

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS  
FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
SEMENTES**



**Tese**

**Variabilidade Espacial da Produtividade e da Qualidade Fisiológica de  
Sementes de Soja com Diferentes Densidades de Semeadura**

**César Iván Suárez Castellanos**

**Pelotas, 2017**

César Iván Suárez Castellanos

Variabilidade Espacial da Produtividade e da Qualidade Fisiológica de Sementes de Soja com Diferentes Densidades de Semeadura

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências.

Comitê de Orientação

Orientador: Dr. Geri Eduardo Meneghello  
Coorientadores: Prof. Dra. Gizele Ingrid Gadotti  
Prof. Dr. Antonio Carlos Souza de Albuquerque Barros

Pelotas, 2017

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas  
Catalogação na Publicação

C348v Castellanos, César Iván Suárez

Variabilidade espacial da produtividade e da qualidade fisiológica de sementes de soja com diferentes densidades de semeadura / César Iván Suárez Castellanos ; Geri Eduardo Meneghello, orientador ; Gizele Ingrid Gadotti, Antonio Carlos Souza de Albuquerque Barros, coorientadores. — Pelotas, 2017.

114 f. : il.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2017.

1. Agricultura de precisão. 2. Semeadura em taxa variada. 3. Componentes de rendimento. I. Meneghello, Geri Eduardo, orient. II. Gadotti, Gizele Ingrid, coorient. III. Barros, Antonio Carlos Souza de Albuquerque, coorient. IV. Título.

CDD : 633.34

César Iván Suárez Castellanos

Variabilidade Espacial da Produtividade e da Qualidade Fisiológica de Sementes de Soja com Diferentes Densidades de Semeadura

Tese aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Doutor em Ciências, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 22 de fevereiro de 2017

Banca examinadora

.....  
Dr. Geri Eduardo Meneghello (Orientador)  
Doutor em Ciência e Tecnologia de Sementes pela Universidade Federal de Pelotas.

.....  
Prof<sup>a</sup>. Dra. Gizele Ingrid Gadotti  
Doutora em Ciência e Tecnologia de Sementes pela Universidade Federal de Pelotas.

.....  
Prof. Dr. Silmar Teichert Peske  
Doutor em Agronomia Tecnologia de Sementes pela Mississippi State University.

.....  
Prof. Dr. Luís Eduardo Panozzo  
Doutor em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa.

.....  
Dr. Elbio Treicha Cardoso  
Doutor em Fitotecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

*Este trabalho está dedicado a minha família e amigos (colombianos e brasileiros), os quais foram fundamentais para encarar essa jornada longe de casa. Sem o apoio de vocês eu não teria conseguido atingir essa meta.*

## **Agradecimentos**

Antes de mais nada gostaria de agradecer a Deus por me permitir vivenciar esta experiência tão enriquecedora, tanto profissional quanto pessoalmente.

A toda minha família, mas em forma especial aos meus pais, por estarem sempre segurando minha onda, me dando conforto e força para seguir em frente.

Agradeço de forma muito especial a minha coorientadora, professora Gizele, por abraçar minha causa no início do doutorado, por facilitar inúmeras oportunidades que me deixaram um grande aprendizado e me fizeram crescer como pessoa e como profissional, por ser um exemplo a seguir de um ser humano. Definitivamente é uma honra fazer parte de sua equipe de trabalho.

Ao meu amigo Winícius Menegaz, responsável técnico da Sementes Seriema, pessoa chave para o sucesso desse trabalho.

À empresa Agropastoril Jotabasso LTDA. – Sementes Seriema por me permitir realizar o experimento nas suas instalações, além de me deixar aprender mais um pouco sobre o Brasil, sua cultura e seu agronegócio.

À empresa Futura Agriculture por facilitar a amostragem e análise do solo.

Ao meu orientador Dr. Géri Eduardo Meneghello, pela sua orientação neste trabalho.

Aos amigos Aline Gomes, Ariele Nadal, Anelise Kerchner, Carolina Borges, Cristiane Deuner, Jerffeson Araujo, Marciabela Fernandes e Renan Navroski, pessoas que estiveram envolvidas diretamente com a execução do experimento.

Aos meus amigos brasileiros e aos meus amigos colombianos residentes em Pelotas, os quais são mais do que amigos, são minha família adotiva.

Agradeço especialmente ao meu amigo Johan Murcia Bermudez, uma das melhores e mais valiosas influências positivas que tenho na minha vida, sem dúvida um conselheiro de primeira mão.

Ao CNPq, por me conceder a bolsa de estudos.

Ao PPG em Ciência e Tecnologia de Sementes, meu lar nos últimos 5 anos.

