Ponta Porã-MS; <b>(B)</b> roçada da área experimental, devido à elevada quantidade de cobertura vegetal. Dourados-MS, UFGD, 2015.....</p>	24
<p><b>FIGURA 7.</b> Respostas da variedade de soja (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill) BMX Potência RR, observadas, nas safras 2011/2012 (S1) e 2012/2013 (S2), em Ponta Porã-MS, em função dos níveis de NPK. <b>(A)</b> número de grãos por vagem (NGV); <b>(B)</b> tempo de fechamento das entrelinhas. Dourados-MS, UFGD, 2015.....</p>	26

<b>FIGURA 8.</b> (A) número de ramificações por planta (NR); (B) número de grãos por planta (NGP); (C) número de vagens por planta (NVP); (D) produtividade (PROD) da variedade de soja ( <i>Glycine max</i> (L.) Merrill) BMX Potência RR, cultivada em Ponta Porã-MS, na safra 2012/2013 (S2), em função dos espaçamentos entrelinhas e dos níveis de NPK. Dourados-MS, UFGD, 2015.....	28
---	----

## CAPÍTULO II

Arranjo espacial e adubação com NPK influenciando os fatores de produção de milho (*Zea mays* L.) transgênico em Mato Grosso do Sul

<b>FIGURA 1.</b> Precipitação pluviométrica e temperatura média mensal, registrada durante as safras 2012 e 2014, em Ponta Porã-MS. Dourados-MS, UFGD, 2015.....	37
<b>FIGURA 2.</b> Espaçamento entrelinhas da área experimental localizada em Ponta Porã-MS (A) espaçamento de 0,50 m; (B) espaçamento de 0,90 m entrelinhas. Dourados-MS, UFGD, 2015.....	39
<b>FIGURA 3. A, B:</b> Área experimental, situada em Ponta Porã-MS. Dourados-MS, UFGD, 2015.....	39
<b>FIGURA 4.</b> Adubação da área experimental, situada em Ponta Porã-MS, com a fórmula NPK 16-16-16. Dourados-MS, UFGD, 2015.....	40
<b>FIGURA 5.</b> Respostas do híbrido de milho ( <i>Zea mays</i> L.) Pioneer 3431 HX observadas nas safras 2012 (S1) e 2014 (S2), em Ponta Porã-MS, em função dos espaçamentos entrelinhas. (A) estande final (SF); (B) tempo de fechamento das entrelinhas (TFL); (C) altura da planta (AP); (D) altura da inserção da primeira espiga (AIE). Dourados-MS, UFGD, 2015.....	46
<b>FIGURA 6.</b> Respostas do híbrido de milho ( <i>Zea mays</i> L.) Pioneer 3431 HX observadas nas safras 2012 (S1) e 2014 (S2), em Ponta Porã-MS, em função dos espaçamentos entrelinhas. (A) número de fileiras de grãos (NF); (B) número de grãos por fileira (NGF); (C) Diâmetro do colmo (DC); (D) produtividade (PROD). Dourados-MS, UFGD, 2015.....	47
<b>FIGURA 7.</b> Respostas do híbrido de milho ( <i>Zea mays</i> L.) Pioneer 3431 HX observadas nas safras 2012 (S1) e 2014 (S2), em Ponta Porã-MS, em função dos níveis de NPK. (A) tempo de fechamento das entrelinhas (TFL); (B) diâmetro do colmo (DC). Dourados-MS, UFGD, 2015.....	49
<b>FIGURA 8.</b> Diâmetro do colmo (DC) do híbrido de milho ( <i>Zea mays</i> L.) Pioneer 3431 HX observado na safra 2012 (S1), em Ponta Porã-MS, em função dos espaçamentos entrelinhas e dos níveis de NPK utilizados. Dourados-MS, UFGD, 2015.....	50

## RESUMO

ROSA, Cedrick Brito Chaim Jardim. Universidade Federal da Grande Dourados, fevereiro de 2015. **Espaçamento e adubação com NPK na produtividade de soja e milho transgênicos em Mato Grosso do Sul.** Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marlene Estevão Marchetti. Co-Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Ferreira de Souza.

As culturas anuais de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e milho (*Zea mays* L.) estão entre as de maior relevância econômica da agricultura brasileira, sendo produzidas na safra de 2013/2014, cerca de 132 milhões de toneladas desses grãos. Objetivou-se, com este trabalho, avaliar, durante duas safras agrícolas, em Ponta Porã - MS, as características agrônômicas de soja de crescimento indeterminado e de um híbrido de milho cultivados em diferentes espaçamentos entrelinhas (0,35; 0,40; 0,50; 0,60 e 0,70 m para soja) e (0,45; 0,50; 0,60; 0,70; 0,90 m para milho) e quatro níveis de adubação (0; 200; 400 e 600 kg ha<sup>-1</sup>) com NPK 02-20-18 para soja e 16-16-16 para milho. Utilizou-se o delineamento experimental blocos casualizados e os tratamentos foram arranjos em parcelas subdivididas, sendo alocados nas parcelas os níveis de adubação NPK e nas subparcelas os espaçamentos entrelinhas com três repetições. Para as duas culturas, as variáveis analisadas foram mais influenciadas pela safra e pelo espaçamento do que pelos níveis do fertilizante (NPK) ou pela interação entre os fatores estudados. Para cultura da soja menores espaçamentos propiciaram menor estande final da cultura, menor altura de plantas, maior número de ramificações por planta, maior número de vagens e de grãos por vagem, menor tempo para o fechamento das entrelinhas e maior produtividade. Níveis mais elevados de adubação NPK propiciaram maior número de grãos por vagem e menor tempo de fechamento de entrelinhas. Para a cultura do milho, espaçamento de 0,45 m propiciou menor estande final e tempo para fechamento das entrelinhas e maior número de fileiras por espiga, maior número de grãos por fileira, diâmetro do colmo, produtividade. Recomenda-se, na sucessão soja-milho, em Ponta Porã-MS, o uso do espaçamento entrelinhas de 0,35 m, associado a dose de 600 kg ha<sup>-1</sup> de NPK (02-20-18) para o cultivo da variedade de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) BMX Potência RR e o espaçamento entrelinhas de 0,45 m para o cultivo do milho (*Zea mays* L.), híbrido Pioneer 3431 HX.

**Palavras-chave:** arranjo espacial, distância entre fileiras de plantas, aumento de produtividade.

## ABSTRACT

ROSA, Cedrick Brito Chaim Jardim. Universidade Federal da Grande Dourados, February 2015. **Spacing and NPK fertilization on yield of GM soybean and maize, in Mato Grosso do Sul.** Advisor: Prof. Dra. Marlene Stephen Marchetti. Co-Advisor: Prof. Dr. Luiz Carlos Ferreira de Souza.

The annual tillage of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) and maize (*Zea mays* L.) are among the most economic relevance of Brazilian agriculture, being produced in the harvest of 2013/2014, about 132 million tonnes of these grains. The objective of this study was to evaluate, for two harvests, the agronomic characteristics of indeterminate growth of soybean and corn hybrids in different row spacings (0.35, 0.40, 0.50, 0.60 and 0.70 m for soybean) and (0.45; 0.50; 0.60; 0.70; 0.90 m for corn) and four fertilizer levels (0, 200, 400 and 600 kg ha<sup>-1</sup>) with NPK 02-20-18 for soybean and NPK 16-16-16 for corn. We used the experimental randomized block design and the treatments were arranged in split plots being allocated in the splits NPK fertilizer levels and the subplots the row spacings with three replications. For the two cultures, the variables analyzed were more influenced by crop and by spacing than the fertilizer levels (NPK) or by the interaction between the factors studied. For soybean crop smaller spacing propitiated smaller final stand of culture, smaller plant height, the greater number of branches per plant, increased number of pods and seeds per pod, shorter time for closing canopy and increased productivity. Higher levels of NPK fertilizer showed higher number of seeds per pod and lower time for closing the lines. For corn, 0.45 m spacing showed lower final stand and time to closing the canopy and a larger number of rows per ear, the greater number of kernels per row, stem diameter, productivity. Is recommended in succession soybean-corn in Ponta Porã-MS, the use of row spacing of 0.35 m, associated with the dose of 600 kg ha<sup>-1</sup> NPK (02-20-18) for the cultivation of the variety soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) BMX Power RR and the row spacing of 0.45 m for the cultivation of maize (*Zea mays* L.), hybrid Pioneer 3431 HX.

**Keywords:** spatial arrangement, distance between rows of plants, increased productivity.

## INTRODUÇÃO GERAL

As culturas anuais de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e milho (*Zea mays* (L.) estão entre as de maior relevância econômica da agricultura brasileira. Somando-se a produção das duas culturas na última safra, foram produzidas, no Brasil, cerca de 132 milhões de toneladas de soja e milho. A produtividade média brasileira das culturas é de 3.000 kg ha<sup>-1</sup> para soja e de 5.000 e 4.700 kg ha<sup>-1</sup> para o milho de 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> safras, respectivamente (CONAB, 2014).

A soja é a matéria prima mais utilizada como proteína na alimentação animal e a segunda maior fonte de óleo vegetal do mundo. A produção mundial da cultura aproxima-se dos 265 milhões de toneladas em 103,5 milhões de hectares semeados (USDA, 2013). No cenário mundial, o Brasil se destaca por apresentar a maior produtividade (CONAB, 2014).

Dentre os cereais cultivados no Brasil, o milho é o mais significativo, com cerca de 62 milhões de toneladas de grãos produzidos, em aproximadamente 15 milhões de hectares (CONAB, 2014). Este cereal também é usado na alimentação animal, como uma importante fonte energética, e na indústria, com um grande número de derivados (JASON, 2014). O Brasil é o terceiro produtor mundial de milho, produzindo, na safra de 2013, 80 milhões de toneladas (FAO, 2014). Cerca de 93% da produção e 79% da área total da cultura concentram-se nos estados do Centro-Sul do Brasil. Os contrastes existentes entre as regiões produtoras são grandes, existindo locais com rendimentos em torno de 8.000 a 10.000 kg ha<sup>-1</sup> e outros com rendimento médio de 6.000 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2014).

A sucessão soja (1<sup>o</sup> safra) - milho (2<sup>o</sup> safra) está tornando-se uma modalidade de produção importante tanto para a viabilização econômica da agricultura brasileira, como para o aumento da produção de grãos sem que haja aumento proporcional da área cultivada, favorecendo a otimização do uso do solo, das máquinas, da mão de obra da propriedade agrícola e dos recursos ambientais (SILVA NETO, 2011). Para que essa dupla produção em um mesmo ano agrícola se torne possível e viável economicamente, em várias regiões agrícolas brasileiras, é de fundamental importância o ajuste do ciclo da cultivar de soja de forma que ela seja colhida antecipadamente a tempo de que o milho seja imediatamente semeado e assim, consiga crescer, florescer e encher grãos com condições climáticas adequadas a uma produtividade economicamente viável.

A possibilidade de uma boa safra de milho 2º safra é altamente dependente das condições de chuva e temperatura durante a fase vegetativa da cultura e até pelo menos 30 dias após o florescimento do milho. Além dessa possibilidade, há ainda a complementaridade na exigência nutricional entre soja e milho. Enquanto a soja deixa resíduos de nitrogênio que são altamente responsivos ao milho, este possui um sistema radicular mais eficiente do que o da soja na absorção de fósforo, que fica remanescente no solo após a colheita da soja. Há ainda a palha de boa qualidade que o milho deixa para o sistema de plantio direto da soja subsequente (SILVA NETO, 2011).

O cultivo de milho safrinha na região do Cerrado é um cultivo de risco e a sua viabilidade econômica depende da quantidade de chuva e calor que recebe durante o ciclo de produção. Portanto, a existência de cultivares de soja com ciclo suficientemente curto e geralmente com o hábito de crescimento indeterminado são fatores decisivos para a viabilidade da safrinha de milho no Cerrado (SILVA NETO, 2011). Com a antecipação da colheita de soja e, por consequência, a possibilidade de realizar a semeadura do milho dentro da época ideal, minimizam-se alguns efeitos de estresse como, por exemplo, a estiagem nas regiões do Mato Grosso e Goiás, bem como a inversão térmica e as geadas que ocorrem nas regiões sul do Mato Grosso do Sul.

Com a chegada ao mercado, nessas regiões, de cultivares de sojas precoces e de crescimento indeterminado, as áreas de milho safrinha têm-se ampliado para municípios onde antes a safrinha não era praticada. Atualmente quase 50% da produção brasileira de milho é proveniente da 2º safra (SILVA NETO, 2011).

Altos rendimentos só são obtidos quando as condições ambientais são favoráveis em todos os estádios de crescimento tanto da soja como do milho. Porém, para se obter altos rendimentos é necessário conhecer práticas culturais compatíveis com produção econômica, aplicadas para maximizar a taxa de acúmulo de matéria seca no grão. As principais práticas de manejo que devem ser consideradas são: semeadura na época recomendada para a região de produção; escolha dos cultivares mais adaptados a essa região; uso de espaçamentos e densidades adequados a esses cultivares; monitoramento e controle das plantas daninhas, pragas e doenças e redução, ao mínimo, das possíveis perdas de colheita (GUIMARÃES et al., 2008).

Melhorar a distribuição de plantas através de diferentes arranjos espaciais, tem sido uma forma de elevar a produção de grãos tanto para soja (KUSS et al., 2008), quanto para milho (GUARESCHI et al., 2008).

A soja é capaz de suportar grandes variações em seu ambiente de produção, como variações na época de semeadura, quantidade de plantas por metro, espaçamentos entrelinhas menores ou maiores (KOMATSU et al., 2010). Dessa forma, o arranjo espacial compreendendo a distância das linhas de semeadura pode ser manipulado para estabelecer uma disposição de plantas por área onde o resultado seja a maior produtividade e adaptação à colheita mecanizada (TOURINO et al., 2009). Tratando-se de maiores produtividades no cultivo desta leguminosa, o ideal seria um arranjo onde o espaçamento entre linhas e o espaçamento entre plantas dentro da linha fossem iguais (TOURINO et al., 2009), entretanto, isto prejudicaria a mecanização da cultura formando plantas mais baixas (EMBRAPA, 2013).

Os maiores rendimentos alcançados pela soja são determinados pela otimização em interceptar a radiação solar durante os estádios vegetativo e reprodutivo iniciais. Espaçamentos reduzidos aumentam o número de legumes por m<sup>2</sup> em virtude da maior interceptação de luz entre os estádios R1 (início do florescimento) e R5 (início do enchimento de grãos) da planta (RAMBO et al., 2004). A interceptação de luz pelas plantas é fundamental para o armazenamento de fotoassimilados, o desenvolvimento de gemas reprodutivas e a diminuição do aborto de flores e legumes (MAEHLER et al., 2003). Segundo Canova et al. (2007), arranjos espaciais menores apresentam incremento na produção de grãos por fatores como o melhor uso da água por sombrear rapidamente o solo, a maior exploração do solo pelas raízes, a redução na competição intra-específica, o maior controle cultural das plantas daninhas, e exploração uniforme da fertilidade do solo.

Em seus relatos Pedersen (2008) e Komatsu et al. (2010) salientam as vantagens dos arranjos espaciais reduzidos para o cultivo da soja tais como eficiência cultural no processo de competição com as plantas daninhas, redução das doses e do número de aplicações de herbicidas pós emergentes, aumento no rendimento de grãos, maior porcentagem de sobrevivência das plantas.

A produtividade de grãos do milho, principalmente os cultivados na 2<sup>o</sup> safra, dependem da interação entre fatores genéticos, ambientais e de manejo (FANCELLI e DOURADO NETO 2004). A manipulação do arranjo espacial de plantas, pela alteração no espaçamento e na densidade de plantas na linha, tem sido apontada como uma das práticas de manejo mais importantes para maximizar o rendimento de grãos do milho, pela otimização do uso de fatores de produção como água, luz e nutrientes.

O surgimento de híbridos com alto potencial produtivo e elevada capacidade de produção de perfilhos indica que essas estruturas podem contribuir para a produtividade de grãos de milho (SANGOI et al., 2009). A redução do espaçamento entre linhas, mantendo-se a densidade constante, promove a distribuição mais equidistante de plantas na lavoura. O arranjo mais favorável de plantas propiciado pela aproximação de linhas de semeadura pode estimular as taxas de crescimento da cultura no início do ciclo e, conseqüentemente, reduzir a dominância apical e favorecer a emissão, a sobrevivência e a contribuição dos perfilhos para a produtividade do milho (SANGOI et al., 2009).

Neste contexto, fica claro que as distâncias das plantas na linha em lavouras com espaçamentos nas entrelinhas mais largos podem tornar-se um fator limitante, inibindo a plena expressão do potencial produtivo dos cultivares ditos de arquitetura moderna (SANGOI et al., 2005). Em sua revisão bibliográfica Souza et al. (2013), observou que a utilização de espaçamentos entrelinhas de 0,50 a 0,75 m permitem aumentar a população ótima por área, especialmente quando híbridos simples, precoces, com alto potencial produtivo são cultivados em solos de alta fertilidade e sob irrigação. Isso se deve ao fato de os híbridos mais precoces geralmente apresentam menor estatura, folhas menores, menor área foliar por planta e menor sombreamento do dossel da cultura (RESENDE et al., 2003).

A semeadura tanto de soja resistente ao glyphosate (RR), como de milho Bt continua a crescer anualmente no Brasil e no mundo, principalmente pelos benefícios destas tecnologias no manejo de plantas daninhas.

Embora essa tecnologia seja usada em muitos países, as recomendações de adubação ainda são incipientes. Trabalhos realizados por Zobiolo et al. (2010) demonstram que o estado nutricional da soja RR pode ser influenciado pelo glyphosate, com elevada diminuição nos teores foliares de macro e micronutrientes.

O efeito dessa diminuição poderia ser atribuído à redução das reações fotossintéticas (REDDY et al., 2004) ou à imobilização de micronutrientes catiônicos (Cu, Fe, Mn e Zn) pelo glyphosate, devido à habilidade desse herbicida em formar complexos insolúveis entre glyphosate-metal (BOTT et al., 2008) também observaram reduções significativas do teor foliar de Mn e da biomassa de raiz após a aplicação de glyphosate na soja RR. Embora os efeitos do glyphosate sobre a soja RR sejam dependentes de fatores como variedade, grupo de maturação, época de aplicação e dose, trabalhos científicos demonstraram o efeito deletério do glyphosate sobre a nodulação

de um grande número de variedades de soja RR cultivadas no Brasil (DVORANEN et al., 2008).

