

## RESPOSTA DA PRODUÇÃO DE SOJA À VARIABILIDADE ESPACIAL SOB PIVÔ CENTRAL

**MARIO SANTOS NUNES<sup>1</sup>; ADROALDO DIAS ROBAINA<sup>2</sup>; MARCIA XAVIER PEITER<sup>3</sup>; FABIANO DE VARGAS ARIGONY BRAGA<sup>4</sup>; TONISMAR DOS SANTOS PEREIRA<sup>5</sup> E TAISE CRISTINE BUSKE<sup>6</sup>**

<sup>1</sup> Doutor em Engenharia Agrícola, Prof. da URI, Erechim, RS. E-mail: [mario.nunes.s1@gmail.com](mailto:mario.nunes.s1@gmail.com)

<sup>2</sup> Doutor, Prof. Titular do Departamento de Engenharia Rural, UFSM, Santa Maria, RS.

<sup>3</sup> Doutora, Prof<sup>a</sup>. Associada do Departamento de Engenharia Rural, UFSM, Santa Maria, RS.

<sup>4</sup> Doutor em Engenharia Agrícola, UFSM, Santa Maria, RS.

<sup>5</sup> Doutorando em Engenharia Agrícola, Prof. da UNIPAMPA, Alegrete, RS.

<sup>6</sup> Doutoranda em Engenharia Agrícola, Prof<sup>a</sup>. do IFCatarinense – Campus Rio do Sul, SC.

### 1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi de avaliar a influência da variabilidade espacial nos componentes de produção de soja irrigada por um pivô central. O trabalho foi desenvolvido no município de Bossoroca, RS, em uma área experimental de 31,17 ha, subdividida em sete setores de aproximadamente 4,45 ha. Foram coletadas 25 plantas em cada um dos setores, sendo medidos os parâmetros de crescimento e desenvolvimento em períodos quinzenais, seguidos da determinação dos componentes de produção na colheita. O manejo de irrigação baseou-se em turno de rega estipulado pelo instrumento irrigâmetro, com mesma lâmina em todos os setores. Os pontos da área georreferenciada foram visualizados através do software ArcGIS 9.3, gerando mapas de produção. As médias de produção dos diferentes setores foram submetidas à análise de variância e a comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Concluiu-se que ocorreu variação na produtividade entre os setores, sendo que no setor 03 observou-se maior produção com 6713,25 kg ha<sup>-1</sup> e o setor 05 a menor com 5248,05 kg ha<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** *Glycine max*, L.; manejo da água; componentes de produção.

**NUNES, M. S.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; BRAGA, F. de V. A.; PEREIRA, T. dos S.; BUSKE, T.C.**

**RESPONSE OF SOYBEAN PRODUCTION TO SPACIAL VARIABILITY UNDER  
CENTER PIVOT**

### 2 ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the influence of spatial variability in yield components of soybean irrigated by a center pivot. The work was developed in Bossoroca city, RS, in an experimental area of 31.17 ha, subdivided into seven sectors of approximately 4.45 ha. In each sectors, 25 plants were collected, being measured growth parameters and developing of plants in fortnightly periods followed by determination of component production at harvest. The irrigation management was carried out with the irrigation schedule stipulated by Irrigameter instrument, with same sheet of water in all sectors. Points georeferenced area were

visualized using ArcGIS 9.3 software, where maps production were generated. Average production of different sectors were subjected to analysis of variance and Tukey test at 5% probability. It was concluded that there was variation in production across sectors, where sector 03 had the highest production with 6713.25 kg ha<sup>-1</sup> and the sector with the smallest 05 5248.05 kg ha<sup>-1</sup>.

**Keywords:** *Glycine max, L.*; water management; production components.

### 3 INTRODUÇÃO

No Estado do Rio Grande do Sul é comum a ocorrência de deficiência hídrica durante o ciclo de desenvolvimento da soja (MATZENAUER *et al.*, 1998), pois na safra de verão ocorrem, com frequência, veranicos e estiagens, devido a grande demanda evapotranspirativa e pela distribuição irregular das chuvas, sendo esse um dos principais fatores limitantes à obtenção de elevados rendimentos de grãos.