À Universidade Federal de Pelotas (UFPel) por me aceitar como um dos seus estudantes.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes por todos os ensinamentos transmitidos.

A todas as pessoas que contribuíram na obtenção deste título.

## Resumo

CASTELLANOS, César Iván Suárez. **Variabilidade Espacial da Produtividade e da Qualidade Fisiológica de Sementes de Soja com Diferentes Densidades de Semeadura**. 2017. 114f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.

Os campos de produção de sementes apresentam variabilidade espacial e temporal das características físico-químicas do solo, o que resulta na variabilidade espacial da qualidade fisiológica das sementes produzidas. Uma possível solução para evitar a variabilidade espacial é o uso de diferentes populações de plantas dentro do mesmo campo de produção, fazendo com que a oferta ambiental seja mais adequada para todas as plantas dentro da lavoura. Assim objetivou-se no presente trabalho caracterizar a variabilidade espacial dos atributos do solo, da qualidade fisiológica e da produtividade de sementes de soja, em um campo de produção comercial de 32,8 ha, visando ao estabelecimento de zonas de manejo agrônomo para avaliar a qualidade e produtividade de sementes de soja produzidas sob diferentes populações de plantas distribuídas espacialmente dentro das zonas de manejo. Para isso foi realizado um experimento em duas safras, amostrando plantas de soja no final de cada do ciclo de cultivo. Foi realizada análise de solo e determinadas as características agrônômicas das plantas, a produtividade e a qualidade fisiológica das sementes produzidas. Concluiu-se que a produtividade de sementes apresenta uma dependência espacial forte, enquanto que a germinação apresenta uma dependência espacial moderada. Existe variabilidade espacial do conteúdo de fósforo, matéria orgânica, capacidade de troca de cátions e conteúdo de areia e argila. Existe variabilidade espacial da produtividade e da germinação. A produtividade e qualidade fisiológica das sementes de soja produzidas atingem patamares similares independente das zonas de manejo. A densidade de semeadura influencia os componentes de rendimento das plantas de soja, no entanto a produtividade não é afetada. A variabilidade espacial observada da qualidade fisiológica das sementes é influenciada maiormente pela chuva e umidade relativa registrada no campo e não pelas zonas de manejo ou densidades de semeadura.

**Palavras-chave:** agricultura de precisão, semeadura em taxa variada, componentes de rendimento.



## **Abstract**

CASTELLANOS, César Iván Suárez. **Spatial Variability of Productivity and Physiological Quality of Soybean Seeds with Different Sowing Densities**. 2017. 114f. Thesis (PhD in Seed Science and Technology) - Graduate Program in Seed Science and Technology, School of Agronomy Eliseu Maciel, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2017.

Seed production fields present spatial and temporal variability of the physical and chemical characteristics of the soil, which results in the spatial variability of the physiological quality of the seeds produced. A possible solution to avoid spatial variability is the use of different plant populations within the same field of production, making the environmental supply more suitable for all plants within the crop. The objective of this study was to characterize the spatial variability of soil attributes, physiological quality and soybean yield in a commercial production field of 32.8 ha, aiming at the establishment of agronomic management areas to evaluate the Quality and productivity of soybean seeds produced under different plant populations spatially distributed within the management areas. For this, an experiment was carried out in two harvests, sampling soybean plants at the end of each cultivation cycle. Soil analysis and the agronomic characteristics of the plants, the productivity and the physiological quality of the seeds produced were determined. It was concluded that seed productivity has a strong spatial dependence, while germination has a moderate spatial dependence. There is spatial variability of phosphorus content, organic matter, cation exchange capacity and sand and clay content. There is spatial variability of productivity and germination. The productivity and physiological quality of the soybean seeds produced reach similar levels independently of the management areas. Seed density influences the yield components of soybean plants, however productivity is not affected. The observed spatial variability of seed physiological quality is influenced mainly by rainfall and relative humidity recorded in the field and not by management areas or seeding densities.