Em vista do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar, durante duas safras agrícolas, as características agronômicas de uma variedade de soja de crescimento indeterminado e um híbrido de milho cultivados em diferentes espaçamentos entrelinhas associados à adubação com NPK.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOTT, S.; TEFAMARIAM, T.; CANDAN, H.; ÇAKMAK., I.; RÖMHELD, V.; NEUMANN, G. Glyphosate-induced impairment of plant growth and micronutrient status in glyphosate-resistant soybean (*Glycine max* L.). **Plant Soil**, Dordrecht, v.312, n. 1, p.185-194, 2008.

CANOVA. R.; SILVA, R.P.; FURLANI, C.E.A.; CORTEZ, J.W. Distribuição de sementes por uma semeadora adubadora em função de alterações mecanismo dosador e de diferentes velocidades de deslocamento. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.15, n.3, p.299-306, 2007.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira Grãos**. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14\\_02\\_11\\_15\\_22\\_20\\_boletim\\_graos\\_fevereiro\\_2014.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_02_11_15_22_20_boletim_graos_fevereiro_2014.pdf)>. Acesso em: 03 fev. 2015.

DVORANEN, E.C.; OLIVEIRA JÚNIOR, R.S.; CONSTANTIN, J.; CAVALIERI, S.D.; BLAINSKI, E. Nodulação e crescimento de variedades de soja rr sob aplicação de glyphosate, fluazifopp-butyl e fomesafen. **Planta Daninha**, Viçosa, v.26, n.3, p.619-625, 2008.

EMBRAPA. **Rendimento de grãos de soja em diferentes arranjos de planta, safra 2012/2013**: Passo Fundo-RS (Documentos online, 145). Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do145\\_8.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do145_8.htm)>. Acesso em: 08 set. 2014.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2. ed. Guaíba: Agropecuária, 2004.

FOUNDATION AGRICULTURAL ORGANIZATION - FAO. **FAOSTAT Database Gateway – FAO**. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>>. Acesso em: 08 set. 2014.

GUARESCHI, R.F.; GAZOLLA, P.R.; PERIN, A.; ROCHA, A.C. da. Produção de massa de milho silagem em função do arranjo populacional e adubação. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.39, n.3, p.468-475, 2008.

GUIMARÃES, F de S.; REZENDE, P.M de.; CASTRO, E.M de.; CARVALHO, E de.; A.; ANDRADE, J.B de.; CARVALHO, E.R. Cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] para cultivo de verão na região de Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.4, 2008.

JASON, de O.D. **Importância econômica do milho**. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/milho/importancia.htm>>. Acesso em: 08 set. 2014.

KOMATSU, R.A.; GUADAGNIN, D.D.; BORGIO, M.A. Efeito do espaçamento de plantas sobre o comportamento de cultivares de soja de crescimento determinado. **Campo Digit@l**, Campo Mourão, v.5, n.1, p.50-55, 2010.

KUSS, R.C.P.; KÖNIG, O.; DUTRA, L.M.C.; BELLÉ, R.A.; ROGGIA, S.; STURMER, G.R. Populações de plantas e estratégias de manejo de irrigação na cultura da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.4, p.1133-1137, 2008.

MAEHLER, A.R.; PIRES, J.L.F.; COSTA, J.A.; FERREIRA, F.G. Potencial de rendimento da soja durante a ontogenia em razão da irrigação e arranjo de plantas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.2, p.225-231, fev. 2003.

PEDERSEN P. **Row spacing in Soybean**. Iowa State University – Department of Agronomy, 2008.

RAMBO, L.; COSTA, J.A.; PIRES, J.L.F.; PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F.G. Estimativa do potencial de rendimento por estrato do dossel da soja, em diferentes arranjos de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.1, p.33-40, 2004.

REDDY, K. N.; RIMANDO, A.M.; DUKE, S. O. Aminomethylphosphonic acid, a metabolite of glyphosate, causes injury in glyphosate-treated, glyphosate-resistant soybean. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.52, n.16, p. 5139-5143, 2004.

RESENDE, S.G de.; VON PINHO, R.G.; VASCONCELOS, R.C de. Influência do espaçamento entre linhas e da densidade de plantio no desempenho de cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.2, n.3, p.34-42, 2003.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M.; GRACIETTI, M.A.; HORN, D.; SCHWEITZER, C.; SCHMITT, A.; BIANCHET, P. Rendimento de grãos, produção e distribuição de massa seca de híbridos de milho em função do aumento da densidade de plantas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.11, n.1, p.25-31, 2005.

SANGOI, L.; SCHMITT, A.; SALDANHA, A.; FIORENTIN, C.F.; PLETSCHE, A.J.; VIEIRA, J.; GATELLI, M.A. Rendimento de grãos de híbridos de milho em duas densidades de plantas com e sem a retirada dos perfilhos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, p.325-331, 2009.

SILVA NETO, S. P. da. Importância da cultivar de soja na viabilidade da sucessão soja-milho. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2011. Disponível: <<http://www.cpac.embrapa.br/noticias/artigosmidia/publicados/323/>>. Acesso em: 08 set. 2014.

SOUZA, R.S de.; VIDIGAL FILHO, P.S.; SCAPIM, C.A.; MARQUES, O.J.; QUEIROZ, D.C.; OKUMURA, R.S.; JOSÉ, J.V.; TAVORE, R.V. Elementos de produção de milho doce em diferentes densidades populacionais. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v.4, n.3, p.285-292, 2013.

TOURINO, M.C.C.; REZENDE, P.M. de; SILVA, L.A. da; ALMEIDA, L.G.P. de. Semeadoras-adubadoras em semeadura convencional de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.1, p.241-245, jan. 2009.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). Oilseeds: World Markets and Trade. **Brazil ships soybeans at record pace**. Circular Series, June 2013. 34p.

ZOBIOLE, L.H.S.; OVEIRA JÚNIOR, R.S.; HUBER, D.M.; CONSTANTIN, J.; CASTRO, C. de; OLIVEIRA, F.A. de; OLIVEIRA JÚNIOR, A. de. Glyphosate reduces shoot concentration of mineral nutrients in glyphosateresistant soybeans. **Plant Soil**, Dordrecht, v.328, n.1, p.57-69, 2010.

## CAPÍTULO I

### ARRANJO ESPACIAL E ADUBAÇÃO COM NPK NA PRODUTIVIDADE DE SOJA (*Glycine max* (L.) Merrill) TRANSGÊNICA EM MATO GROSSO DO SUL

#### RESUMO

A redução da distância entre linhas de semeadura pode proporcionar ganhos agronômicos no cultivo de soja, em virtude da melhor distribuição das plantas por metro quadrado, melhorando a eficiência no uso do solo, água e nutrientes, bem como menor competição com leguminosas vizinhas. Para tanto objetivou-se, com este trabalho, avaliar, durante duas safras agrícolas consecutivas (2011/2012 e 2012/2013), as características agronômicas de uma variedade indeterminada de soja cultivada sobre cinco diferentes espaçamentos entrelinhas (0,35; 0,40; 0,50; 0,60 e 0,70 m) e quatro níveis de adubação com NPK 02-20-18 (0; 200; 400 e 600 kg ha<sup>-1</sup>). Utilizou-se o delineamento experimental blocos casualizados e os tratamentos foram arranjados em parcelas subdivididas, sendo alocados nas parcelas os níveis de adubação NPK e nas subparcelas os cinco espaçamentos, com três repetições. As variáveis analisadas foram mais influenciadas pelas safras e pelos espaçamentos do que pelos níveis do fertilizante (NPK) ou pela interação entre os fatores estudados e em nenhum dos tratamentos avaliados foi identificado acamamento da cultura. Menores espaçamentos propiciaram menor estande final da cultura, menor altura de plantas, maior número de ramificações por planta, maior número de vagens e de grãos por vagem, menor tempo para o fechamento das entrelinhas e maior produtividade. Níveis mais elevados de adubação NPK propiciaram maior número de grãos por vagem e menor tempo de fechamento de entrelinhas. Recomenda-se a utilização de espaçamentos entrelinhas de 0,35 m, associado à dose de 600 kg ha<sup>-1</sup> de NPK 02-20-18 para o cultivo de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) BMX Potência RR, na região de Ponta Porã-MS.

**Palavras chaves:** Latossolo; arranjo espacial; distância entrelinhas; fertilidade do solo.

**SPATIAL ARRANGEMENT AND NPK FERTILIZATION ON GM SOYBEAN  
(*Glycine max* (L.) Merrill) PRODUCTIVITY IN MATO GROSSO DO SUL**

**ABSTRACT**

Reducing the distance between the seeding rows may improve agronomic traits in soybean crops, due to the better distribution of plants per square meter, improving efficiency in the use of soil, water and nutrients, and reducing the competition with neighboring legumes. This study had as objective evaluate, for two consecutive growing seasons (2011/2012 and 2012/2013), the agronomic characteristics of an indeterminate variety of soybean grown on five different row spacings (0.35, 0.40 , 0.50, 0.60 and 0.70 m) and four levels of fertilization with NPK 02-20-18 (0, 200, 400 and 600 kg ha<sup>-1</sup>). We used the experimental randomized block design and the treatments were arranged in split plots being allocated in the splits NPK fertilizer levels and the subplots the row spacings, with three replications. The variables analyzed were more influenced by crop and by spacing than the fertilizer levels (NPK) or by the interaction between the factors studied and none of the evaluated treatments was identified the lodging of culture. Smaller spacing propitiated smaller final stand of culture, smaller plant height, the greater number of branches per plant, increased number of pods and seeds per pod, less time for closing the canopy and increased productivity. Higher levels of NPK fertilizer showed higher number of seeds per pod and lower time for closing the lines. It is recommended the use of row widths of 0.35 m, associated with the dose of 600 kg ha<sup>-1</sup> of NPK 02-20-18 for the soybean crop (*Glycine max* (L.) Merrill) BMX Power RR in the region of Ponta Porã-MS.

**Keywords:** Latossolo; spatial arrangement; distance lines; soil fertility.

## 1. INTRODUÇÃO

A elevação da produtividade das culturas devido ao melhor arranjo de plantas, possivelmente está associada ao aumento da radiação solar interceptada (RAMBO et al., 2004). Sendo assim, para que sejam obtidos diferentes arranjos espaciais são necessárias variações na regulação da semeadora, o que pode interferir na qualidade da dosagem de sementes, e também na distribuição de espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos (CANOVA et al., 2007).

Em se tratando de arranjos espaciais, é importante ressaltar que a soja é uma cultura de alta plasticidade e o espaçamento entre suas linhas está relacionado a isso (KOMATSU et al., 2010). Dessa forma, o arranjo espacial compreendendo o espaçamento entre linhas e a densidade de plantas nas linhas pode ser alterado para estabelecer um arranjo onde o resultado seja a maior produtividade e adaptação à colheita mecanizada (TOURINO et al., 2009).

As maiores produtividades alcançadas pela soja são determinados pela otimização em interceptar a radiação solar durante os estádios vegetativo e reprodutivo iniciais (ASSIS et al., 2014). A redução do espaçamento entre linhas tem se constituído numa prática vantajosa, uma vez que, na maioria dos relatos científicos, houve incremento na produção de grãos.

Para obtenção de altos índices agronômicos, como: número de vagens por planta, número de sementes por vagem e peso específico das sementes, o manejo químico do solo é de extrema importância (PEIXOTO et al., 2000), especialmente pelas altas demandas nutricionais que a soja necessita em fontes contendo fósforo e potássio.

São várias as funções que o fósforo (P) desempenha nas plantas. Participa dos processos metabólicos, da transferência de energia, da fase inicial das partes reprodutivas, do desenvolvimento radicular e da formação de frutos e sementes (MALAVOLTA, 2006). Segundo Marschner (2012), o P participa com cerca de 2 g kg<sup>-1</sup> do peso da matéria seca. Sendo que em soja, há uma imobilização média de 20 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo em toda sua biomassa (NOVAIS et al., 2007). A deficiência de P diminui o potencial de rendimento pela menor produção de flores e de vagens, maior taxa de aborto destas estruturas e pela produção de sementes com menor massa (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2011).

Já a deficiência de potássio (K) pode ocasionar a produção de sementes mais leves, o que, além de afetar o rendimento da cultura, pode resultar em plantas mais baixas e menos produtivas no ciclo subsequente (PÁDUA et al., 2010). Serafim et al. (2012) observaram aumento no rendimento e no peso específico das sementes, em resposta à adubação com esse nutriente.

Os teores de P em sementes variam em função da cultivar ou híbrido, e também pelo manejo químico do solo (OLIBONE e ROSOLEM, 2010). Já o suprimento adequado de K é importante para a viabilidade das sementes, uma vez que esse nutriente tem diversas funções no metabolismo das plantas, como controle da absorção de água, ativação enzimática, crescimento dos tecidos meristemáticos, síntese de proteínas e carboidratos, translocação de assimilados e abertura e fechamento dos estômatos (VEIGA et al., 2010).

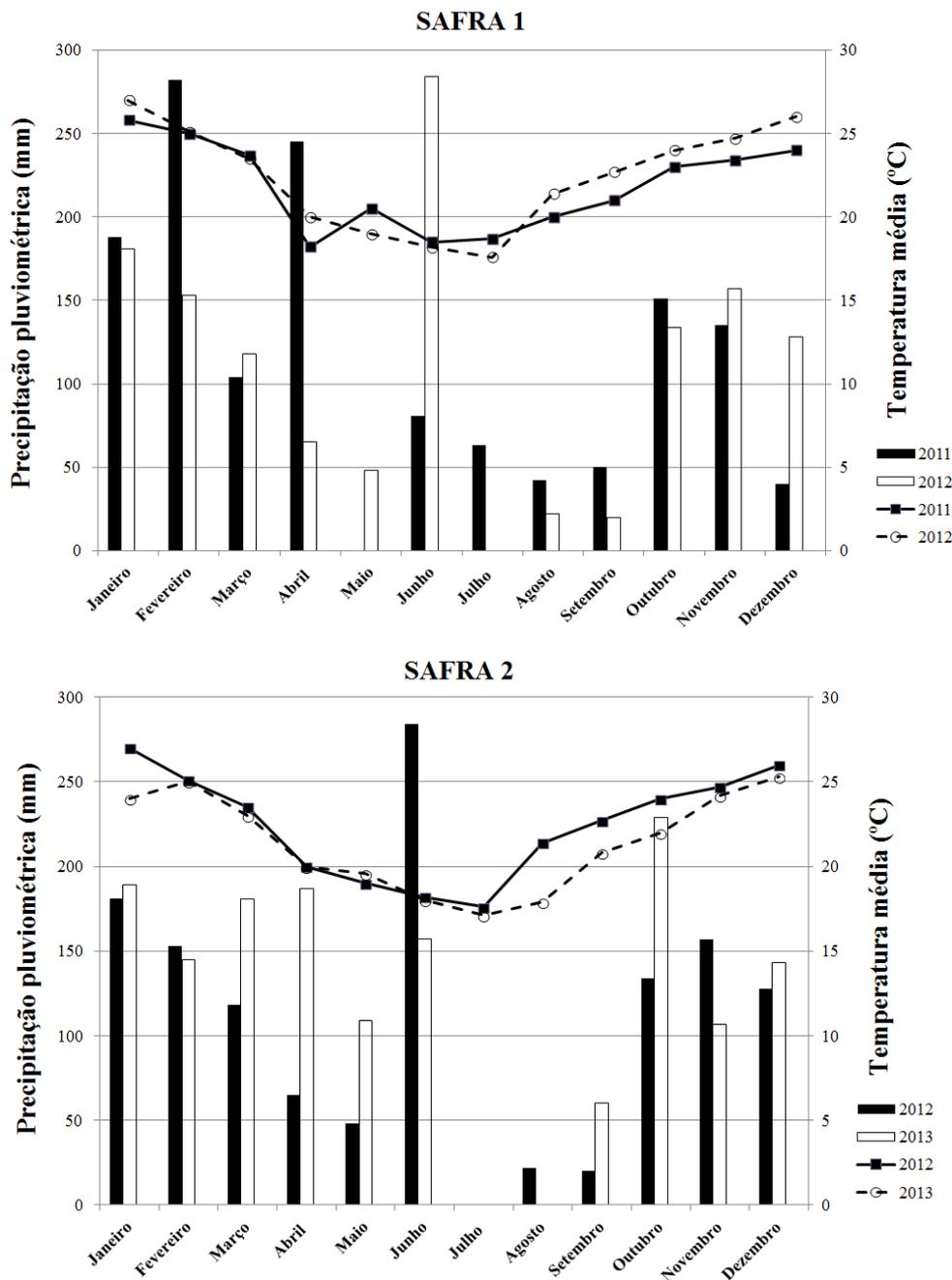
Dentro deste contexto, o efeito dos espaçamentos entrelinhas pode alterar os componentes de produção da cultura da soja. Entretanto, há poucos trabalhos científicos relacionando diferentes espaçamentos associados a níveis crescentes de adubação, principalmente em variedades de soja RR com o hábito de crescimento indeterminado.

Em vista do exposto, objetivou-se, com este trabalho, avaliar, durante duas safras agrícolas consecutivas, os fatores de produção de uma variedade indeterminada de soja cultivada em função de cinco diferentes arranjos espaciais e quatro níveis de adubação com NPK.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Descrição da área experimental**

O estudo foi desenvolvido na Fazenda Maggioni II localizada no Município de Ponta Porã-MS, nas coordenadas de 22°34'09"S e 55°30'21"W, com altitude de 593 m e relevo suave (menor que 5% de declividade), durante os anos agrícolas 2011/2012 (safra S1) e 2012/2013 (safra S2). O clima da região, segundo a classificação de Köppen (1948) é Mesotérmico Úmido, do tipo Cwa. As precipitações pluviais e a temperatura na região durante o período experimental são apresentadas na Figura 1.



**FIGURA 1.** Precipitação pluviométrica e temperatura média mensal, registrada nas safras 2011/2012 (safra 1) e 2012/2013 (safra 2) em Ponta Porã-MS. Dourados-MS, UFGD, 2015.

## 2.2 Histórico da área

Desde 2001 a área da propriedade vinha sendo cultivada com a sucessão soja e milho. A adubação de manutenção era realizada pela prática de distribuição a lanço determinada mediante a análise de solo e nos anos ímpares realizava-se a calagem mediante as recomendações agrônômicas. Findada a operação de nutrição do solo

iniciava-se a semeadura das culturas, geralmente no final de outubro e início de novembro (cultura da soja) e meados de fevereiro (cultura do milho).