O uso de irrigação suplementar na cultura da soja aumenta a produção de grãos na região noroeste do Rio Grande do Sul (NUNES, 2011), o que também foi relatado por Gomes (2007) para a região da fronteira oeste. Mota *et al.* (1996) verificaram que a cultura da soja, em todas as regiões climáticas do Estado, necessita de irrigação em qualquer época de semeadura recomendada, para todos os grupos de maturação e subperíodos avaliados.

O princípio do manejo localizado de culturas, visando uma melhor uniformização da produtividade e maior aproveitamento dos recursos na agricultura, vem sendo objeto de estudos há décadas (LAMPARELLI *et al.*, 2001). Entender e modelar a variabilidade espacial da produtividade das culturas, das propriedades do solo e de qualquer outro parâmetro que possa estar correlacionado com a produção de culturas agrícolas é fundamental ao estabelecimento do processo de gerenciamento localizado em Agricultura de Precisão (AP), disponibilizado aos produtores que adotam a técnica de AP viabilizar uma agricultura moderna, economicamente competitiva e ecologicamente correta (MERCANTE *et al.*, 2003).

Os fatores espaciais responsáveis pela variabilidade de produção incluem uniformidade da irrigação, topografia da área, uniformidade de aplicação de fertilizantes, variação genética, propriedades hidráulicas e nutricionais do solo, as diferenças de microclima, bem como a infestação de pragas e doenças (ZHANG *et al.*, 2002). Dentre os fatores citados, a água normalmente tem papel principal entre os fatores responsáveis pela variabilidade espacial, sendo o principal recurso para o manejo de precisão (SADLER *et al.*, 2000;. WARRICK & GARDNER, 1983).

Segundo Soares *et al.* (2012), a análise da variabilidade das propriedades físico-hídricas do solo é indispensável para a determinação da lâmina de água a aplicar, procedimento este que pode contribuir para a maximização da produtividade e da eficiência de uso da água, atuando acentuadamente sobre a produtividade (SILVA *et al.*, 2011).

O conhecimento da relação entre características de crescimento e desenvolvimento da planta com os componentes do rendimento dos genótipos é determinante para a definição de um tipo de planta mais produtiva (NAVARRO JÚNIOR & COSTA, 2002). Para a cultura da soja os três principais componentes do rendimento são: número de legumes por unidade de área, número de grãos por legume e peso médio dos grãos.

Embora a água seja um dos principais componentes de produção que afeta a produtividade das culturas, sua variabilidade dentro da área irrigada é, frequentemente, ignorada. A aplicação espacialmente diferenciada de água ou irrigação de precisão permite

maximizar a produtividade e a eficiência de uso da água em solos com variação espacial da disponibilidade hídrica (QUEIROZ, 2007).

Buscando viabilizar o máximo potencial da cultura, esse estudo teve o objetivo de avaliar a influência da variabilidade espacial nos componentes de produção de soja irrigada por pivô central.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido, em área experimental, no município de Bossoroca, RS, apresentando como coordenadas geográficas 28°39'55,74" de latitude sul e 55°01'16,04" de longitude oeste, altitude de 260 m acima do nível do mar, clima predominante subtropical úmido (classificação climática de Köppen do tipo Cfa), com temperaturas variando entre 13 e 23°C, com média térmica de 18,9°C, e precipitação pluviométrica de 1.700 mm ano<sup>-1</sup> (BOSSOROCA, 2010). A referida área vem sendo explorada há dezoito anos, com os cultivos de milho, soja, trigo, girassol e canola, sendo adotado o sistema de plantio direto há nove anos.

A área experimental sob o pivô central, perfazendo uma circunferência com 315 m de raio irrigado e um ângulo de irrigação de 360°, totalizou 31,17 ha, sendo subdividida em sete setores de 45° (Setores I, II, III, IV, V, VI e VII), definindo a área por tratamento em 4,45 ha.

Para controle da variabilidade espacial os setores foram georreferenciados ao Datum Sirgas 2000 na projeção UTM, com auxílio de imagens de satélites obtidas no Google Earth e visualizados através do *software* ArcGis 9.3 desenvolvido pela ESRI®, utilizando-se para tal o GPS Garmin HCX-Vista e sinalizados com hastes numeradas para facilitar sua identificação. O *software* ainda foi utilizado para gerar o mapa de produção por interpolação pelo método ponderado da distância, permitindo a identificação dos setores de maior e menor valor de produção da soja.