**Keywords:** precision agriculture, sowing at varied rates, yield components.

## Lista de Figuras

### Capítulo 1

- Figura 1. Localização geográfica da área de estudo.....30
- Figura 2. Representação da distribuição dos pontos onde foram obtidas as sub-amostras (Sn) de plantas em cada posição da malha de amostragem. 31
- Figura 3. Modelos digitais obtidos por krigagem dos atributos de solo que apresentaram dependência espacial. A) Fósforo (P; mg dm<sup>-3</sup>), B) Matéria Orgânica (MO; g dm<sup>-3</sup>), C) Capacidade de Troca de Cátions (CTC; cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), D) conteúdo de Argila (g kg<sup>-1</sup>), E) Conteúdo de Areia (g kg<sup>-1</sup>). ....38
- Figura 4. Modelos digitais obtidos por krigagem de: A) Porcentagem de germinação de sementes, B) Peso de sementes por metro linear (g m<sup>-1</sup>), C) Rendimento (t ha<sup>-1</sup>), D) Altura de plantas (cm), E) Número de nós por planta e F) Número de legumes com três sementes por planta de soja, cv. BMX Desafio RR produzidas em um campo de produção comercial localizado no município de Rondonópolis-MT durante a safra 2014/2015. ....42
- Figura 5. Modelos digitais obtidos por krigagem de: A) número de legumes com sementes por planta, B) número de sementes por planta e C) massa de sementes por planta (g pl<sup>-1</sup>) de soja, cv. BMX Desafio RR produzidas em um campo de produção comercial localizado no município de Rondonópolis-MT durante a safra 2014/2015.....43
- Figura 6. Zonas de manejo agrônomo definidas no talhão estudado, considerando a variabilidade espacial das características agrônômicas das plantas de soja, cv. BMX Desafio RR.....44
- Figura 7. Modelo digital da p≥0,8 de se encontrar sementes de soja, cv. BMX Desafio, com germinação mínima de 80%, produzidas em um campo de produção comercial de sementes no município de Rondonópolis – MT durante a safra 2014/2015.....45

### Capítulo 2

- Figura 1. Localização geográfica da área de estudo A) no Brasil, B) no estado de Mato Grosso e C) dentro da Fazenda no município de Rondonópolis...50
- Figura 2. Zonas de manejo agrônomo definidas no talhão de estudo. ....51

Figura 3.	Representação gráfica das densidades de semeadura utilizadas dentro do campo de produção de sementes de soja, cv. BMX Desafio RR.....	52
Figura 4.	Representação da distribuição dos pontos onde foram obtidas as sub-amostras (Sn) de plantas em cada posição da malha de amostragem. ....	52
Figura 5.	Modelos digitais obtidos por krigagem das características das plantas e sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, que apresentaram dependência espacial na zona de manejo agrônomo 1. A) Altura de inserção do primeiro legume (Alt.1°Leg; cm), B) Peso de mil sementes (PMS; g), C) Semente retida na peneira 7,0 mm (P7; %), D) Semente retida na peneira 6,0 mm (P6; %), E) Semente retida na peneira 5,5 mm (P5,5; %) e F) Semente retida na peneira 5,0 mm (P5; %). ....	68
Figura 6.	Modelos digitais obtidos por krigagem das características das plantas e sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, que apresentaram dependência espacial na zona de manejo agrônomo 1. A) Peso do hectolitro (PHL; kg), B) Vigor de sementes por tetrazólio (VIGOR; %), C) Viabilidade de sementes por tetrazólio (VIAB.; %) e D) Dano por umidade nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %). ....	71
Figura 7.	Precipitação e umidade relativa registrada nos 15 dias anteriores à colheita das sementes de soja, cv. BMX Desafio RR. ....	72
Figura 8.	Modelos digitais obtidos por krigagem das características das plantas e sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, que apresentaram dependência espacial na zona de manejo agrônomo 3. A) Peso de mil sementes (PMS; g), B) Semente retida na peneira 7,0 mm (P7; %), C) Semente retida na peneira 6,0 mm (P6; %), e D) Semente retida na peneira 5,0 mm (P5; %). ....	73
Figura 9.	Modelos digitais obtidos por krigagem das características das plantas e sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, que apresentaram dependência espacial na densidade de semeadura padrão. A) Legumes com três sementes por planta (L3S), B) Legumes com sementes por planta (LCS), C) Sementes por planta (SP) e D) Peso de sementes por planta (PS; g pl <sup>-1</sup> ). ZM-1: Zona de manejo 1, ZM-2: Zona de manejo 2, ZM-3: Zona de manejo 3. ....	85