Em julho de 2011, visando a implantação da pesquisa o solo da área experimental foi amostrado e classificado como Latossolo Vermelho distroférrico, de textura arenosa (EMBRAPA, 2013), cuja análise revelou os seguintes atributos contidos (Quadro 1) determinados por meio da metodologia proposta por Claessen et al. (1997).

**QUADRO 1.** Análise química do solo da área experimental, situada em Ponta Porã-MS, antes implantação do experimento. Dourados-MS, UFGD, 2015.

Prof.	pH	P (Mehlich)	MO	K	Ca	Mg	Ca+Mg	H	Al	H+Al	S	T	V
cm	CaCl <sub>2</sub>	mg dm <sup>3</sup>	g dm <sup>3</sup>					cmol <sub>(c)</sub> dm <sup>3</sup>					%
0-20	5,69	46,26	15,33	0,0 7	2,00	1,00	3,00	1,68	0,0 0	1,68	3,07	4,75	64,6 3

Prof.	Relações					Saturação %			
cm	Ca/Mg	Ca+Mg/K	Ca/K	Mg/K	Ca	Mg	K	m	H
0-20	2,00	42,86	28,57	14,29	42,11	21,05	1,47	0,00	35,37

Prof.	Fe	Mn	Zn	Cu	B
cm	mg dm <sup>3</sup>				
0-20	120,23	23,33	2,26	1,53	0,26

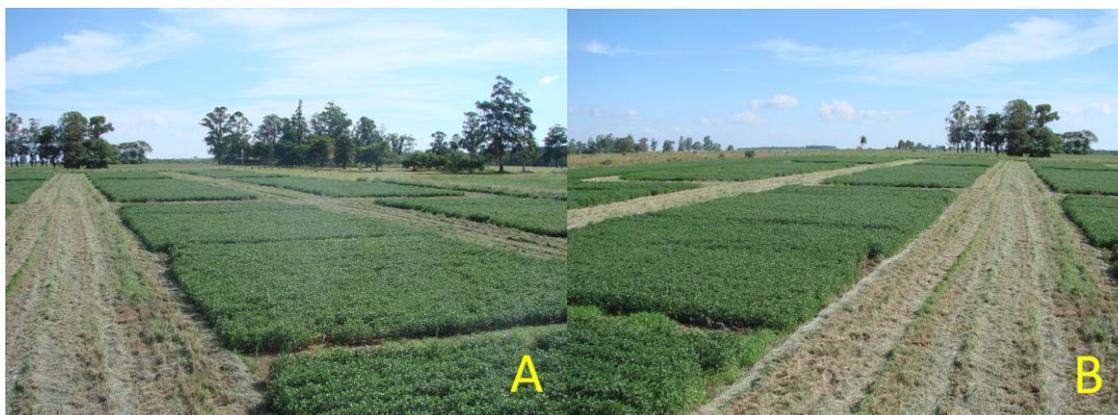
Prof.	Areia	Silte	Argila
cm	g Kg <sup>-1</sup>		
0-20	820	70	110

Antes da implantação da pesquisa houve a complementação com 500 kg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico sem a necessidade de incorporação. Trinta dias antes da implantação do experimento, a vegetação sobre a área experimental foi dessecada com 20 gramas de ingrediente ativo (g.i.a.) ha<sup>-1</sup> de clorimurrom-etílico + 967 g.i.a. ha<sup>-1</sup> de 2,4-D + 1440 g.i.a. ha<sup>-1</sup> de glyphosate.

### 2.3 Delineamento estatístico

Tanto para a safra S1 quanto para a S2 utilizou-se o delineamento experimental blocos casualizados e os tratamentos foram arranjados em parcelas subdivididas, sendo alocados nas parcelas os níveis de adubação NPK 02-20-18 (0; 200; 400 e 600 kg ha<sup>-1</sup>); nas subparcelas os cinco espaçamentos entrelinhas (0,35; 0,45; 0,50; 0,60 e 0,70 m) com três repetições.

As parcelas tinham aproximadamente 9 metros de largura por 15 metros de comprimento. Como área útil para realização das avaliações agrônômicas utilizou-se as cinco linhas centrais de cada parcela, desconsiderando-se os 5 m iniciais e finais da área amostral (Figura 2), tanto na S1 quanto na S2.



**FIGURA 2.** A, B: Área experimental, situada em Ponta Porã-MS, com a disposição dos tratamentos. Dourados-MS, UFGD, 2015.

#### 2.4 Implantação da área e tratos culturais

A adubação da área foi realizada três dias antecedendo a semeadura de cada safra, com a utilização de uma semeadora de grãos miúdos, dotada apenas do sistema de distribuição do fertilizante. O implemento era dotado de 26 linhas x 0,17 m (largura de trabalho 4,40 m) de espaçamento e foi regulado para distribuir o fertilizante NPK 02-20-18 a uma profundidade de aproximadamente 8 cm (Figura 3A e 3B).



**FIGURA 3.** A, B: Adubação da área experimental, situada em Ponta Porã-MS, com a fórmula NPK 02-20-18. Dourados-MS, UFGD, 2015.

A semeadura da cultivar de soja BMX Potência ocorreu nos dias 05/11/2011 e 20/10/2012, com densidade populacional de 350 mil plantas por hectare, considerando a germinação mínima de 90%. Para a realização desta operação utilizou-se um trator com 138 cv, tracionando uma semeadora de disco alveolar, dotada de disco de corte, facão afastado e nove linhas de semeadura, auto reguláveis entre si, o que possibilitou variações de espaçamentos de 0,35 a 0,70 m entre linhas. As sementes de soja foram depositadas a uma profundidade de 3 cm do nível do solo e tratadas com inoculante líquido (*Bradyrhizobium japonicum*, concentração bacteriana:  $5 \times 10^9$  Unidade Formadora de Colônia (UFC)  $\text{ml}^{-1}$ , estirpes Semia 5079 e 5080), dosagem 200 mL para 50 kg de sementes + 25 g. i.a.  $\text{ha}^{-1}$  de fipronil + 25 g i.a.  $\text{ha}^{-1}$  de piraclostrobina + 22,5 g.i.a.  $\text{ha}^{-1}$  de tiofanato-metílico.

O controle de plantas daninhas, bem como o manejo de pragas e doenças tanto na primeira como na segunda safra constam da Quadro 2.

## 2.5 Mensuração de variáveis

Dez dias após a emergência das plantas foi avaliado o estande inicial da cultura (SI), por meio da contagem das plantas emergidas em cada linha e, semanalmente, por meio da observação visual, foi avaliado o tempo de fechamento das entrelinhas (TFL) considerado como o número de dias após a emergência para a total cobertura do solo pela folhagem das plantas de soja.

Quando as plantas atingiram à maturação fisiológica (estágio R8), foram determinadas em 50 plantas de cada parcela, as variáveis a) altura da planta (AP): distância compreendida entre a superfície do solo e a extremidade apical da haste principal, b) altura de inserção da primeira vagem (AIVS): distância compreendida entre a superfície do solo e a primeira vagem inserida na planta e c) número de ramificações por planta (NR): número de ramificações presentes na haste principal.

Antes da colheita foram avaliados o estande final (SF) que foi determinado por meio da contagem de plantas em cada linha útil e o grau de acamamento (GA) que constou de avaliação visual seguindo-se a escala de 1 a 5, onde o valor 1 corresponde à ausência de acamamento e o valor 5 ao acamamento total de plantas na parcela.

**QUADRO 2.** Produtos utilizados para o controle de plantas daninhas, pragas e doenças da área experimental, situada em Ponta Porã-MS, nas safras S1 (2011/2012) e S2 (2012/2013). Dourados-MS, UFGD, 2015.

DAE	Princípio ativo utilizado	Quantidade	
		2011/2012	2012/2013
28	Anti-espumante e redutor de pH (ml ha <sup>-1</sup> )	50	50
	Glyphosate (g.i.a. ha <sup>-1</sup> )	1440	1440
	Diflubenzurom (g.i.a. ha <sup>-1</sup> )	64	64
45	Anti-espumante e redutor de pH (ml ha <sup>-1</sup> )	50	50
	Glyphosate (g.i.a. ha <sup>-1</sup> )	720	720
	Diflubenzurom (g.i.a. ha <sup>-1</sup> )	64	80
	Carbendazim (g.i.a. ha <sup>-1</sup> )	350	350
72	Anti-espumante e redutor de pH (ml ha <sup>-1</sup> )	50	50
	Diflubenzurom (g.i.a. ha <sup>-1</sup> )	30	30
	Teflubenzurom (g.i.a. ha <sup>-1</sup> )	15	15
	Lambda cialotrina + Tiametoxam (g.i.a. ha <sup>-1</sup> )	0	26 + 35
	Carbendazim (g.i.a. ha <sup>-1</sup> )	350	350
	Azoxistrobina + Ciproconazol (g.i.a. ha <sup>-1</sup> )	60 + 24	60 + 24
	Óleo mineral (g.i.a. ha <sup>-1</sup> )	256	256
90	Anti-espumante e redutor de pH (ml ha <sup>-1</sup> )	50	50
	Diflubenzurom (g.i.a. ha <sup>-1</sup> )	30	30
	Teflubenzurom (g.i.a. ha <sup>-1</sup> )	18	18
	Clorantraniliprole (g.i.a. ha <sup>-1</sup> )	5	6
	Lambda cialotrina+ Tiametoxam (g.i.a. ha <sup>-1</sup> )	26 + 35	26 + 35
	Azoxistrobina + Ciproconazol (g.i.a. ha <sup>-1</sup> )	60 + 24	60 + 24
	Óleo mineral (g.i.a. ha <sup>-1</sup> )	256	256

DAE = dias após a emergência

g.i.a = gramas do princípio ativo

Após a colheita, foram avaliadas as seguintes variáveis: a) número de vagens chochas (NVCP) e número de grãos por vagem (NGV): por meio de contagem do número total de vagens chochas e de vagens com um, dois, três ou mais grãos formados em cada planta; b) número de vagens por planta (NVP): contagem do total de vagens formadas em cada planta; c) número de grãos por planta (NGP): contagem do número de grãos formados em cada planta.

A produtividade agrícola (PROD) foi obtida coletando todas as plantas de soja dentro do espaço compreendido por 2 linhas de cultivo por 7 metros de comprimento, posteriormente foram trilhadas para obtenção dos grãos. Após a trilha das sementes, estas foram encaminhadas ao Laboratório de Sementes da Faculdade de Ciências Agrárias da UFGD, para determinação da umidade e da massa produzida por parcela. Posteriormente o valor obtido foi transformado em produtividade expressa em  $t\ ha^{-1}$  com correção de umidade a 13%; e) massa de mil grãos (MMG): para determinação da foram separadas 10 sub-amostras com 100 grãos por parcela, cuja massa foi mensurada em balança com sensibilidade de centésimos de grama.

Todas as variáveis estudadas foram submetidas à análise de variância pelo teste F até 5% de probabilidade e, quando significativos aos fatores quantitativos foram ajustadas equações de regressão ou superfícies de resposta com o auxílio do aplicativo computacional SAEG 9.1 (2007). Posteriormente foi realizada análise de variância comparando os resultados das duas safras e, quando identificadas diferenças pelo teste F, as médias foram comparadas pelo teste t de Student até 5% de probabilidade.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo das análises de variância das variáveis avaliadas ao final de cada safra agrícola, bem como suas médias gerais e a significância ou não dos fatores estudados são apresentados na Quadro 4.

Tanto na safra 1 (S1) quanto na safra 2 (S2) as variáveis estudadas foram mais influenciadas pelos espaçamentos utilizados do que pelas doses de NPK ou pela interação entre os espaçamentos e as doses de NPK. Das variáveis estudadas o número de vagens chochas por planta (NVCP) e a massa de mil grãos (MMG) não foram influenciadas pelos espaçamentos ou pelas doses de NPK estudadas tanto na S1 quanto na S2 (Quadro 4).

Interações significativas entre os fatores estudados foram observadas apenas na S2 para as variáveis: número de ramificações por planta (NR), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP) e produtividade (PROD) (Quadro 3).

**QUADRO 3.** Resumo das análises de variância do estande final (SF), tempo para fechamento das entrelinhas (TFL), altura das plantas (AP), altura da inserção da primeira vagem (AIVS), número de ramificações por planta de soja (NR), número de vagens chochas por planta (NVCP), número de grãos por vagem (NGV), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), produtividade (PROD) e massa de mil grãos (MMG) da variedade de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) BMX Potência RR, cultivada em Ponta Porã-MS. Dourados-MS, UFGD, 2015.

Quadrados médios							
SAFRA AGRÍCOLA 1							
F.V.	G.L.	SF	TFL	AP	AIVS	NR	NVC P
Bloc	2	0,2 <sup>ns</sup>	96,80 <sup>ns</sup>	42,81 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	052 <sup>ns</sup>
NPK	3	0,32 <sup>ns</sup>	28,55 <sup>ns</sup>	4,48 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,55 <sup>ns</sup>
Erro 1	6	1,18	23,15	22,63	0,33	0,07	0,22
Espaçamento (E)	4	217,55**	4589,40* *	127,79**	5,29*	0,21*	0,14 <sup>ns</sup>
NPK x E	12	0,72 <sup>ns</sup>	16,33 <sup>ns</sup>	14,33 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>
Erro 2	32	1,00	17,27	10,41	1,62	0,05	0,15
CV(%)		6,9	4,69	4,70	10,8	9,8	19,6
Média geral		14,4 t ha <sup>-1</sup>	88,7 dias	69,7cm	11,7cm	4,7	3,4
F.V.	G.L.	NGV	NVP	NGP	PROD	MMG	
Bloc	2	0,24*	0,03 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	
NPK	3	1,02**	0,59 <sup>ns</sup>	1,47 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	
Erro 1	6	0,04	0,48	1,27	0,32	0,08	
Espaçamento (E)	4	0,85**	3,52**	9,21**	2,36**	0,15 <sup>ns</sup>	
NPK x E	12	0,10 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	2,52 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	
Erro 2	32	0,10	0,58	1,55	0,57	0,12	
CV(%)		5,5	10,2	10,3	19,5	2,2	
Média geral		2,5	56,4	146,6	3900 kg ha <sup>-1</sup>	0,16 kg	
SAFRA AGRÍCOLA 2							
F.V.	G.L.	SF	TFL	AP	AIVS	NR	NVC P
Bloc	2	4,92 <sup>ns</sup>	29,26*	57,95 <sup>ns</sup>	6,11 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>
NPK	3	1,74 <sup>ns</sup>	28,68*	60,23 <sup>ns</sup>	2,95 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>
Erro 1	6	1,89	4,55	50,23	1,80	0,04	0,56
Espaçamento (E)	4	147,92**	732,73**	58,31 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>	0,14**	0,24 <sup>ns</sup>
NPK x E	12	1,78 <sup>ns</sup>	16,91 <sup>ns</sup>	23,23 <sup>ns</sup>	0,88 <sup>ns</sup>	0,09**	0,24 <sup>ns</sup>
Erro 2	32	1,63	33,56	24,89	1,55	0,01	0,27
CV(%)		9,1	7,8	5,6	11,0	5,5	20,6
Média geral		13,9 p m <sup>-1</sup>	73,9 dias	88,9 cm	11,2 cm	4,9	5,9
F.V.	G.L.	NGV	NVP	NGP	PROD	MMG	
Bloc	2	0,26 <sup>ns</sup>	3,37*	8,66*	5,57 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	
NPK	3	0,32 <sup>ns</sup>	4,90*	13,42*	6,59*	0,01 <sup>ns</sup>	
Erro 1	6	0,37	0,58	1,39	1,08	0,35	
Espaçamento (E)	4	0,23 <sup>ns</sup>	1,84**	4,75**	4,37**	0,19 <sup>ns</sup>	
NPK x E	12	0,17 <sup>ns</sup>	1,24**	3,19**	1,57**	0,17 <sup>ns</sup>	
Erro 2	32	0,20	0,20	0,49	0,30	0,16	
CV(%)		7,6	5,6	5,6	13,2	2,5	
Média geral		2,5	62,5	162,5	4200 kg ha <sup>-1</sup>	0,16 kg	

\*\* significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste F; \* significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F; <sup>ns</sup> não significativo. Safra agrícola 1 = 2011/2012; Safra agrícola 2 = 2012/2013

As safras influenciaram o tempo de fechamento das entrelinhas (TFL), altura das plantas (AP), altura da inserção da primeira vagem (AIVS), número de vagens chochas por planta (NVCP), número de vagens por planta (NVP) e número de grãos por planta (NGP) (Quadro 4).

De maneira geral, para as variáveis estudadas, a S2 foi a que apresentou os maiores resultados (Quadro 4). Esses resultados devem-se provavelmente às condições climáticas observadas na S1 que foram menos favoráveis que as da S2. A ocorrência do veranico em dezembro de 2011 (no qual foram registrados apenas 40 mm de pluviosidade, em 31 dias) prejudicou o desenvolvimento da cultura (Figura 1), ora elevando os valores de TFL, AP e AIVS, ora impossibilitando o aumento de NVP, NGP e PROD.

**QUADRO 4.** Estande final (SF); tempo para fechamento das entrelinhas (TFL), altura das plantas (AP), altura da inserção da primeira vagem (AIVS), número de ramificações por planta de soja (NR), número de vagens chochas por planta (NVCP), número de grãos por vagem (NGV), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), produtividade (PROD) e massa de mil grãos (MMG) da variedade de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) BMX Potência RR, cultivada em Ponta Porã-MS, observados em função das safras agrícolas. Dourados-MS, UFGD, 2015.