O equipamento de irrigação utilizado apresenta como características: altura standard em 2,74 m, sendo composto por um lance longo 6,5/8"; cinco lances médio 6,5/8" com balanço de 25 m, aspersores super spray, com tubo de descida flexível, área circular irrigada 31,00 ha, período (relé a 100%) de 7,02 horas, vazão total de 297,58 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>, comprimento até a última torre de 287 m, e 4 motorreductores em alta.

O solo da área experimental é classificado como Nitosolo Vermelho Distroférico Latossólico pertencendo à unidade de mapeamento São Borja. São solos relativamente profundos e bem drenados, com presença de "B" textural (STRECK *et al.*, 2002). Apresenta relevo ondulado a suavemente ondulado, caracterizado por elevações arredondadas (coxilhas) com afloramentos rochosos. O solo foi preparado no sistema de plantio direto na palha de milho, e semeado em linhas circulares, no período de janeiro de 2010, seguido de dessecação e finalização da área para semeadura da cultivar de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) transgênica Munasqa, de ciclo tardio.

Para coleta das amostras destinadas às análises físicas do solo, nos sete setores, foram marcados cinco pontos de coleta e, em cada ponto, foram retiradas amostras nas profundidades de 0-15 cm e 15-30 cm, para obtenção da distribuição granulométrica, com três repetições, tendo sido encontrado 56% de argila, 39% de silte e 5% de areia total, indicando classe textural predominante argiloso.

Para a análise química do solo, foram retiradas cinco amostras, dentro de cada setor de 45° do pivô central, sendo encontrado pH médio de 5,3, CTC classificada como média (14,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), baixo teor de fósforo (5,2 mg dm<sup>-3</sup>), potássio com 107 mg dm<sup>-3</sup> e matéria

orgânica com 3,4%.

A determinação da massa de grãos foi realizada mediante coleta das 25 plantas por setor, perfazendo um total de 175 plantas, ao final de seu ciclo vegetativo. Destas 25 plantas que correspondiam a um setor foram retirados mil grãos que foram imediatamente pesados assim obtendo-se a massa fresca em gramas. Posteriormente, procedeu-se a secagem dos grãos em estufa, sob temperatura média de 105 °C, durante cinco horas e meia e realizou-se nova pesagem dos mil grãos, assim obtendo-se a massa seca em gramas.

A estimativa da produção de grãos em kg ha<sup>-1</sup> foi obtida conforme Gomes (2007), sendo corrigida para 15 % de umidade, da seguinte forma:

$$Produção = 10 \cdot \frac{n^{\circ}plantas}{m^2} \cdot \frac{n^{\circ}vagens}{planta} \cdot \frac{n^{\circ}grãos}{vagem} \cdot massa\ média\ do\ grão \cdot 1,15 \quad (1)$$

Sendo o *n° de vagens planta<sup>-1</sup>* a média do número de vagens das 175 plantas coletadas e o *n° de grãos vagem<sup>-1</sup>* a média do número de grãos do total de vagens coletadas. O fator 10 transforma a produção de g m<sup>-2</sup> para produção em kg m<sup>-2</sup>.

Com os valores de massa seca total e massa seca dos grãos, obteve-se o índice de colheita, o qual se refere à fração de massa seca do órgão de interesse colhido, em relação a massa seca total, a qual é obtida em relação aos dados experimentais.

O manejo da irrigação foi realizado com turno de rega estipulado pelo irrigômetro, sendo que a lâmina de água aplicada foi igual em todos os setores. Este equipamento combina o método de estimativa da evapotranspiração com a disponibilidade de água no solo para a cultura, sendo um aparelho evapopluiométrico que fornece diretamente o momento de irrigar e o tempo de funcionamento ou a velocidade de deslocamento do sistema de irrigação, de maneira simplificada, precisa e com custo reduzido, permitindo efetuar o cômputo da efetividade da chuva no manejo da irrigação.

Os resultados foram submetidos à análise estatística, pelo Minitab 16 Statistic Software. Os dados obtidos foram submetidos a análise da variância e ao teste de comparação de médias, adotando-se Tukey a 5% de probabilidade de erro.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estão apresentados, na Tabela 01, os valores médios dos componentes de produção para os sete setores aos 95 dias após a emergência (DAE) período este correspondente a 04 de fevereiro a 10 de maio de 2010. Neste trabalho o ciclo de desenvolvimento desta cultivar foi de 130 dias, menor do que os dados comerciais de 141 dias.