- Figura 10. Modelos digitais obtidos por krigagem das características das plantas e sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, que apresentaram dependência espacial na densidade de semeadura padrão. A) Massa de sementes por metro linear ( $PS.m^{-1}$ ;  $g m^{-1}$ ), B) Rendimento (Rend.;  $t ha^{-1}$ ) e C) Vigor de sementes por tetrazólio (VIGOR; %). ZM-1: Zona de manejo 1, ZM-2: Zona de manejo 2, ZM-3: Zona de manejo 3. ....87
- Figura 11. Modelo digital obtido por krigagem do vigor de sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, na densidade de semeadura menor. ZM-1: Zona de manejo 1, ZM-2: Zona de manejo 2, ZM-3: Zona de manejo 3. ....88
- Figura 12. Modelos digitais obtidos por krigagem das características agronômicas das plantas e sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, que apresentaram dependência espacial na totalidade do campo. A) Diâmetro do caule (DC; mm), B) Peso de mil sementes (PMS; g), C) Semente retida na peneira 7,0 mm (P7; %), D) Semente retida na peneira 6,0 mm (P6; %), E) Semente retida na peneira 5,5 mm (P5,5; %) e F) Semente retida na peneira 5,0 mm (P5; %). ....92
- Figura 13. Modelos digitais obtidos por krigagem das características agronômicas das plantas e sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, que apresentaram dependência espacial na totalidade do campo. A) Peso do hectolitro (PHL; kg), B) Vigor de sementes por tetrazólio (VIGOR; %), C) Viabilidade de sementes por tetrazólio (VIABILIDADE; %) e D) Dano por umidade nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %). ....95
- Figura 14. Modelos digitais obtidos por krigagem dos atributos de solo A) Matéria Orgânica (MO;  $g dm^{-3}$ ) e B) Capacidade de Troca de Cátions (CTC;  $cmol_c dm^{-3}$ ).....95

## Lista de Tabelas

### Capítulo 1

- Tabela 1. Estatística descritiva da análise de 36 amostras de solo coletadas no campo de produção de sementes de soja, cv. BMX Desafio. pH (água), Fósforo (P;  $\text{mg dm}^{-3}$ ), Potássio (K;  $\text{mg dm}^{-3}$ ), Cálcio (Ca;  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), Magnésio (Mg;  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), Hidrogênio (H;  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), Matéria Orgânica (MO;  $\text{g dm}^{-3}$ ), Areia ( $\text{g kg}^{-1}$ ), Silte ( $\text{g kg}^{-1}$ ), Argila ( $\text{g kg}^{-1}$ ), Capacidade de Troca de Cátions (CTC;  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), Saturação por Bases (V; %), Relação Ca/Mg, Relação Ca/K e Relação Mg/K. ....35
- Tabela 2. Modelos geoestatísticos e avaliador de dependência espacial (ADE) das variáveis de solo que apresentaram dependência espacial. Fósforo (P;  $\text{mg dm}^{-3}$ ), Matéria Orgânica (MO;  $\text{g dm}^{-3}$ ), Capacidade de Troca de Cátions (CTC;  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), Areia ( $\text{g kg}^{-1}$ ) e Argila ( $\text{g kg}^{-1}$ ). ....36
- Tabela 3. Estatística descritiva das características das plantas e sementes de soja, cv. BMX Desafio RR. Estande de plantas (Estande;  $\text{pl m}^{-1}$ ), Altura de planta (Alt.pl; cm), Altura de inserção do primeiro legume (Alt.1°Leg; cm), Número de nós por planta (NN), Diâmetro de caule (DC; mm), Legumes sem sementes por planta (LSS), Legumes com uma semente por planta (L1S), Legumes com duas sementes por planta (L2S), Legumes com três sementes por planta (L3S), Legumes com quatro sementes por planta (L4S), Legumes com sementes por planta (LCS), Sementes por planta (SP), Peso de mil sementes (PMS; g), Massa de sementes por planta (PS;  $\text{g pl}^{-1}$ ), Massa de sementes por metro linear ( $\text{PS.m}^{-1}$ ;  $\text{g m}^{-1}$ ), Rendimento (Rend.;  $\text{t ha}^{-1}$ ), Semente retida na peneira 7,0 mm (P7; %), Semente retida na peneira 6,5 mm (P6,5; %), Semente retida na peneira 6,0 mm (P6; %), Semente retida na peneira 5,5 mm (P5,5; %), Semente retida na peneira 5,0 mm (P5; %), Semente menor do que a peneira 5,0 mm ( $P < 5$ ; %), Germinação (G; %). ....39
- Tabela 4. Modelos geoestatísticos e avaliador de dependência espacial (ADE) das características de plantas e sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, que apresentaram dependência espacial. Altura de planta (Alt.pl; cm), Nós por planta (NN), Legumes com três sementes por planta (L3S), Legumes com sementes por planta (LCS), Sementes por planta (SP), Peso de sementes

por planta (PS; g pl<sup>-1</sup>), Massa de sementes por metro linear (PS.m<sup>-1</sup>; g m<sup>-1</sup>), Rendimento (Rend.; t ha<sup>-1</sup>) e Germinação (G; %). .....41