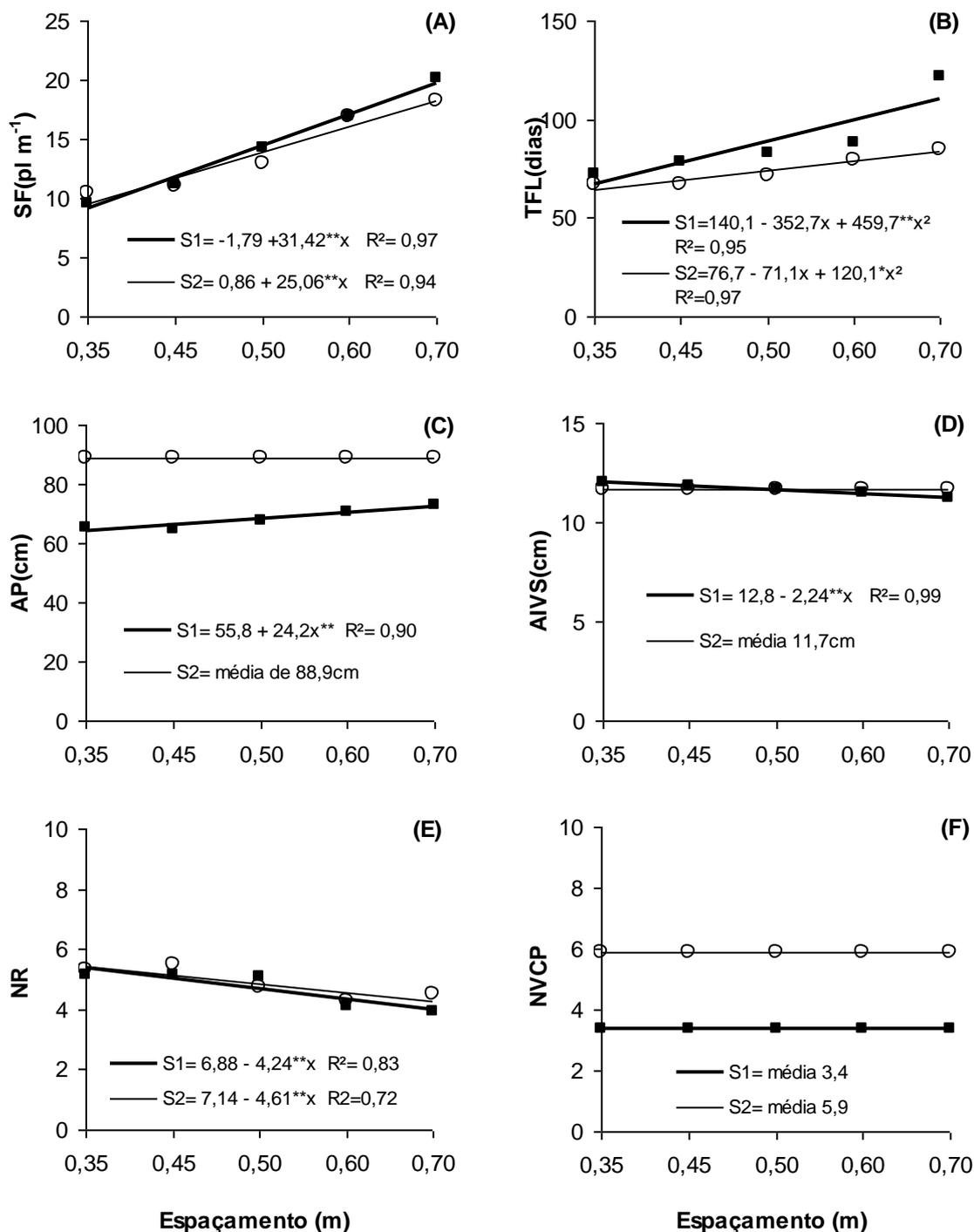
Safra agrícola	SF (pl m <sup>-1</sup> )	TFL (dias)	AP (cm)	AIVS (cm)	NR	NVCP
1	14,4a	88,7a	88,9a	11,7a	4,7a	3,4b
2	13,9a	73,9b	68,6b	11,2b	4,9a	5,9a
CV (%)	26,0	17,5	6,5	10,6	9,8	22,1
F calculado	0,5 <sup>ns</sup>	32,1**	461,1**	5,4*	0,8 <sup>ns</sup>	26,2**
Safra agrícola	NGV	NVP	NGP	PROD (kg ha <sup>-1</sup> )	MMG (kg)	
1	2,5a	56,4b	146,6b	3800a	0,16a	
2	2,5a	62,5a	162,5a	4200a	0,16a	
CV (%)	7,8	12,1	12,1	25,6	2,4	
F calculado	0,1 <sup>ns</sup>	5,3*	5,5*	2,5 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	

Safra agrícola 1 = 2011/2012; Safra agrícola 2 = 2012/2013

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

\*\* significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste F; \* significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F; <sup>ns</sup> não significativo.

Como já salientado, as variáveis estudadas foram mais influenciadas (tanto na S1 quanto na S2) pelo espaçamento das entrelinhas do que pelos níveis de NPK. As Figuras 4 e 5 apresentam as respostas das variáveis em relação aos espaçamentos estudados.



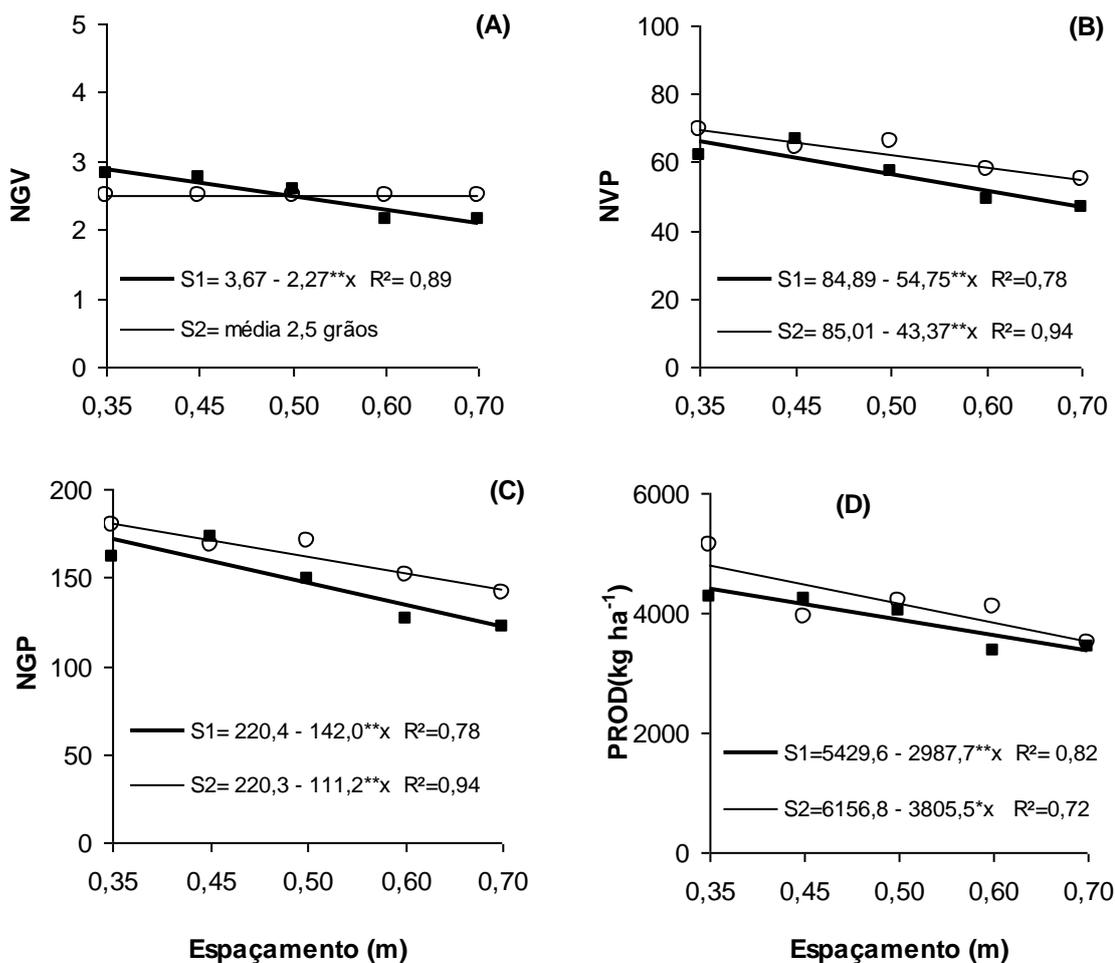
**FIGURA 4.** Respostas da variedade de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) BMX Potência RR, observadas, nas safras 2011/2012 (S1) e 2012/2013 (S2), em Ponta Porã-MS, em função dos espaçamentos entrelinhas. (A) Estande final (SF); (B) tempo para fechamento das entrelinhas (TFL); (C) altura das plantas (AP); (D) altura da inserção da primeira vagem (AIVS); (E) número de ramificações por planta de soja (NR); (F) número de vagens chochas por planta (NVCP). Dourados-MS, UFGD, 2015.

Tanto para S1 quanto para S2 o estande final da cultura aumentou à medida que o espaçamento das entrelinhas aumentou de 0,35 para 0,70 m. Com espaçamento de 0,35 m foram observados estandes de S1=9,2 e S2=9,6 pl m<sup>-1</sup> enquanto que com espaçamento de 0,70 foram registrados estandes de S1=20,2 e S2=18,4 pl m<sup>-1</sup> (Figura 4A).

O estande inicial da cultura foi fixado em 350 mil plantas por hectare, levando-se em conta a germinação mínima de 90%. Para as duas safras houve aumento linear na concentração de soja na linha de semeadura à medida que os espaçamentos aumentavam (Figura 5A), em virtude da diminuição das fileiras de plantas por área. Os estandes finais também apresentaram comportamento semelhante ao estande inicial, diferindo apenas na quantidade final de plantas por metro, em virtude possivelmente da germinação (90%), vigor (93%) e danos mecânicos ocasionados no momento da semeadura pelo sistema de disco alveolar.

Tanto para S1 quanto para S2, o tempo para o fechamento total das entrelinhas foi menor nos menores espaçamentos (Figura 4B). A cobertura total do solo pelas plantas de soja ocorreu, respectivamente, aos 72,9 e 66,5 dias após a emergência (DAE) para S1 e S2 com a utilização do espaçamento de 0,35m, enquanto que para o espaçamento de 0,70 m o fechamento das entrelinhas ocorreu aos 118,4 (S1) e 85,7 (S2) DAE.

O fechamento antecipado em 45,5 dias na S1 e de 19,2 dias na S2, na soja cultivada em menores espaçamentos entre linhas, explorou melhor os recursos como a disponibilidade de luz, água, área de solo e interceptação da radiação solar (MAEHLER et al., 2003), proporcionando dessa forma maior incremento de massa seca em estádios de desenvolvimento mais precoces da planta, refletindo também em maior número de ramificações (Figura 4E), de vagens (Figura 5B), de grãos por planta (Figura 5C) e produtividade (Figura 5D). Assis et al. (2014), avaliando o arranjo espacial de plantas na cultura da soja também observaram resultados semelhantes. Os autores constataram que os maiores rendimentos alcançados pela soja estão diretamente relacionados com o tempo de fechamento de entrelinhas. Com o fechamento das entrelinhas mais rápido esta leguminosa consegue otimizar a interceptação da radiação solar durante os estádios vegetativo e reprodutivo iniciais, evitando o aborto de legumes nos estádios R3.



**FIGURA 5.** Respostas da variedade de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) BMX Potência RR, observadas, nas safras 2011/2012 (S1) e 2012/2013 (S2), em Ponta Porã-MS, em função dos espaçamentos entrelinhas. **(A)** número de grãos por vagem (NGV); **(B)** número de vagens por planta (NVP); **(C)** número de grãos por planta (NGP); **(D)** produtividade (PROD). Dourados-MS, UFGD, 2015.

O número de ramificações por planta (NR) decresceu à medida que o espaçamento entrelinhas aumentou, tanto na S1 quanto na S2 (Figura 4E). Na S1 plantas cultivadas em espaçamento de 0,35 m apresentaram NR=5,4 enquanto que aquelas cultivadas em espaçamento 0,70 m apresentaram NR=3,9. Na S2, plantas cultivadas em espaçamento de 0,35 m apresentaram NR=5,5 e as cultivadas em espaçamento 0,70 m apresentaram NR=3,9. Não foi constatada diferença estatística entre o NR observados na S1 e na S2 (Quadro 4).

Os maiores valores de NR observados nos menores espaçamentos entrelinhas tem sido associado a vários fatores, como: o melhor uso da água (devido ao

sombreamento mais rápido do solo), melhor distribuição de raízes, redução da competição intra-específica, maior habilidade de competição com plantas daninhas, exploração uniforme da fertilidade do solo e maior e mais rápida interceptação da energia solar (KUSS et al., 2008), aumentando o número de legumes por m<sup>2</sup>, pela maior interceptação de luz entre os estádios R1 e R5 (RAMBO et al., 2004).

Em relação à altura final das plantas (AP), na S1, plantas cultivadas em espaçamentos de 0,35m apresentaram AP=62,3cm e aquelas cultivadas em espaçamentos de 0,70 m de 72,7cm. Na S2 a altura das plantas não foi influenciada pelo espaçamento apresentando valores médios de 88,9 m (Figura 4C).

A menor altura da soja, na S1, observada nos menores espaçamentos adotados deve-se, provavelmente, ao melhor arranjo espacial dentro da área, visto que, em espaçamentos menores a concentração de plantas é reduzida, possibilitando melhor aproveitamento dos fatores de produção como nutrientes, água, e luz, evitando assim gasto de energia desnecessário para estiolamento do vegetal em busca de energia luminosa, que é primordial para a realização de maioria das atividades metabólicas (KOMATSU et al., 2010). Tourino et al. (2002), testando variações no espaçamento entre linhas de soja também observaram resultados semelhantes. Os autores verificaram que em espaçamentos inferiores a 0,40 m, as plantas de soja são mais baixas, acamam menos, e apresentam maior porcentagem de sobrevivência.

A maior altura das plantas da S2 em relação à S1 provavelmente ocorreu em função das condições climáticas mais favoráveis, registradas na S2 (Figura 1) já que em condições de pluviosidade compatível com as necessidades da cultura esse fator é relacionado à expressão gênica da cultivar utilizada.

Embora em S2 o número de vagens chochas por planta (NVCP=5,9) tenha sido estatisticamente superior ao registrado na S1 (NVCP=3,4) (Quadro 4) essa variável não foi afetada pelos espaçamentos entrelinhas adotados nas duas safras (Figura 4F). Plantas cultivadas na S2 apresentaram cerca de 2,5 vagens chochas a mais por planta que aquelas cultivadas na S1. O maior NVCP registrado na S2 pode ser atribuído à não capacidade da planta de soja em encher totalmente as vagens, decorrente da elevada produção de legumes nessa safra provocando ligeiro abortamento. Na S1, o NVCP observado foi menor devido à baixa quantidade de água no solo durante o ciclo da cultura (Figura 1), o que dificultou o desenvolvimento ótimo da cultura.

A altura de inserção da primeira vagem (AIVS), na S1 foi estatisticamente maior que a da S2 (Quadro 4). Esse fato pode ser atribuído à elevada quantidade de cobertura

vegetal sobre o solo durante a implantação da pesquisa (Figura 5A e 5B), dificultando o rompimento da camada de palha pelas plântulas de soja, o que pode ter ocasionado ligeiro estiolamento, influenciando a AIVS.



**FIGURA 6.** (A) Implantação da pesquisa no município de Ponta Porã-MS; (B) roçada da área experimental, devido à elevada quantidade de cobertura vegetal. Dourados-MS, UFGD, 2015.

Na S1, à medida que o espaçamento aumentou, houve redução nos valores sendo registradas AIVS de 12,0 e 11,2 cm nos espaçamentos de 0,35 e 0,70 m respectivamente. Na S2 a AIVS não foi influenciadas pelo espaçamento das entrelinhas apresentando valor médio de 11,7 cm (Figura 4D).

De maneira análoga à AIVS, o número de grão por vagem (NGV=2,5 grãos), não foi influenciado pelo espaçamento das entrelinhas na S2. Na S1, entretanto, à medida que o espaçamento aumentou houve redução nesses valores sendo registrados NGV de 2,9 e 2,1 nos espaçamentos de 0,35 e 0,70 m respectivamente (Figura 5A).

Tanto na S1 quanto na S2 o número de vagens por planta (NVP) e o número de grãos por planta (NGP) diminuiu à medida que o espaçamento das entrelinhas aumentou de 0,35 para 0,70 m. Na S1 foram registrados NVP de 65,7 e 46,6 e NGP de 170,7 e 121,0 e na S2 NVP de 69,8 e 54,6 e NGP de 181,4 e 142,5 nos espaçamentos de 0,35 e 0,70 m respectivamente (Figuras 5B e 5C). Em decorrência disso a produtividade, nas duas safras, também foi maior em espaçamentos menores (Figura 5D). Na S1 a produtividade no espaçamento de 0,35m foi de 4383,9 kg ha<sup>-1</sup> e de 3338,2 kg ha<sup>-1</sup> em espaçamento de 0,70m. Na S2 foram registradas produtividades de 4824,9 e 3492,9 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente nos espaçamentos de 0,35 e 0,70 m.

As maiores produtividades observadas em menores espaçamentos são também decorrentes da melhor distribuição espacial das plantas e menor competição intra-

específica sobre os fatores de produção. Resultados semelhantes foram obtidos por Tourino et al. (2002), que utilizando espaçamento de 0,45 m constataram uma maior produtividade do que com 0,60 m.

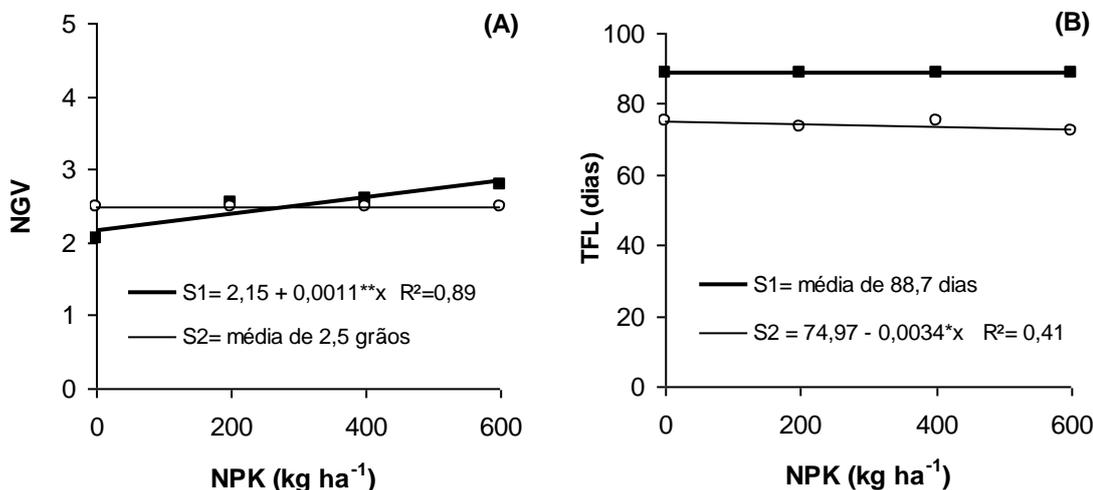
Rambo et al. (2003), também obtiveram maiores produtividades com espaçamento de 0,20 m quando comparado ao de 0,40 m, em uma mesma população de plantas. Estes autores concluíram que o maior rendimento obtido nestes arranjos (espaçamentos inferiores à 0,45 m) estão relacionados com a diminuição da competição intra-específica. A maior produtividade obtida nos espaçamentos reduzidos pode ser atribuída também a maior interceptação da radiação solar durante o período vegetativo, evitando o abortamento de flores e legumes, refletindo em produção de grãos (MATTIONI et al., 2008).