Com aplicação da análise da variância obteve-se diferença significativa em nível de 5% para número de vagens planta<sup>-1</sup> (NVP) e massa seca do grão (MSG). Aplicou-se o teste de Tuckey a 5% de probabilidade para as análises com diferença significativa. Para os tratamentos impostos não foi observada diferença significativa ao número de plantas m<sup>-1</sup> (NPL) e número de grãos vagem<sup>-1</sup> (NGV).

**Tabela 01.** Valores médios de número de plantas  $m^{-2}$  (NPL), número de vagens planta $^{-1}$  (NVP), número de grãos vagem $^{-1}$  (NGV) e massa seca do grão (MSG) para a cultivar de soja Munasqa aos 95 DAE de 04 de fevereiro a 10 de maio de 2010.

Setor	NPL*	NVP	NGV*	MSG
01	42,5	55,04 a	2,076	0,124 b
02	42,5	52,24 bc	2,067	0,124 b
03	42,5	53,36 ab	2,068	0,138 a
04	42,5	53,4 ab	2,077	0,124 b
05	42,5	50,08 c	2,062	0,123 bc
06	42,5	50,08 c	2,132	0,121 c
07	42,5	53,56 ab	2,095	0,124 b
<b>Média</b>	42,5	52,54	2,08	0,125
<b>D.P.</b>	0	1,87	0,024	0,006

\* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não se diferenciam pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro, NPL= Número de plantas  $m^{-2}$ , NVP = Número de vagens planta $^{-1}$  (g), NGV = Número de grãos vagem $^{-1}$  (g), MSG = Massa seca média do grão (g), D.P. = Desvio padrão.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 01, verificou-se que o NVP apresentou média de 52,54, com o valor máximo de 55,04 para o setor 01 e mínimo de 50,08 para os setores 05 e 06 respectivamente, sendo que com base no teste de Tukey, o setor 1 foi estatisticamente diferente dos demais, e os setores 3, 4 e 7, assim como os setores 5 e 6 não apresentaram diferença significativa entre si.

Estes resultados encontrados concordam com os obtidos por Rambo *et al.* (2002) que encontrou 1329 legumes férteis  $m^{-1}$  em um estrato da amostra de 10 plantas para a cultivar BRS 137. Maehler *et al.* (2003) em área experimental agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, na região fisiográfica da depressão central do município de Eldorado do sul, RS, do ano agrícola de 1998/99 constituído de um sistema de irrigação por aspersão, obtiveram 1225 e 1481 legumes férteis  $m^{-1}$  em dois regimes hídricos, não irrigado e irrigado, para as cultivares BRS 137 e BRS 138, respectivamente.

Quanto ao NGV a média obtida foi de 2,08 e massa seca média do grão de 0,125 g, sendo inferior a massa padrão média do grão desta cultivar que é de 0,18 g. Estes resultados conferem com dados obtidos por Maehler *et al.* (2003) que, para o NGV da cultivar BRS 138, encontrou resultados aproximados de 2,24 para o tratamento irrigado por aspersão em área experimental agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, situada no município de Eldorado do Sul, RS.

Na Tabela 02 são apresentados os valores médios de massa seca e índice de colheita para cada setor aos 95 DAE. O teste de comparação de médias demonstrou que os valores médios de massa seca dos grãos planta $^{-1}$  (MSGRAO) não apresentaram diferença significativa estatisticamente.

A massa seca dos grãos planta $^{-1}$  apresentou valores máximos no setor 07, com médias de 12,43 g, enquanto que a MSC, MSV e MSTOTAL apresentaram valores máximos no setor 01, com médias de 10 g, 56 g, 68 g, respectivamente. Quanto ao teste de Tukey, para MSC, o setor 1 apresentou diferença significativa dos demais e os setores 3, 4, 5 e 7 assim como 2 e 3 não apresentaram diferença entre si. Na MSV apenas os setores 2 e 3 não apresentaram diferença entre si, sendo que as demais diferiram ao nível de 5% de probabilidade. Quando analisada a MSTOTAL os setores 1, 2 e 6 diferiram estatisticamente entre si e dos demais, sendo que os setores 3, 4, 5 e 7 não diferem entre si. Os resultados obtidos acima apresentam algumas semelhanças com dados obtidos por Gomes (2007) 11,99 g de massa seca do grão e

40,44 g de massa seca total da planta para cultivar 8100 e Navarro Júnior & Costa (2002) 11,96 g de massa seca do grão testando a cultivar CEP 20-Guajuvira.