Diversas pesquisas têm mostrado as vantagens dos arranjos espaciais reduzidos. Naeve e Quiring (2004) estudaram a influência do espaçamento entre linhas na cultura da soja entre os anos de 2000 e 2004, no estado norte americano de Minnesota, e o espaçamento de 0,25 m entre linhas apresentou rendimento significativamente maior que o espaçamento de 0,75 m. Berbert e Hamawaki (2008), encontraram diferenças significativas no rendimento de grãos entre os espaçamentos entre linhas de 0,30; 0,45 e 0,60 m, ressaltando ainda a eficiência da cultura no processo de competição com as plantas daninhas e a redução das doses e do número de aplicações de herbicidas pós emergentes como ponto positivo para o menor espaçamento avaliado (0,30 m).

Efeito isolado dos níveis de NPK foi observado na S1 apenas sobre o número de grãos por vagem de soja (NGV) (Figura 7A). Na S2 as variáveis: tempo de fechamento das entrelinhas (TFL) (Figura 7B), número de ramificações (NR), de vagens (NVP), de grão por planta (NGP) e produtividade (PROD) responderam ao efeito isolado dos níveis de NPK, sendo que as últimas quatro variáveis também responderam aos efeitos conjuntos dos espaçamento entrelinhas e dos níveis de NPK (Figura 8).

O número de grãos por vagem de soja (NGV) na S2 foi constante (média de 2,5) para todas as doses do fertilizante, possivelmente em função da boa distribuição de chuvas durante a condução da pesquisa (Figura 1), o que minimizou os efeitos da adubação. Entretanto na S1, caracterizada por deficiência hídrica no período de floração e enchimento de grãos (apenas 40 mm de água, durante o mês de dezembro), o NGV observado na ausência de adubação foi de 2,1 e com a utilização de 600 kg ha<sup>-1</sup> de NPK esse valor foi de 2,8 grãos (Figura 7A). Os resultados obtidos permitem inferir que plantas bem nutridas são capazes de suportar maiores variações ambientais, sem

comprometer a produtividade, fato este em concordância com os estudos realizados por Marschner (2012) que observou que o suprimento balanceado de nutrientes favorece o crescimento normal das plantas, e é também considerado como relevante para seus processos de defesa contra pragas, doenças e fatores ambientais.



**FIGURA 7.** Respostas da variedade de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) BMX Potência RR, cultivada em Ponta Porã-MS, observadas, nas safras 2011/2012 (S1) e 2012/2013 (S2), em função dos níveis de NPK. (A) número de grãos por vagem (NGV); (B) tempo de fechamento das entrelinhas. Dourados-MS, UFGD, 2015.

O tempo para fechamento das entrelinhas (TFL) na S2 diminuiu à medida que os níveis de NPK aumentaram. Na ausência de adubação o TFL foi de 74,9 dias e com a aplicação de 600 kg ha<sup>-1</sup> de NPK esse tempo foi reduzido em dois dias (72,9) demonstrando que essa variável é mais sensível ao espaçamento entre linhas (Figura 4B) que aos níveis de NPK estudados (Figura 7B).

Na S1 os níveis de adubação NPK não influenciaram o TFL que foi de 88,7 dias tempo esse superior ao registrado na S2 para todos os níveis de adubação (Figura 7B). O maior tempo para fechamento das entrelinhas na S1 em relação à S2 deve-se, provavelmente, ao déficit hídrico (registrado na primeira) que não permitiu a total solubilização dos nutrientes disponibilizados no solo impedindo ou dificultando que a cultivar expressasse todo o seu potencial produtivo.

O maior número de ramificações por planta de soja (NR) foi observado com a combinação de 600 kg ha<sup>-1</sup> de NPK e 0,35 m de espaçamento. Nessas condições as plantas produziram 5,7 ramificações enquanto que com a dose calculada de 161 kg ha<sup>-1</sup>

de NPK combinada com espaçamento de 0,70 m o NR foi de 4,2 (Figura 8A). Acredita-se que quanto maior o NR maior será o número de vagens por planta, portanto essa variável pode ser um indicativo de maior produtividade.

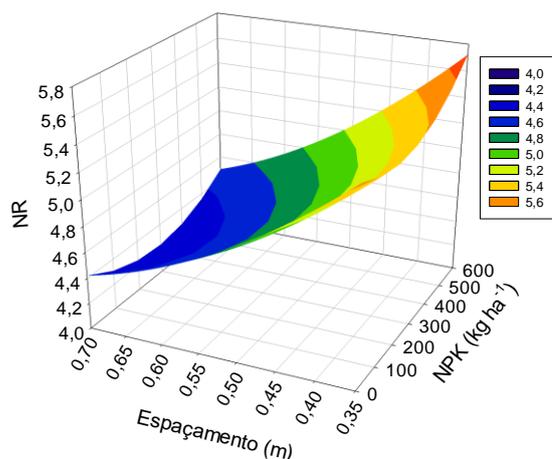
O número de vagens (NVP) e a quantidade de grãos por planta (NGP) apresentaram respostas similares em função da interação dos fatores NPK e espaçamento entrelinhas. As maiores produções tanto de NVP quanto de NGP ocorreram à medida que os níveis da adubação NPK aumentou de 0 para 600 kg ha<sup>-1</sup> de NPK, associado à redução da distância entre fileiras de 0,70 para 0,35 m (Figuras 8B e 8C).

A combinação de 600 kg ha<sup>-1</sup> de NPK com 0,35 m de espaçamento entrelinhas propiciou NVP=74,1 e NGP=248 enquanto que a ausência de adubação NPK associada a espaçamentos de 0,70m proporcionaram NVP=39,4 e NGP=102. Este aumento na produção de grãos tem sido associado a vários fatores, como o melhor uso da água e competição com ervas daninhas (devido ao menor tempo para o fechamento das entrelinhas em menores espaçamentos entrelinhas - Figura 4B), redução da competição intra-específica entre plantas, exploração uniforme da fertilidade em função da melhor distribuição das raízes no solo e maior e mais rápida interceptação da energia solar (PEDERSEN, 2008).

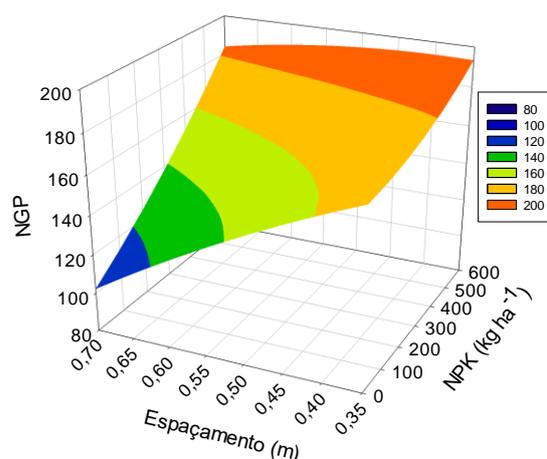
Corroborando a explanação acima exposta, Berbert e Hamawaki (2008), encontraram diferenças significativas na produtividade de grãos à medida que os espaçamentos entre linhas de 0,35; 0,45 e 0,60 m eram reduzidos, ressaltando ainda a eficiência da cultura no processo de competição com as plantas daninhas e a redução das doses e do número de aplicações de herbicidas pós emergentes como ponto positivo para o espaçamento de 0,35 m.

Komatsu et al. (2010) também constataram aumento na produção de grãos e um melhor controle de plantas daninhas no espaçamento de 0,17 m entre linhas frente ao espaçamento de 0,45 m, mostrando que, nas linhas onde existe maior número de plantas, pode haver maior competição intra-específica pelos fatores de crescimento, diminuindo a produtividade agrícola, fato este em concordância com os observados por Ludwig et al. (2007) e Mattioni et al. (2008).

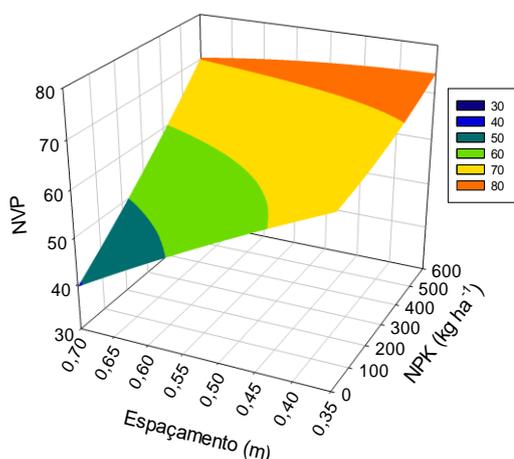
$$NR = 7,72426 - 0,000805936NPK - 8,1193ESP + 0,0000025NPK^2 + 4,85769ESP^2 - 0,000821918NPKESP \quad R^2 = 0,99^{**} \quad (A)$$



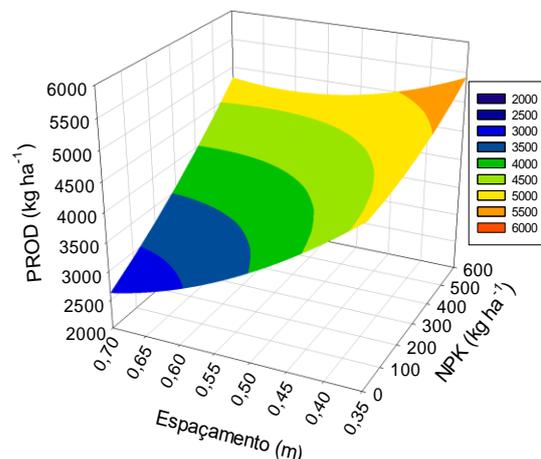
$$NGP = 210,40 - 0,0911233NPK - 75,8211ESP + 0,000055NPK^2 - 112,364ESP^2 + 0,277032PKESP \quad R^2 = 0,96^{**} \quad (B)$$



$$NVP = 86,0103 - 0,0324817NPK - 48,5233ESP + 0,0000141667NPK^2 - 25,7247ESP^2 + 0,107785NPKESP \quad R^2 = 0,90^{**} \quad (C)$$



$$PROD = 9232,71 - 2,22940NPK - 16454,1ESP + 0,00162333NPK^2 + 10020,3ESP^2 + 6,99705NPKESP \quad R^2 = 0,93^{**} \quad (D)$$



**FIGURA 8.** (A) número de ramificações por planta (NR); (B) número de grãos por planta (NGP); (C) número de vagens por planta (NVP); (D) produtividade (PROD) da variedade de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) BMX Potência RR, cultivada em Ponta Porã-MS, na safra 2012/2013 (S2), em função dos espaçamentos entrelinhas e dos níveis de NPK. Dourados-MS, UFGD, 2015.

De maneira similar ao NVP e ao NGP, a produtividade (PROD) foi influenciada significativamente pelos níveis de adubação associada com os espaçamentos. Com a redução gradativa dos espaçamentos de 0,70 para 0,35 m, associada ao fornecimento crescente de adubo formulado NPK (0 para 600 kg ha<sup>-1</sup>) a produtividade de grãos por hectare aumentou. A maior produtividade, 5417,4 kg ha<sup>-1</sup> (89 sacas de soja ha<sup>-1</sup>) foi obtida com a associação de 600 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 02-20-18 com o espaçamento de 0,35 m, valor 2 vezes superior a menor eficiência de associação (2624,7 kg ha<sup>-1</sup>), que foi

obtida na ausência de fertilização com o espaçamento entrelinhas de 0,70 m (Figura 8D).

Corroborando os resultados obtidos neste trabalho, Rambo et al. (2003), avaliando a produtividade de grãos de soja em função do arranjo de plantas, observaram respostas de produção para a interação de espaçamento entre linhas e população de plantas. O arranjo de plantas que apresentou maior produtividade foi a combinação da população de 20 plantas  $m^{-2}$  com o espaçamento de 0,20 m ( $5,0 t ha^{-1}$ ) em comparação com 20 plantas  $m^{-2}$  espaçadas de 0,40 m ( $4,3 t ha^{-1}$ ), devido possivelmente ao arranjo espacial estar relacionado com a diminuição da competição intra-específica

Maiores produtividades em arranjos espaciais reduzidos deve-se, segundo Naeve et al., (2004) e Pedersen (2008) à uniformidade na distribuição das plantas, o que possibilita melhor interceptação de luz, sendo fundamental para o desenvolvimento de gemas reprodutivas, armazenamento de fotoassimilados e diminuição do aborto de flores e de legumes o que, conseqüentemente, proporciona incrementos de produção. A soja semeada em linhas estreitas tem vantagem em relação às semeaduras em linhas mais espaçadas, entretanto segundo EMBRAPA (2013) a semeadura em arranjos espaciais mais reduzidos não é mais difundida pela falta de investimento em semeadoras específicas.

#### 4. CONCLUSÕES

1. O estreitamento entre linhas de semeadura beneficiou o melhor aproveitamento de água, luz e nutrientes, bem como a menor competição intraespecífica entre plantas de soja.

2. A redução do espaçamento de semeadura proporcionou incremento na produção de grãos.

3. O espaçamento de 0,35 m, associado a dose de  $600 kg ha^{-1}$  de NPK (02-20-18) propiciou a maior produtividade da variedade de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) BMX Potência RR .

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, R.T de.; ZINELI, V.P.; SILVA, R.E da.; COSTA, W.C.A da.; OLIVATO, I. **Arranjo espacial de plantas na cultura da soja**. Circular Técnica: Instituto de Ciências da Saúde, Agrárias e Humanas (ISAH). 2014, 7 p.

BERBERT, R.P.; HAMAWAKI, O.T. **Análise da plasticidade da cultura de soja em diferentes arranjos populacionais e diferentes espaçamentos entre linhas**. 2008 Tese (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG.

CANOVA. R.; SILVA, R.P.; FURLANI, C.E.A.; CORTEZ, J.W. Distribuição de sementes por uma semeadora adubadora em função de alterações mecanismo dosador e de diferentes velocidades de deslocamento. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.15, n.3, p.299-306, 2007.

CLAESSEN, M.C.E.; BARRETO, W.O.; PAULA, J.L.; DUARTE, M.N. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. EMBRAPA-CNS: Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Rendimento de grãos de soja em diferentes arranjos de planta, safra 2012/2013**: Passo Fundo-RS (Documentos online, 145). Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do145\\_8.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do145_8.htm)>. Acesso em: 08 set. 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

FERREIRA, D. F. **Programa de análises estatísticas** (Statistical Analysis Software) e planejamento de Experimentos – SISVAR 5.3. Lavras: UFLA, 2010.

KOMATSU, R.A.; GUADAGNIN, D.D.; BORGIO, M.A. Efeito do espaçamento de plantas sobre o comportamento de cultivares de soja de crescimento determinado. **Campo Digit@l**, Campo Mourão, v.5, n.1, p.50-55, 2010.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 478p.

KUSS, R.C.P.; KÖNIG, O.; DUTRA, L.M.C.; BELLÉ, R.A.; ROGGIA, S.; STURMER, G.R. Populações de plantas e estratégias de manejo de irrigação na cultura da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.4, p.1133-1137, 2008.

LUDWIG, M.P.; DUTRA, L.M.C.; ZABOT, L.; JAUER, A.; UHRY, D.; FARIAS, J.R.; LOSEKANN, M.E.; STEFANELO, C.; LUCCA FILHO, O.A. Efeito da densidade de semeadura e genótipos no rendimento de grãos e seus componentes na soja semeada após a época indicada. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v.14, p.3-22, 2007.

MAEHLER, A.R.; PIRES, J.L.F.; COSTA, J.A.; FERREIRA, F.G. Potencial de rendimento da soja durante a ontogenia em razão da irrigação e arranjo de plantas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.2, p.225-231, fev. 2003.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006, 638p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. Amsterdam: Elsevier; Academic Press, 2012. 684p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. Amsterdam: Elsevier; Academic Press, 2012. 684p.

MATTIONI, F.; CORRÊA, A.V.; GOMES, J.C.C.; WÜNCH, J. Arranjos espaciais, plantas concorrentes e características agrônomicas da soja (*Glycine max (Linn) Merrill*) em cultivo orgânico. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.14, n.3-4, p.21-32, jul-set, 2008.

NAEVE, S.L.; QUIRING, S.R. Influence of soybean row spacing and plant population on development and yield across planting dates in Minnesota. **University of Minnesota**, poster 5672, 2004.

NOVAIS, F. R.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F de.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. 1017 p.

OLIBONE, D.; ROSOLEM, C.A. Phosphate fertilization and phosphorus forms in an Oxisol under no-till. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.67, p.465-471, 2010.

OLIVEIRA JÚNIOR, A. de; PROCHNOW, L.I.; KLEPKER, D. Soybean yield in response to application of phosphate rock associated with triple superphosphate. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.68, p.376-385, 2011.

PÁDUA, G.P. de; ZITO, R.K.; ARANTES, N.E.; FRANÇA NETO, J. de B. Influência do tamanho da semente na qualidade fisiológica e na produtividade da cultura da soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.32, p.9-16, 2010.

PEDERSEN P. **Row spacing in Soybean**. Iowa State University – Department of Agronomy, 2008.

PEIXOTO, C.P.; CÂMARA, G.M. de S.; MARTINS, M.C.; MARCHIORI, L.F.S.; GUERZONI, R.A.; MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja: I. Componentes da produção e rendimento de grãos. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, p.89-96, 2000.

RAMBO, L.; COSTA, J.A.; PIRES, J.L.F.; PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F.G. Estimativa do potencial de rendimento por estrato do dossel da soja, em diferentes arranjos de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.1, p.33-40, 2004.

RAMBO, L.; COSTA, J.A.; PIRES, J.L.P.; PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F.G. Rendimento de grãos da soja em função do arranjo de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.3, p.405-411, 2003.

SAEG **Sistema para análises estatísticas, versão 9.1**: Fundação Artur Bernardes – UFV– Viçosa, 2007.

SERAFIM, M.E.; ONO, F.B.; ZEVIANI, W.M.; NOVELINO, J.O.; SILVA, J.V. Umidade do solo e doses de potássio na cultura da soja. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.43, p.222-227, 2012.

TOURINO, M.C.C.; REZENDE, P.M. de; SILVA, L.A. da; ALMEIDA, L.G.P. de. Semeadoras-adubadoras em semeadura convencional de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.1, p.241-245, jan. 2009.

TOURINO, M.C.C.; REZENDE, P.M.; SALVADOR, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agronômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.8. 2002.

VEIGA, A.D.; VON PINHO, É.V. de R.; VEIGA, A.D.; PEREIRA, P.H. de A.R.; OLIVEIRA, K.C. de; VON PINHO, R.G. Influência do potássio e da calagem na composição química, qualidade fisiológica e na atividade enzimática de sementes de soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, p.953-960, 2010.

## CAPÍTULO II

### ARRANJO ESPACIAL E ADUBAÇÃO COM NPK INFLUENCIANDO OS COMPONENTES DE PRODUÇÃO DE MILHO (*Zea mays* L.) TRANSGÊNICO EM MATO GROSSO DO SUL

#### RESUMO

Dentre os cereais cultivados no Brasil, o milho (*Zea mays* L.) é o mais significativo, sendo utilizado na indústria, na alimentação humana e animal. Sua produtividade depende dos fatores genético, das condições de solo e de clima e principalmente pela interceptação da radiação solar. Objetivou-se, com este trabalho, avaliar, durante dois anos agrícolas (2012 e 2014), no período de segunda safra, os componentes de produção do híbrido de milho Pioneer 3431 HX sobre cinco diferentes espaçamentos entrelinhas (0,45; 0,50; 0,60; 0,70; 0,90 m) e quatro níveis de adubação com NPK 16-16-16 (0; 200; 400 e 600 kg ha<sup>-1</sup>). Utilizou-se o delineamento experimental blocos casualizados e os tratamentos foram arranjados em parcelas subdivididas, sendo alocados nas parcelas os níveis de adubação NPK e nas subparcelas os seis espaçamentos entrelinhas, com três repetições. As variáveis analisadas foram mais influenciadas pela safra e pelo espaçamento do que pelos níveis do fertilizante ou pela interação entre os fatores estudados. Espaçamento de 0,45 m propiciou menor estande final e tempo para fechamento das entrelinhas e maior número de fileiras por espiga, maior número de grãos por fileira, diâmetro do colmo, produtividade. Na sucessão soja-milho, em Ponta Porã-MS, a produtividade do milho (*Zea mays* L.), híbrido Pioneer 3431 HX, está mais relacionada com o espaçamento entrelinhas do que com a adubação NPK.

**Palavras chaves:** níveis de fertilizante, arranjo espacial, espaçamento entre fileiras de plantas, Latossolo.

**SPATIAL ARRANGEMENT AND NPK MANURE INFLUENCING  
THE GM CORN (*Zea mays* L.) PRODUCTION COMPONENTS IN MATO  
GROSSO DO SUL**

**ABSTRACT**

Among the cereals grown in Brazil, corn (*Zea mays* L.) is the most significant, being used in industry, in food and feed. Your productivity depends on genetic factors, the soil and climate conditions and especially by the interception of solar radiation. The objective of this study was to evaluate, during two growing seasons (2012 and 2014), from the second harvest, the production components of the hybrid corn Pioneer 3431 HX on five different row spacings (0.45, 0.50 ; 0.60; 0.70; 0.90 m) and four levels of fertilization with NPK 16-16-16 (0, 200, 400 and 600 kg ha<sup>-1</sup>). We used the experimental randomized block design and the treatments were arranged in split plots being allocated in the splits NPK fertilizer levels and in the subplots six row spacings, with three replications. The variables analyzed were more influenced by crop and by spacing than the fertilizer levels or by the interaction between the studied factors. Spacing of 0.45 m showed lower final stand and time for closing the canopy and a larger number of rows per ear, the greater number of kernels per row, stem diameter, productivity. In succession soybean-corn in Ponta Porã-MS, corn (*Zea mays* L.) hybrid Pioneer 3431 HX, productivity is more related to the row spacing than with NPK.

**Keywords:** fertilizer levels, spatial arrangement, spacing between rows of plants, Latossolo.

## 1. INTRODUÇÃO

O crescente aumento do consumo mundial de milho tem levado a uma pressão cada vez maior para aumento da produção deste cereal. Contudo, a sua produção de grãos é uma variável complexa e depende da interação entre fatores genéticos (SILVA et al., 2008), ambientais (STRIEDER, 2006) e de manejo. No Brasil, melhorias ligadas ao arranjo espacial de plantas (FANCELLI e DOURADO NETO, 2004), uso de genótipos e práticas de manejo adequadas (SANGOI et al., 2006) e bons índices de fertilidade do solo tem propiciado ganhos de produtividade média na casa dos 6.000 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2014).

Dentre os nutrientes essenciais para o bom crescimento e desenvolvimento das plantas, a importância do nitrogênio (N) e potássio (K) se sobressaem. O N desempenha papel importante no acúmulo de proteína e na produtividade de grãos. A disponibilidade de N no solo para as plantas é controlada basicamente pela decomposição da matéria orgânica e por adubações nitrogenadas, sendo que, quando são utilizadas culturas com baixa relação C:N na matéria seca, em rotação, a decomposição e a mineralização é mais rápida e a ciclagem do N ocorre em curto espaço de tempo, como ocorre com as leguminosas (MALAVOLTA, 2006).

O potássio é o mineral mais abundante no tecido vegetal de praticamente todas as espécies vegetais e, por apresentar-se predominantemente na forma iônica K<sup>+</sup> no tecido, seu retorno ao solo é muito rápido, ocorrendo logo após a senescência das plantas (MARSCHNER, 2012). Assim, a maior parte do potássio é ciclada, embora possa ocorrer perda por lixiviação, principalmente quando se trata de solos arenosos.

Para obtenção de altas produções de grãos, deve-se maximizar a incidência da luz solar sobre as plantas. A interceptação da radiação fotossinteticamente ativa pelo dossel exerce grande influência sobre a produtividade de grãos da cultura do milho quando os outros fatores ambientais são favoráveis (GUIMARÃES et al., 2008). Uma das formas de se aumentar a interceptação de radiação e, conseqüentemente, a produtividade é por meio da escolha adequada do arranjo de plantas (GUARESCHI et al., 2008).

O arranjo de plantas pode ser manipulado através de alterações na densidade de plantas e no espaçamento entre linhas, sendo que as variações na distância entre plantas

na linha e nas entrelinhas conferem os diferentes arranjos na lavoura (CANOVA et al., 2007). Teoricamente, o melhor arranjo é aquele que proporciona distribuição mais uniforme de plantas por área, possibilitando melhor utilização de luz, água e nutrientes (LANA et al., 2009).

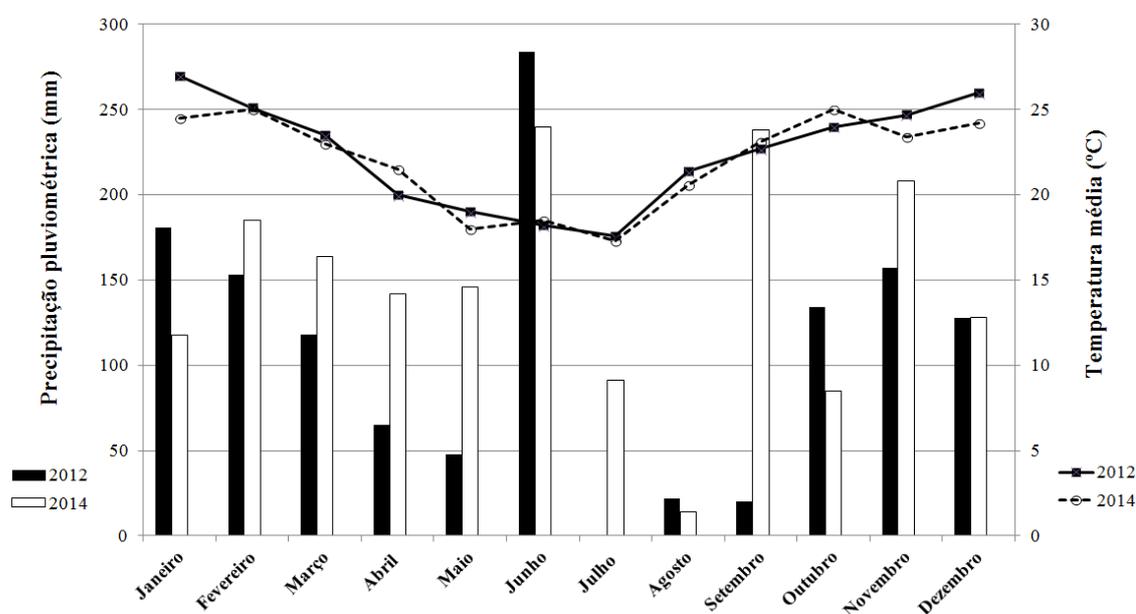
Espaçamentos equidistantes entre plantas de milho possibilitam maior eficiência no uso da água, com menores perdas por evaporação pela melhor cobertura do solo, e melhor aproveitamento dos nutrientes devido ao maior volume de solo explorado pelas raízes; bem como maior interceptação da luz disponível, quando comparados aos espaçamentos entre plantas de milho convencionalmente utilizados (CANOVA et al., 2007). Porém, para sua utilização prover um maior potencial produtivo, deve-se levar em consideração as interações entre fatores ambientais e de manejo. Na literatura disponível verifica-se que a utilização de espaçamentos entrelinhas de 0,45 a 0,70 m aumentou a população ótima por área, especialmente quando híbridos simples, precoces, com alto potencial produtivo são cultivados em solos de alta fertilidade e sob irrigação (GROSS et al., 2006).

Tendo em vista os aspectos mencionados acima, objetivou-se com este trabalho avaliar, em duas safras agrícolas, as características agronômicas da cultura do milho sob cinco espaçamentos entrelinhas e quatro níveis de adubação com NPK , em um Latossolo Vermelho distroférico, no município de Ponta Porã-MS.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Descrição da área experimental

A pesquisa foi realizada no período de segunda safra, nos anos agrícolas de 2012 e 2014, em uma área experimental da Fazenda Maggioni II, localizada no Município de Ponta Porã-MS, nas coordenadas de 22°34'09"S e 55°30'21"W, com altitude de 593 m e relevo suave. O clima da região, segundo a classificação de Köppen (1948) é Mesotérmico Úmido, do tipo Cwa. As precipitações pluviométricas na região durante o período experimental do ciclo da cultura do milho são apresentadas na Figura 1.



**FIGURA 1.** Precipitação pluviométrica e temperatura média mensal, registrada durante as safras 2012 e 2014, em Ponta Porã-MS. Dourados-MS, UFGD, 2015.

### 2.2 Histórico da área

Desde 2001 a área da propriedade vinha sendo cultivada com a sucessão soja e milho. A adubação de manutenção era realizada pela prática de distribuição a lanço determinada mediante a análise de solo e nos anos ímpares realizava-se a calagem mediante as recomendações agronômicas. Findada a operação de nutrição do solo iniciava-se a semeadura das culturas, geralmente no final de outubro e início de

novembro (cultura da soja) e meados de fevereiro (cultura do milho).

Em janeiro de 2012, visando a implantação da pesquisa o solo da área experimental foi amostrado e classificado como Latossolo Vermelho distroférico, de textura arenosa (EMBRAPA, 2013) e seus atributos químicos, que constam do Quadro 1, determinados segundo metodologia descrita por Claessen et al. (1997).

**QUADRO 1.** Análise química do solo da área experimental antes implantação do experimento. Ponta Porã-MS, UFGD, 2015.

Prof.	pH	P	MO	K	Ca	Mg	Ca+Mg	H	Al	H+Al	S	T	V
cm	CaCl <sub>2</sub>	mg dm <sup>3</sup>	g dm <sup>3</sup>					----- cmol <sub>(c)</sub> dm <sup>3</sup> -----					%
0-20	5,42	29,76	16,37	0,09	2,30	1,00	3,30	2,85	0,00	2,85	3,39	6,24	54,33

Prof.	Relações					Saturação %				
cm	Ca/Mg	Ca+Mg/K	Ca/K	Mg/K	Ca	Mg	K	m	H	
0-20	2,30	36,676	25,56	11,11	36,86	16,03	1,44	0,00	45,67	

Prof.	Fe	Mn	Zn	Cu	B
cm	mg dm <sup>3</sup>				
0-20	128,99	19,90	2,68	1,69	0,29

Prof.	Areia	Silte	Argila
cm	g Kg <sup>-1</sup>		
0-20	790	30	180

Antes da implantação da pesquisa houve a complementação com 1000 kg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico sem a necessidade de incorporação. Trinta dias antes da implantação do experimento, a vegetação da área experimental foi dessecada com 967 g.i.a. ha<sup>-1</sup> de 2,4-D + 1440 g.i.a. ha<sup>-1</sup> de glyphosate.

### 2.3 Delineamento estatístico

Utilizou-se o delineamento experimental blocos casualizados e os tratamentos foram arranjados em parcelas subdivididas, sendo alocados nas parcelas os quatro níveis de adubação NPK 16-16-16 (0; 200; 400 e 600 kg ha<sup>-1</sup>); nas subparcelas os cinco espaçamentos entrelinhas (0,45; 0,50; 0,60; 0,70 e 0,90 m) (Figura 2) com três repetições.



**FIGURA 2.** Espaçamento entrelinhas da área experimental localizada em Ponta Porã-MS (A) espaçamento de 0,50 m; (B) espaçamento de 0,90 m entrelinhas. Dourados-MS, UFGD, 2015.

As parcelas tinham aproximadamente 9 metros de largura por 15 metros de comprimento. Como área útil para realização das avaliações agronômicas utilizou-se as cinco linhas centrais de cada parcela, desconsiderando-se os 5 m iniciais e finais da área amostral (Figura 3), nas duas safras (2012 e 2014).



**FIGURA 3.** A, B: Área experimental, situada em Ponta Porã-MS. Dourados-MS, UFGD, 2015.

#### 2.4 Implantação da área e tratos culturais

A adubação da área foi realizada três dias antecedendo a semeadura de cada safra, com a utilização de uma semeadora de grãos miúdos, dotada apenas do sistema de distribuição do fertilizante. O implemento era dotado de 26 linhas x 0,17 m (largura de trabalho 4,40 m) de espaçamento e foi regulado para distribuir o fertilizante NPK 16-16-16 a uma profundidade de aproximadamente 8 cm (Figura 4).



**FIGURA 4.** Adubação da área experimental, situada em Ponta Porã-MS, com a fórmula NPK 16-16-16. Dourados-MS, UFGD, 2015.

A semeadura do híbrido Pioneer 3431 HX ocorreu nos dias 15/02/2012, 14/02/2013 e 12/02/2014, contudo em função da ocorrência de geada na safra 2013 o experimento foi perdido, restando apenas os dados da primeira e terceira safra. A cultura do milho foi semeada visando uma população de 55 mil plantas por hectare. Para a realização desta operação utilizou-se um trator com 138 cv, tracionando uma semeadora de disco alveolar, dotada de disco de corte, facão afastado e nove linhas de semeadura, auto reguláveis entre si, o que possibilitou variações de espaçamentos de 0,45 a 0,90 m entrelinhas. As sementes de milho foram depositadas a uma profundidade de 3 cm do nível do solo e tratadas com 37 g.i.a. ha<sup>-1</sup> de imidacloprido + 112 g.i.a. ha<sup>-1</sup> de tiodicarbe para cada 55 mil plantas.

O controle de plantas daninhas, bem como o manejo de pragas e doenças tanto na primeira como na segunda safra constam na Quadro 2.

**QUADRO 2.** Produtos utilizados para o controle de plantas daninhas, pragas e doenças da área experimental, situada em Ponta Porã-MS, nas safras 2012 e 2014. Dourados-MS, UFGD, 2015.

DAE		Princípio ativo utilizado	Quantidade	
2012	2014		2012	2014
12	14	Anti-espumante e redutor de pH (ml ha <sup>-1</sup> )	50	50
		Diflubenzurom (g.i.a. ha <sup>-1</sup> )	48	48
		Imidacloprido (g.i.a. ha <sup>-1</sup> )	48	48
		Atrazina (g.i.a. ha <sup>-1</sup> )	320	320
34	32	Anti-espumante e redutor de pH (ml ha <sup>-1</sup> )	50	50
		Lambda cialotrina + Tiametoxam (g.i.a. ha <sup>-1</sup> )	26 + 35	26 + 35
		Atrazina (g.i.a. ha <sup>-1</sup> )	320	320
		Tembotriona (g.i.a. ha <sup>-1</sup> )	88	88
		Éster metílico de óleo de soja (g.i.a. ha <sup>-1</sup> )	720	720
53	48	Anti-espumante e redutor de pH (ml ha <sup>-1</sup> )	50	50
		Tebuconazol (g.i.a. ha <sup>-1</sup> )	160	160
		Carbendazim (g.i.a. ha <sup>-1</sup> )	350	350
65	72	Anti-espumante e redutor de pH (ml ha <sup>-1</sup> )	50	50
		Mancozeb (g.i.a. ha <sup>-1</sup> )	1000	1000
		Azoxistrobina + Ciproconazol (g.i.a. ha <sup>-1</sup> )	60 + 24	60 + 24
		Óleo mineral (g.i.a. ha <sup>-1</sup> )	256	256

DAE = dias após a emergência  
g.i.a = gramas do princípio ativo

## 2.5 Mensuração de variáveis

Dez dias após a emergência das plantas foi avaliado o estande inicial da cultura (SI), por meio da contagem das plantas emergidas em cada linha e, semanalmente, por meio da observação visual, foi avaliado o tempo de fechamento das entrelinhas (TFL) considerado como o número de dias após a emergência para a total cobertura do solo pela folhagem das plantas de milho.

Quando as plantas atingiram o estágio fenológico correspondente à maturação fisiológica (estágio R6), foram determinadas em 50 plantas de cada parcela, as variáveis a) altura da planta (AP): distância compreendida entre a superfície do solo e a extremidade apical da haste principal; b) altura da inserção da espiga (AIE): distância compreendida entre a superfície do solo até a inserção da mesma; c) número de fileiras de grãos (NF): contagem do número de fileiras de grãos de cada espiga; d) número de grãos por fileira (NGF): contagem do número de grãos em cada fileiras das espigas de

milho e e) diâmetro do colmo (DC): medido na altura do coleto, com auxílio de paquímetro digital.