O índice de colheita médio encontrado foi 0,32, valor semelhante ao encontrado por Gomes (2007) 0,32. Confalone & Dujmovich (1999) obtiveram valores de índice de colheita de 0,38, 0,40 e 0,45, para tratamentos irrigados, porem com alguns períodos secos entre os estádios R1 e R4 e R4 e R6, respectivamente. Estes autores consideraram 0,45 um valor elevado e atribuíram isto a falta de água neste período, sobre a produção de matéria seca vegetativa.

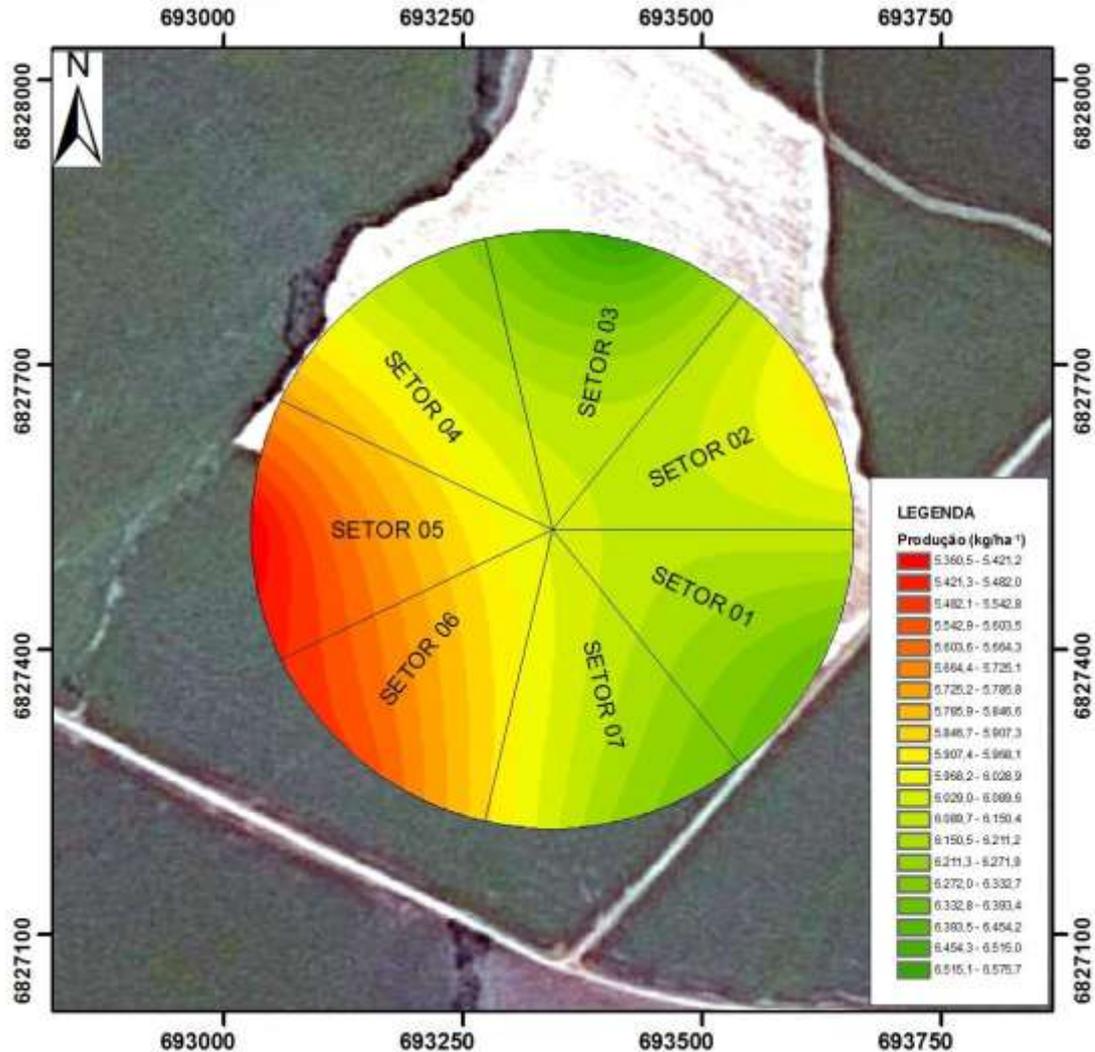
**Tabela 02.** Valores médios de massa seca dos grãos planta<sup>-1</sup> (MSGRAO), massa seca do colmo planta<sup>-1</sup> (MSC), massa seca das vagens planta<sup>-1</sup> (MSV), massa seca total (MSTOTAL) índice de colheita (IC) em cada setor irrigado para a cultivar de soja Munasqa aos 95 DAE de 04 de fevereiro a 10 de maio de 2010.

Setor	MSGRÃO	MSC	MSV	MSTOTAL	IC
01	12,4 a	10 a	56 a	68 a	0,18
02	12,37 a	6 b	28 de	34 c	0,36
03	13,7 a	8 ab	28 de	38 b	0,36
04	12,39 a	8 ab	32 bc	40 b	0,31
05	12,3 a	8 ab	30 cd	38 b	0,32
06	12,06 a	6 b	26 e	30 d	0,40
07	12,43 a	8 ab	34 b	40 b	0,31
<b>Média</b>	12,56	7,71	33,43	41,14	0,32
<b>D.P.</b>	0,53	1,38	10,31	12,37	0,06

\* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não se diferenciam pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro, MSGRÃO = Massa seca dos grãos planta<sup>-1</sup> (g), MSC = Massa seca do colmo planta<sup>-1</sup> (g), MSV = Massa seca média das vagens planta<sup>-1</sup> (g), MSTOTAL = Massa seca total da planta (g), IC = Relação entre a massa seca dos grãos e a massa seca total da planta, D.P. = Desvio padrão.

Pela Figura 01 observa-se que o setor 05 obteve a menor produção de grãos com valores máximos de 5248,05 kg ha<sup>-1</sup> obtendo assim um total de 87,47 sc ha<sup>-1</sup>, seguido do setor 06 que obteve um total de 5498,25 kg ha<sup>-1</sup> e um total de 91,64 sc ha<sup>-1</sup>. A maior produção de grãos alcançada foi de 6713,25 kg ha<sup>-1</sup>, que corresponde ao setor 03, chegando a um total de 111,89 sc ha<sup>-1</sup>, seguido pelo setor 01 que obteve valores máximos de 6473,19 kg ha<sup>-1</sup> totalizando assim 107,89 sc ha<sup>-1</sup>.

**Figura 01.** Variabilidade espacial da produção ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de grãos em cada setor irrigado para a cultivar de soja Munasqa.



Fonte: Elaborada pelo Autor.

Maehler *et al.* (2003) encontrou rendimento de  $5.189 \text{ kg ha}^{-1}$  com irrigação, e  $3.440 \text{ kg ha}^{-1}$  sem irrigação, evidenciando que a suplementação hídrica reduz a perda do potencial. Kuss (2006) através de estudo realizado na região de Santa Maria, RS, encontrou rendimento máximo testando diferentes estratégias de irrigação por aspersão e população de plantas para a cultivar de soja CD 205 de  $3397,20 \text{ kg ha}^{-1}$  em plantas irrigadas todo ciclo na população de  $400000 \text{ plantas ha}^{-1}$ .

Para a região da fronteira oeste do Estado do Rio Grande do Sul, Gomes (2007) obteve para a cultivar de soja 8100 a produção média de grãos de  $2979,10 \text{ kg ha}^{-1}$ , já para a cultivar de soja Anta 3166,  $10 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Em todos os setores foi aplicada a mesma lâmina de irrigação totalizando  $324 \text{ mm}$  durante o período vegetativo da cultura, e um total de  $312 \text{ mm}$  de precipitação pluvial, segundo a análise estatística houve diferença significativa em nível de 5%, na maioria dos setores exceto nos setores 04 e 07 onde não diferiram significativamente. As diferenças observadas nos demais setores podem vir a ser atribuída a declividade do terreno, densidade do solo, compactação do solo que podem gerar diferentes demandas hídricas em cada setor,

pois as correções físicas e químicas do solo correspondente ao local do experimento foram realizadas uniformemente e conforme recomendações técnicas.