Antes da colheita foram avaliados o estande final (SF): determinado por meio da contagem de plantas em cada linha útil e o grau de acamamento (GA): que constou da avaliação visual seguindo-se a escala de 1 a 5, onde o valor 1 corresponde à ausência de acamamento e o valor 5 ao acamamento total de plantas na parcela.

Após a colheita, foram avaliadas: a) produtividade (PROD): em cada parcela experimental foram retirada todas as plantas de milho dentro do espaço compreendido por 2 linhas de cultivo e 7 metros de comprimento que, posteriormente foram trilhadas para obtenção dos grãos. Após a trilha dos grãos, estes foram encaminhados ao Laboratório de Sementes da Faculdade de Ciências Agrárias da UFGD, para determinação da umidade e da massa produzida por parcela. Posteriormente, o valor obtido foi transformado em produtividade expressa em  $\text{kg ha}^{-1}$  com correção de umidade a 13% e b) massa de mil grãos (MMG): para determinação foram separadas 10 sub-amostras com 100 grãos por parcela, cuja massa foi mensurada em balança com sensibilidade de centésimos de grama.

Todas as variáveis estudadas foram submetidas à análise de variância pelo teste F, até 5% de probabilidade e, quando significativos aos fatores quantitativos foram ajustadas equações de regressão ou de superfície de resposta com o auxílio do aplicativo computacional SAEG 9.1 (2007). Posteriormente foi realizada análise de variância comparando os resultados das duas safras e, quando identificadas diferenças pelo teste F, as médias foram comparadas pelo teste t de Student até 5% de probabilidade.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O resumo das análises de variância das variáveis avaliadas ao final do experimento, bem como suas médias gerais e a significância ou não dos fatores estudados são apresentados na Quadro 3.

Tanto na safra 1 (S1) quanto na safra 2 (S2) as variáveis estudadas foram mais influenciadas pelos espaçamentos utilizados do que pelas doses de NPK ou pela interação entre os espaçamentos e as doses de NPK (Quadro 3).

**QUADRO 3.** Resumo das análises de variância do estande final (SF), tempo de fechamento de entrelinhas (TFL), altura da planta (AP), altura da inserção da primeira espiga (AIE), número de fileiras de grãos (NF), número de grãos por fileira (NGF), diâmetro do colmo (DC), grau de acamamento (GA), produtividade (PROD) e massa de mil grãos (MMG) do híbrido de milho (*Zea mays* L.) Pioneer 3431 HX, cultivado em Ponta-Porã-MS. Dourados-MS, UFGD, 2015.

Quadrados Médios						
SAFRA AGRÍCOLA 1						
F.V.	G.L.	SF	TFL	AP	AIE	NF
Bloc	2	0,21 <sup>ns</sup>	15,51 <sup>ns</sup>	1,52 <sup>ns</sup>	136,61 <sup>ns</sup>	2,93 <sup>ns</sup>
NPK	3	11,91 <sup>ns</sup>	22,86 <sup>ns</sup>	1,33 <sup>ns</sup>	41,52 <sup>ns</sup>	2,21 <sup>ns</sup>
Erro 1	6	3,52	5,71	4,59	321,52	2,18
Espaçamento (E)	4	119,42 <sup>**</sup>	215,19 <sup>**</sup>	0,48 <sup>ns</sup>	16,35 <sup>ns</sup>	47,22 <sup>**</sup>
NPK x E	12	3,86 <sup>ns</sup>	1,76 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	26,34 <sup>ns</sup>	0,60 <sup>ns</sup>
Erro 2	32	6,63	9,18	0,79	41,80	1,64
CV(%)		7,6	7,9	4,8	8,0	3,4
Média geral		3,3 pl m <sup>-1</sup>	38,0 dias	1,8m	0,80m	13,2
F.V.	G.L.	NGF	DC	GA	PROD	MMG
Bloc	2	0,70 <sup>ns</sup>	1,11 <sup>ns</sup>	1,95 <sup>**</sup>	99,83 <sup>ns</sup>	1,31 <sup>ns</sup>
NPK	3	2,27 <sup>ns</sup>	15,17 <sup>**</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	355,86 <sup>ns</sup>	1,40 <sup>ns</sup>
Erro 1	6	2,69	1,00	0,06	121,41	1,29
Espaçamento (E)	4	22,65 <sup>**</sup>	38,30 <sup>**</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	3704,38 <sup>**</sup>	5,93 <sup>ns</sup>
NPK x E	12	2,03 <sup>ns</sup>	2,18 <sup>*</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	69,29 <sup>ns</sup>	2,14
Erro 2	32	2,38	0,92	0,05	67,54	4,31
CV(%)		2,8	5,1	12,4	7,8	0,4
Média geral		28,1	1,9	2,4	6282 kg ha <sup>-1</sup>	0,3 kg
SAFRA AGRÍCOLA 2						
F.V.	G.L.	SF	TFL	AP	AIE	NF
Bloc	2	0,02 <sup>ns</sup>	5,71 <sup>ns</sup>	3,87 <sup>*</sup>	552,06 <sup>*</sup>	0,02 <sup>ns</sup>
NPK	3	0,08 <sup>ns</sup>	13,88 <sup>*</sup>	2,55 <sup>ns</sup>	366,04 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>
Erro 1	6	0,02	2,45	0,65	85,71	0,02
Espaçamento (E)	4	15,28 <sup>**</sup>	301,35 <sup>**</sup>	2,86 <sup>ns</sup>	371,60 <sup>*</sup>	0,29 <sup>**</sup>
NPK x E	12	0,01 <sup>ns</sup>	5,71 <sup>ns</sup>	0,88 <sup>ns</sup>	226,80 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>
Erro 2	32	0,02	4,28	1,79	125,19	0,02
CV(%)		4,6	5,6	6,8	11,1	4,4
Média geral		3,4 pl m <sup>-1</sup>	36,9 dias	1,9 m	1,0m	14,0
F.V.	G.L.	NGF	DC	GA	PROD	MMG
Bloc	2	0,63 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	82,57 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>
NPK	3	8,47 <sup>ns</sup>	19,17 <sup>*</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	208,17 <sup>ns</sup>	1,80 <sup>ns</sup>
Erro 1	6	2,60	2,26	0,07	87,68	1,51
Espaçamento (E)	4	8,22 <sup>*</sup>	33,26 <sup>**</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	1532,15 <sup>**</sup>	5,70 <sup>ns</sup>
NPK x E	12	2,06 <sup>ns</sup>	5,58 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	99,45 <sup>ns</sup>	0,89 <sup>ns</sup>
Erro 2	32	2,37	3,59	0,05	207,73	4,21
CV(%)		2,8	9,0	13,2	12,7	0,6
Média geral		28,4	2,1cm	2,0	6804 kg ha <sup>-1</sup>	0,3kg

\*\* significativo, a 1% de probabilidade; \* significativo, a 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo, pelo teste F. Safra agrícola 1 = 2012; Safra agrícola 2 = 2014

Das variáveis estudadas, a altura da planta (AP), grau de acamamento (GA) e a massa de mil grãos (MMG) não foram influenciadas pelos espaçamentos ou pelas doses de NPK estudadas tanto na S1 quanto na S2. Interação significativa dos fatores estudados foi observada apenas na S1 para o diâmetro do colmo (DC) (Quadro 3).

As safras influenciaram a AP, altura de inserção da primeira espiga (AIE), número de fileiras de grãos (NF), DC e produtividade (PROD) (Quadro 4).

**QUADRO 4.** Estande final (SF), tempo de fechamento de entrelinhas (TFL), altura da planta (AP), altura da inserção da primeira espiga (AIE), número de fileiras de grãos (NF), número de grãos por fileira (NGF), diâmetro do colmo (DC), grau de acamamento (GA), produtividade (PROD) e peso de mil grãos (PMG) do híbrido de milho (*Zea mays* L.) Pioneer 3431 HX, cultivado em Ponta Porã-MS, em função das safras agrícolas. Dourados-MS, UFGD, 2015.

Safra agrícola	SF (pl m <sup>-1</sup> )	TFL (dias)	AP (m)	AIE (m)	NF
1	3,3a	38,0a	1,8b	0,8b	13,2b
2	3,4a	36,9a	1,9a	1,0a	14,0a
CV(%)	28,8	12,9	6,2	12,4	5,6
F calculado	0,1 <sup>ns</sup>	1,3 <sup>ns</sup>	30,8**	90,0**	6,5*

Safra agrícola	NGF	DC (cm)	GA	PROD (kg ha <sup>-1</sup> )	MMG (kg)
1	28,0a	1,9b	2,0a	6282,0b	0,3a
2	28,3a	2,1a	2,4a	6804,0a	0,3a
CV(%)	3,3	11,7	17,1	15,8	0,5
F calculado	0,7 <sup>ns</sup>	22,5**	2,9 <sup>ns</sup>	7,7**	0,1 <sup>ns</sup>

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si (teste t de Student, 5% de probabilidade) Safra agrícola 1 = 2012; Safra agrícola 2 = 2014.

\*\* significativo, a 1% de probabilidade; \* significativo, a 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo, pelo teste F.

Quando foram identificadas diferenças estatísticas, os maiores valores das variáveis foram registrados na S2 (Quadro 4). Estes resultados provavelmente são decorrentes dos melhores índices pluviométricos registrados em 2014 (S2) (Figura 1), que foram 21, 39, 19, 305 e 900% superiores nos meses de fevereiro, março, abril, maio e julho, respectivamente, aos registrados, na mesma época em de 2012 (S1). Ressalta-se ainda que em função da boa distribuição de chuvas e a ausência de dias nublados o híbrido 3431 HX teve condições favoráveis para a ótima utilização dos fatores de produção como água, luz e nutrientes disponíveis, refletindo em ganhos de 7,7% em produtividade. Esse ganho em produtividade está relacionado ao incremento de 5,7% no NF, uma vez que não houve efeito significativo das safras sobre o número de grãos por fileira (NGF), sobre o estande final (SF) e nem sobre MMG (Quadro 4).

Em relação a MMG, Demétrio et al. (2008), avaliando o desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais, também obtiveram resultados estatisticamente iguais de MMG para os espaçamentos de 0,40; 0,60 e 0,80 m. Ao que tudo indica essa variável está mais relacionada às características genótípicas do híbrido de milho (*Zea mays* L.) Pioneer 3431 HX que aos fatores aqui abordados.

A altura da planta (AP) foi menor na S1 em relação à S2 (Quadro 4) o que provavelmente está relacionado ao baixo regime hídrico S1 (Figura 1). Em função da baixa quantidade de chuvas, o sistema radicular do híbrido 3431 HX não teve condições de explorar uniformemente a fertilidade do solo, absorvendo nutrientes necessários ao seu pleno desenvolvimento e crescimento o que pode justificar os menores valores de DC, NF e PROD. Apesar das plantas apresentarem menor altura na S1 isso não influenciou o TFL (Quadro 4).

Tanto na S1 quanto na S2, os espaçamentos entrelinhas influenciaram o SF, TFL (Figuras 5A, 5B), NF, NGF, DC e PROD (Figura 6), entretanto não houve efeito dos espaçamentos sobre a AP (nas duas safras) e sobre a AIE, na safra1 (Figuras 5C e 5D).

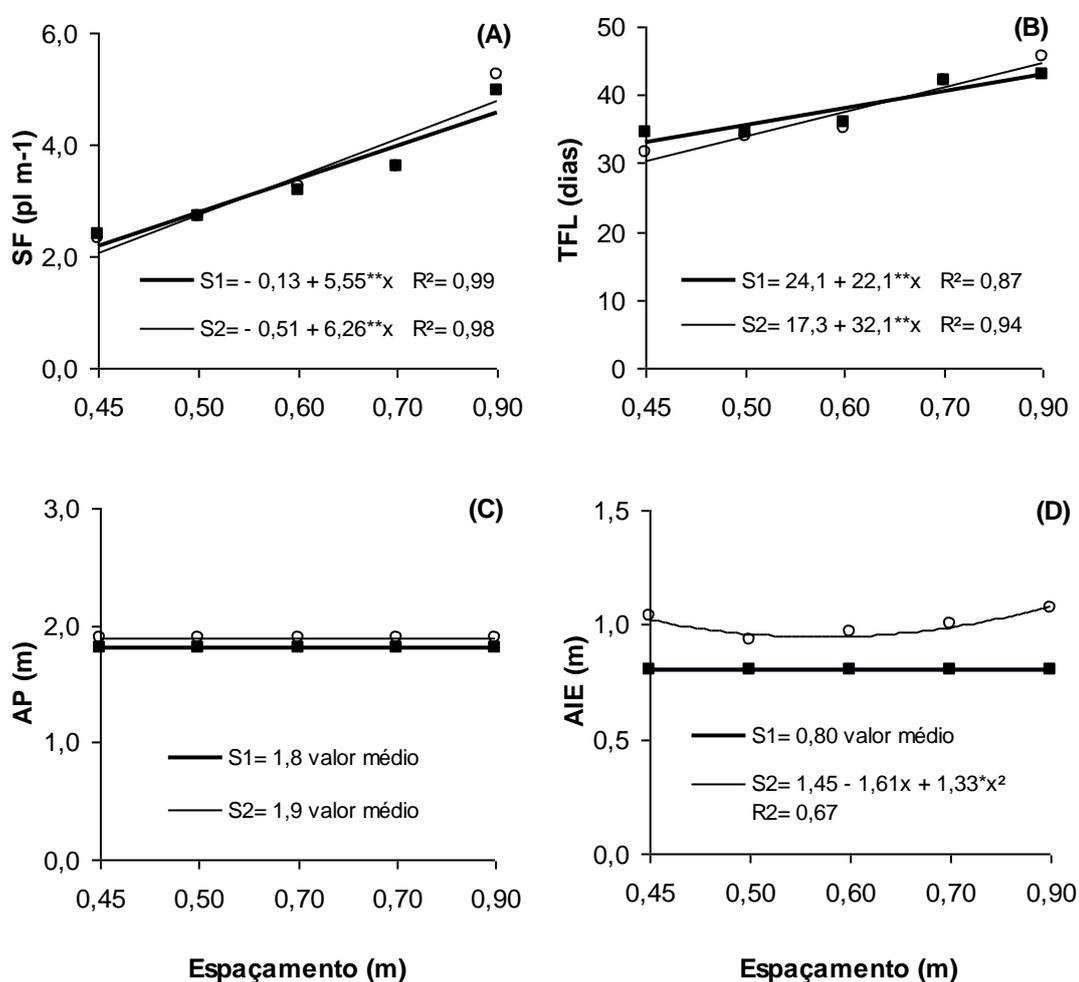
O estande final das plantas e tempo para o fechamento das entrelinhas aumentou com o aumento dos espaçamentos, tanto na S1 quanto na S2 (Figura 5A , 5B).

Na S1 a utilização de 0,45 m de espaçamento propiciou SF=2,3 pl m<sup>-1</sup> e TFL=34 dias enquanto que o espaçamento de 0,90 m proporcionou SF= 4,8 pl m<sup>-1</sup> e TFL=44 dias. Na S2, a utilização de 0,45 m de espaçamento propiciou SF=2,3 pl m<sup>-1</sup> e TFL=32 dias enquanto que o espaçamento de 0,90 m proporcionou SF= 5,1 pl m<sup>-1</sup> e TFL=46 dias (Na 5A , 5B). Segundo Rambo et al. (2004), situações com menores espaçamentos e uma mesma população proporcionam melhor distribuição espacial das plantas na área, com maior aproveitamento da radiação solar, água e nutrientes, além da redução na competição interespecífica o que permitiu antecipação de 10 e 14 dias no TFL das safras S1 e S2, respectivamente, em espaçamentos de 0,45 quando comparados aos de 0,90 m.

A altura de inserção da primeira espiga (AIE) foi de 0,80 m na S1, independentemente dos espaçamentos entrelinhas utilizados. Na S2, espaçamentos de 0,45 e 0,90 m propiciaram AIE de 1,0 e 1,1 m respectivamente. A menor AIV= 0,96m foi observada em espaçamento de 0,60m (Figura 5D).

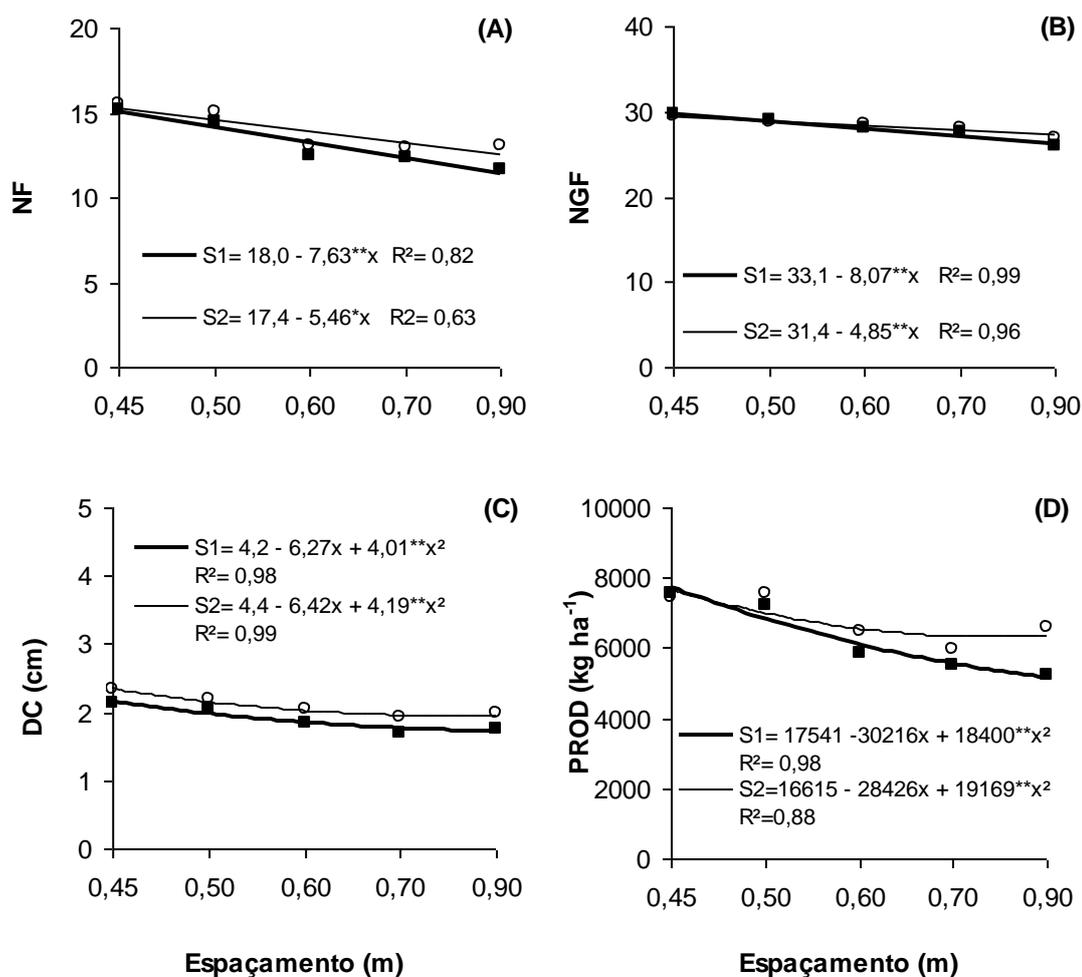
Os valores de AIE observados na S2, independentemente dos espaçamentos utilizados, foram sempre superiores aos da S1, e no caso da utilização de 0,90 m entre

linhas esse valor foi 0,30 m superior (Figura 5D). Embora os valores observados nas duas safras sejam satisfatórios para a prática da colheita é importante salientar que menores AIE estão associadas à menor produtividade em decorrência da não eficiência das colhedoras. Os maiores resultados observados no ano de 2014 (S2) devem-se à distribuição regular das chuvas. Demétrio et al. (2008), avaliando o desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos, obtiveram incremento na altura de inserção da primeira espiga à medida que se distanciavam as entrelinhas, em virtude do aumento da densidade populacional dentro das linhas de cultivo fato esse também verificado na S2, com o espaçamento de 0,90 m (Figura 5D)



**FIGURA 5.** Respostas do híbrido de milho (*Zea mays* L.) Pioneer 3431 HX observadas nas safras 2012 (S1) e 2014 (S2), em Ponta Porã-MS, em função dos espaçamentos entrelinhas. (A) estande final (SF); (B) tempo de fechamento das entrelinhas (TFL); (C) altura da planta (AP); (D) altura da inserção da primeira espiga (AIE). Dourados-MS, UFGD, 2015.