## 6 CONCLUSÕES

A variabilidade espacial nos componentes de produção da cultura da soja pode estar atribuída a declividade do terreno, densidade do solo, compactação do solo, sendo que a produção de grãos da cultivar Munasqa apresentou melhor desempenho no setor 03 com 6713,25 kg ha<sup>-1</sup> e menor no setor 5 com 5248,05 kg ha<sup>-1</sup>;

Os valores de produção da cultivar de soja Munasqa analisados neste estudo foram superiores aos valores encontrados nas cultivares de soja nacionais e devido à variabilidade da área, a cultura da soja apresentou uma variação na produção estatisticamente significativa entre os setores.

## 7 REFERÊNCIAS

- BOSSOROCA, 2010. Prefeitura municipal da Bossoroca-RS. Disponível em: <<http://www.bossoroca.rs.gov.br/ci/home/paginas/16>> . Acesso em maio de 2010.
- CONFALONE, A.; DUJMOVICH, M.N. Influência do déficit hídrico sobre o desenvolvimento e rendimento da soja. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 7, n. 2, p. 183-187, 1999.
- GOMES, A. C. **Efeito de diferentes estratégias de irrigação sob a cultura da soja (GLYCINE Max (L.) Merrill) na região de Santiago, RS**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria Santa Maria, 2007. 132p.
- LAMPARELLI, R. A. C.; ROCHA, J. V.; BORGHI, E. **Geoprocessamento e Agricultura de Precisão: Fundamentos e Aplicações**. Série Engenharia Agrícola. V. 2, Livraria e Editora Guaíba: Agropecuária. 2001.
- 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**, v.38, n. 2, p. 225-231, 2003.
- MATZENAUER, R.; BARNI, N.A.; MACHADO, F.A.; ROSA, F.S. Análise agroclimática das disponibilidades hídricas para a cultura da soja na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, n.2, p.263-275, 1998.
- MERCANTE, E.; URIBE-OPAZO, M.A. & SOUZA, E.G. Variabilidade espacial e temporal da resistência mecânica do solo à penetração em áreas com e sem manejo químico localizado. **R. Bras. Ci. Solo**, 27:1149-1159, 2003.

MOTA, F.S.; AGENDES, M.O.O.; ALVES, E.G.P.; SIGNORINI, E. Análise agroclimática da necessidade de irrigação da soja no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.4, n.1, p.133-138, 1996.

NAVARRO JÚNIOR, H.M; COSTA, J.A. Contribuição relativa dos componentes do rendimento para produção de grãos em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n. 3, p.269-274, 2002.

NUNES, M. S. **Desempenho e aplicabilidade do irrigâmetro para a cultura da soja na região de Bossoroca, RS**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS. 2011. 90p.

QUEIROZ, T. M. de. **Desenvolvimento de um sistema automático para irrigação de precisão em pivô central**. 2007. 142 f. Tese (Doutor em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2007.

RAMBO, L.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F.; PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F. G. Rendimento dos grãos de soja e seus componentes por estrato do dossel em função do arranjo de plantas e regime hídrico. **Scientia Agraria**, v. 3, n. 1-2, p. 79-85, 2002.

SADLER, E.J.; EVANS, R.G.; BUCHLEITER, G.W.; KING, B.A.; CAMP, C.R. Design considerations for site specific irrigation. Proceedings of the 4th Decennial National Irrigation Symposium, p. 304–315, 2000.

SILVA, S. A.; LIMA, J. S. S.; OLIVEIRA, R. B. Modelo agrometeorológico na estimativa da produtividade de duas variedades de café arábica considerando a variabilidade espacial. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 1, p. 1-10, 2011.

SOARES, F.C.; PEITER, M. X.; ROBAINA, A. D.; VIVAN, G. A.; PARIZI, A. R. C. Resposta da cultura do milho à variabilidade hídrica em solo sob pivô central. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 2, p. 220 - 233, 2012.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Emater/RS – UFRGS, 2002. 126 p.

WARRICK, A.W.; GARDNER, W.R. Crop yield as affected by spatial variations of soil and irrigation. **Water Resources Research**, 19(1): p181-186, 1983.

ZHANG, N.; WANG, M.; WANG, N. Precision agriculture - a worldwide overview. **Computers and Electronics in Agriculture**, 36: 113–132, 2002.