De maneira geral observou-se redução do número de fileiras da espiga (NF), do número de grãos por fileira (NGF) do diâmetro do colmo (DC) e da produtividade (PROD) à medida que o espaçamento entrelinhas aumentou. Em virtude das melhores condições climáticas observadas na S2, os valores dessas variáveis tenderam a ser superiores nessa safra em relação à S1 em todos os espaçamentos estudados (Figura 6).



**FIGURA 6.** Respostas do híbrido de milho (*Zea mays* L.) Pioneer 3431 HX observadas nas safras 2012 (S1) e 2014 (S2), em Ponta Porã-MS, em função dos espaçamentos entrelinhas. (A) número de fileiras de grãos (NF); (B) número de grãos por fileira (NGF); (C) Diâmetro do colmo (DC); (D) produtividade (PROD). Dourados-MS, UFGD, 2015.

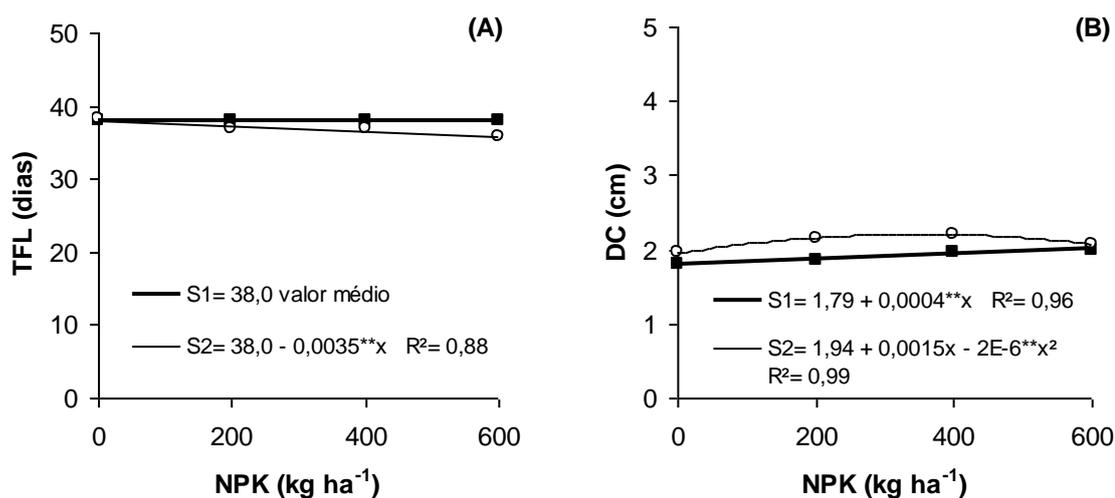
Na S1 a utilização de 0,45 m de espaçamento propiciou NF=14,6; NGF=29,5 e PROD=7670 kg ha<sup>-1</sup> enquanto que o espaçamento de 0,90 m proporcionou NF= 11,1; NGF=25,8 e PROD= 5136 kg ha<sup>-1</sup>, ou seja, 2534 kg a menos de grão por hectare. Na S2 a utilização de 0,45 m de espaçamento propiciou NF=14,9; NGF=29,2 e PROD=7705

kg ha<sup>-1</sup> enquanto que o espaçamento de 0,90 m proporcionou NF= 12,4; NGF=27,0 e PROD= 6558 kg ha<sup>-1</sup>, ou seja, 1147 kg a menos de grão por hectare (Figura 6A, 6B e 6C).

Os resultados observados nesse trabalho permitem inferir que espaçamentos de 0,45 m tendem a manter a produtividade mais uniforme (S1=7670; S2=7705;  $\Delta$ =88 kg ha<sup>-1</sup>) do que o espaçamento de 0,90 m (S1=5136; S2=6558;  $\Delta$ = 1422 kg ha<sup>-1</sup>). Resultados semelhantes foram descritos por Demétrio et al. (2008), que relataram que o uso de espaçamentos menores em milho, como o de 0,40 m em comparação a maiores (0,60 e 0,80 m), proporcionam produtividades superiores à 12% (123 sacas de milho por hectare). Esses resultados devem-se, provavelmente, a otimização dos processos ligados à fotossíntese e melhoria na distribuição do sistema radicular, elevando a eficiência no uso água e absorção nutrientes (LANA et al., 2009 e STRIEDER, 2006).

Em relação ao diâmetro do colmo (DC) houve uma diferença constante de 0,2cm entre os valores registrados nas duas safras. Os maiores valores foram observados no espaçamento de 0,45 m (S1= 2,2 e S2=2,4 cm), os menores com a utilização do espaçamento calculado de 0,78 m (S1=1,7 e S2=1,9 cm) e com a utilização de 0,90 m foram observados valores de DC iguais a 1,8 na S1 e 2,0 cm na S2 (Figura 6C). Resultados semelhantes foram relatados por Dourado Neto et al., (2003) que avaliando diferentes genótipos de milho observaram que o diâmetro do colmo aumentou com a redução do espaçamento entrelinhas.

Esses resultados podem ser explicados quando, para uma mesma população de plantas, são utilizados diferentes espaçamentos. Nesse caso, em espaçamentos menores entrelinhas existe menor número de plantas por metro linear e elas não competem entre si em busca de luminosidade, água e nutrientes (SANGÓI et al., 2002a) podendo apresentar colmos mais espessos.



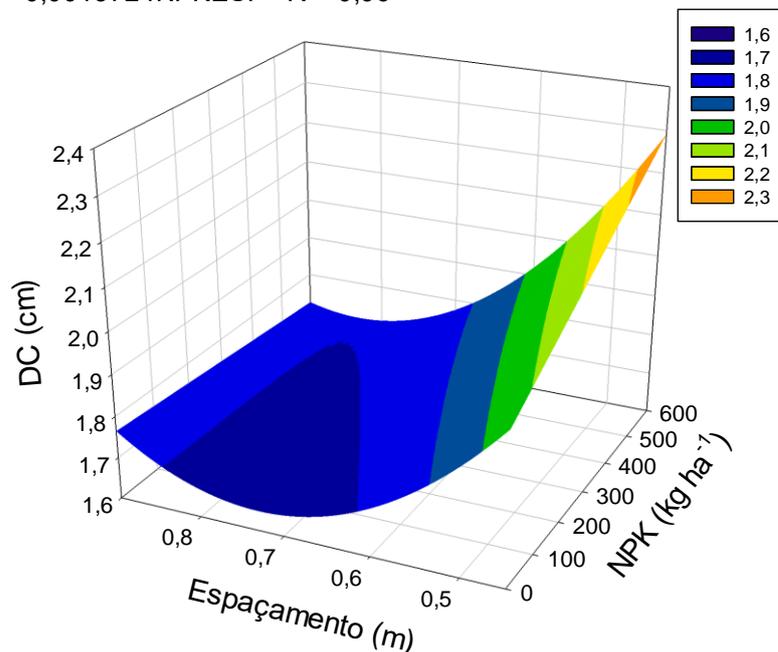
**FIGURA 7.** Respostas do híbrido de milho (*Zea mays* L.) Pioneer 3431 HX observadas nas safras 2012 (S1) e 2014 (S2), em Ponta Porã-MS, em função dos níveis de NPK. **(A)** tempo de fechamento das entrelinhas (TFL); **(B)** diâmetro do colmo (DC). Dourados-MS, UFGD, 2015.

O tempo de fechamento das entrelinhas (TFL) apresentou pouca variação variou entre as duas safras em função dos níveis de adubação utilizados. Na S1, independentemente dos níveis de NPK utilizados o TFL foi de 38 dias. Os valores registrados na S2 foram de 38 dias na ausência da adubação e de 35,9 dias com a utilização de 600 kg ha<sup>-1</sup> de NPK. Esses resultados podem ser decorrentes da adubação residual da soja que foi suficiente para o fechamento das entrelinhas mesmo na ausência da fertilização (Figura 7A).

O diâmetro do colmo (DC) foi menor em S1 em relação a S2, para todos os níveis de adubação NPK o que pode ser decorrente da baixa quantidade de chuvas. Nas condições da S1 o sistema radicular do híbrido 3431 HX não teve condições de explorar uniformemente a fertilidade do solo, absorvendo nutrientes necessários ao seu pleno desenvolvimento e crescimento acarretando menores valores de DC. Já na S2, em função da boa distribuição de chuvas e a ausência de dias nublados, o híbrido 3431 HX teve condições favoráveis para a ótima utilização dos fatores de produção como água, luz e nutrientes disponíveis o que proporcionou DC= 2,2 cm obtido com a dose calculada de 375 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 7B).

O efeito conjunto dos espaçamentos e dos níveis de adubação NPK sobre o DC observados na S1 é apresentado na Figura 8. O menor DC (1,6 cm) foi registrado no espaçamento de 0,73 m com a utilização de 0 kg ha<sup>-1</sup> de NPK e o maior (2,3 cm), no espaçamento 0,45 m combinado com 600 kg ha<sup>-1</sup> de NPK.

$$DC = 3,79089 + 0,00116628NPK - 5,87871ESP + 4,03083ESP^2 - 0,0013724NPKESP \quad R^2 = 0,96^{**}$$



**FIGURA 8.** Diâmetro do colmo (DC) do híbrido de milho (*Zea mays* L.) Pioneer 3431 HX observado na safra 2012 (S1), em Ponta Porã-MS, em função dos espaçamentos entrelinhas e dos níveis de NPK utilizados. Dourados-MS, UFGD, 2015.

O incremento dos níveis de adubação, de 0 para 600 kg ha<sup>-1</sup>, proporcionou aumento no diâmetro do colmo (DC) das plantas de milho (Figura 8). Este ganho deve-se provavelmente à maior quantidade de nutrientes disponíveis para o híbrido, sendo este capaz de absorver e transformá-los em matéria seca refletindo no aumento do DC. Colmos com diâmetros maiores são de grande valia para a lavoura, visto que proporcionam às plantas a capacidade de sustentar espigas maiores e resistir a grandes rajadas de ventos (geralmente no mês de agosto), por ficarem menos propensas ao quebramento e/ou acamamento (GROSS et al., 2006).

A provável razão da combinação do menor espaçamento com o maior nível de adubação proporcionarem o maior DC deve-se ao melhor arranjo espacial (SANGÓI et al., 2002a).

Comparando-se os espaçamentos em cada nível de adubação verifica-se que as menores distâncias possibilitaram os maiores valores de DC, possivelmente em função do melhor arranjo espacial. Plantas distribuídas de forma desuniforme implicam em aproveitamento ineficiente dos recursos disponíveis, como luz, água e nutrientes

(SANGÓI et al., 2002a). No caso do milho, o acúmulo de plantas em alguns pontos pode provocar o desenvolvimento de plantas mais altas, com espigas menores e diâmetro do colmo reduzido (SANGÓI et al., 2002b). Prática cada vez mais comum nas lavouras é o uso combinado de espaçamentos reduzidos com altas quantidades de adubo químico, visto que proporcionam melhor distribuição espacial das plantas de milho por área, com maior aproveitamento da radiação solar, permitindo grande absorção de água e nutrientes, necessários ao pleno crescimento e desenvolvimento do vegetal (RAMBO et al., 2004).

#### 4. CONCLUSÕES

1. A redução do espaçamento entre linhas de semeadura propiciou o melhor aproveitamento de água, luz e nutrientes, bem como a menor competição intraespecífica entre plantas de milho.

2. A redução do espaçamento de semeadura proporcionou incremento na produção de grãos de milho do híbrido Pioneer 3431 HX.

3. Na sucessão soja-milho, em Ponta Porã-MS, a produtividade do milho (*Zea mays* L.), híbrido Pioneer 3431 HX, está mais relacionada com o espaçamento entrelinhas do que com a adubação NPK.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CANOVA, R.; SILVA, R.P.; FURLANI, C.E.A.; CORTEZ, J.W. Distribuição de sementes por uma semeadora adubadora em função de alterações mecanismo dosador e de diferentes velocidades de deslocamento. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.15, n.3, p.299-306, 2007.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira Grãos**. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14\\_02\\_11\\_15\\_22\\_20\\_boletim\\_graos\\_fevereiro\\_2014.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_02_11_15_22_20_boletim_graos_fevereiro_2014.pdf)>. Acesso em: 03 fev. 2015.

CLAESSEN, M.C.E.; BARRETO, W.O.; PAULA, J.L.; DUARTE, M.N. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. EMBRAPA-CNS: Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

DEMÉTRIO, C.S.; FORNASIERI FILHO, D.; CAZETTA, J.O.; CAZETTA, D.A. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.12, p.1691-1697, dez. 2008.

DOURADO NETO, D.D.; PALHARES, M.; VIEIRA, P.A.; MANFRON, P.A.; MEDEIROS, S.L.P.; ROMANO, M.R. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.2, n.1, p.63-77, 2003.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2.ed. Guaíba: Agropecuária, 2004. 360p.

GROSS, M.R.; VON PINHO, R.G.; BRITO, A,H de. Adubação nitrogenada, densidade de semeadura e espaçamento entre fileiras na cultura do milho em sistema plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.30, n.3, p.387-393, maio/jun., 2006.

GUARESCHI, R.F.; GAZOLLA, P.R.; PERIN, A.; ROCHA, A.C. da. Produção de massa de milho silagem em função do arranjo populacional e adubação. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.39, n.03, p.468-475, 2008.

GUIMARÃES, F de S.; REZENDE, P.M de.; CASTRO, E.M de.; CARVALHO, E de.; A.; ANDRADE, J.B de.; CARVALHO, E.R. Cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] para cultivo de verão na região de Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.4, 2008.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 478p.

LANA, M. C.; WOYTICHOSKI JÚNIOR, P.P.; BRACCINI, A. de L.; SCAPIM, C.A.; ÁVILA, M.R.; ALBRECHT, L.P. Arranjo espacial e adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.31, n.3, p.433-438, 2009.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006, 638p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. Amsterdam: Elsevier; Academic Press, 2012. 684p.

RAMBO, L.; COSTA, J.A.; PIRES, J.L.F.; PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F.G. Estimativa do potencial de rendimento por estrato do dossel da soja, em diferentes arranjos de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.1, p.33-40, 2004.

SAEG **Sistema para análises estatísticas, versão 9.1**: Fundação Artur Bernardes – UFV– Viçosa, 2007.

SANGÓI, L.; ERNANI, P.R.E.; SILVA, P.R.F.; HORN, D.; SCHIMITT.; SCHWEITZER, C.; MOTTER, F. Rendimento de grãos e margem bruta de cultivares de milho com variabilidade genética contrastante em diferentes sistemas de manejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, 2006.

SANGÓI, L.; ALMEIDA, M.L. de; DA SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G.; Bases morfofisiológicas para maior tolerância dos híbridos modernos de milho a altas densidades de plantas. **Bragantia**, Campinas, v.61, n.2, p.101-110, 2002a.

SANGÓI, L.; ALMEIDA, M.L. de; GRACIETTI, M.; BIANCHET, P.; HORN, D. Sustentabilidade do colmo em híbridos de milho de diferentes épocas de cultivo em função da densidade de plantas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 01, n. 02, p. 63-72, 2002b.

SILVA, A.G.; CUNHA JUNIOR, C.R.; ASSIS, R.L. de.; IMOLESI, A.S. Influência da população de plantas e do espaçamento entre linhas nos caracteres agronômicos do híbrido de milho P30K75 em Rio Verde, Goiás. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.24, n.2, p.89-96, 2008.

STRIEDER, M. L. **Resposta do milho à redução do espaçamento entre linhas em diferentes sistemas de manejo**. 2006. 94 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. A redução do espaçamento entre linhas de semeadura propiciou o melhor aproveitamento de água, luz e nutrientes, bem como a menor competição intraespecífica entre plantas de soja e milho.

2. A redução do espaçamento de semeadura proporcionou incremento na produção de grãos de soja e de milho do híbrido Pioneer 3431 HX.

3. Na sucessão soja-milho, em Ponta Porã-MS, a produtividade do milho (*Zea mays* L.), híbrido Pioneer 3431 HX, está mais relacionada com o espaçamento entrelinhas do que com a adubação NPK.

4. Recomenda-se, na sucessão soja-milho, em Ponta Porã-MS, o uso do espaçamento entrelinhas de 0,35 m, associado a dose de 600 kg ha<sup>-1</sup> de NPK (02-20-18) para o cultivo da variedade de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) BMX Potência RR e o espaçamento entrelinhas de 0,45 m para o cultivo do milho (*Zea mays* L.), híbrido Pioneer 3431 HX.