## Capítulo 2

Tabela 1. Densidades de plantas observadas em campo. ....55

Tabela 2. Estatística descritiva das características agronômicas das plantas de soja, cv. BMX Desafio RR, cultivadas na zona de manejo 1 (ZM-1) em função das três densidades de semeadura usadas. Diâmetro de caule (DC; mm), Número de nós por planta (NN), Número de ramos secundários que produziram sementes (NRS), Altura de planta (Alt.pl; cm), Altura de inserção do primeiro legume (Alt.1°Leg; cm), Legumes sem sementes por planta (LSS), Legumes com uma semente por planta (L1S), Legumes com duas sementes por planta (L2S), Legumes com três sementes por planta (L3S), Legumes com quatro sementes por planta (L4S). .....57

Tabela 3. Estatística descritiva das características das plantas e sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, cultivadas na zona de manejo 1 (ZM-1) em função das três densidades de semeadura usadas. Legumes com sementes por planta (LCS), Sementes por planta (SP), Peso de mil sementes (PMS; g), Massa de sementes por planta (PS; g pl<sup>-1</sup>), Massa de sementes por metro linear (PS.m<sup>-1</sup>; g m<sup>-1</sup>), Rendimento (Rend.; t ha<sup>-1</sup>), Peso do hectolitro (PHL; kg), Semente retida na peneira 7,0 mm (P7; %), Semente retida na peneira 6,5 mm (P6,5; %), Semente retida na peneira 6,0 mm (P6; %), Semente retida na peneira 5,5 mm (P5,5; %). .....58

Tabela 4. Estatística descritiva das características de sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, cultivadas na zona de manejo 1 (ZM-1) em função das três densidades de semeadura usadas. Semente retida na peneira 5,0 mm (P5; %), Semente menor do que a peneira 5,0 mm (P<5; %), Vigor de sementes por tetrazólio (VIGOR; %), Viabilidade de sementes por tetrazólio (VIAB.; %), Dano por umidade nas classes 1 até 8 no teste de tetrazólio (DU 1-8; %), Dano por umidade nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %), Dano mecânico nas classes 1 até 8 no teste de tetrazólio (DU 1-8; %), Dano mecânico nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %), Dano por percevejos nas classes 1 até 8 no teste de tetrazólio (DU 1-8; %) e Dano por percevejos nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %). .....59

- Tabela 5. Estatística descritiva das características agronômicas das plantas de soja, cv. BMX Desafio RR, cultivadas na zona de manejo 2 (ZM-2) em função das três densidades de semeadura usadas. Diâmetro de caule (DC; mm), Número de nós por planta (NN), Número de ramos secundários que produziram sementes (NRS), Altura de planta (Alt.pl; cm), Altura de inserção do primeiro legume (Alt.1ºLeg; cm), Legumes sem sementes por planta (LSS), Legumes com uma semente por planta (L1S), Legumes com duas sementes por planta (L2S), Legumes com três sementes por planta (L3S), Legumes com quatro sementes por planta (L4S). .....60
- Tabela 6. Estatística descritiva das características das plantas e sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, cultivadas na zona de manejo 2 (ZM-2) em função das três densidades de semeadura usadas. Legumes com sementes por planta (LCS), Sementes por planta (SP), Peso de mil sementes (PMS; g), Massa de sementes por planta (PS; g pl<sup>-1</sup>), Massa de sementes por metro linear (PS.m<sup>-1</sup>; g m<sup>-1</sup>), Rendimento (Rend.; t ha<sup>-1</sup>), Peso do hectolitro (PHL; kg), Semente retida na peneira 7,0 mm (P7; %), Semente retida na peneira 6,5 mm (P6,5; %), Semente retida na peneira 6,0 mm (P6; %), Semente retida na peneira 5,5 mm (P5,5; %). .....61
- Tabela 7. Estatística descritiva das características de sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, cultivadas na zona de manejo 2 (ZM-2) em função das três densidades de semeadura usadas. Semente retida na peneira 5,0 mm (P5; %), Semente menor do que a peneira 5,0 mm (P<5; %), Vigor de sementes por tetrazólio (VIGOR; %), Viabilidade de sementes por tetrazólio (VIAB.; %), Dano por umidade nas classes 1 até 8 no teste de tetrazólio (DU 1-8; %), Dano por umidade nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %), Dano mecânico nas classes 1 até 8 no teste de tetrazólio (DU 1-8; %), Dano mecânico nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %), Dano por percevejos nas classes 1 até 8 no teste de tetrazólio (DU 1-8; %) e Dano por percevejos nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %). .....62
- Tabela 8. Estatística descritiva das características agronômicas das plantas de soja, cv. BMX Desafio RR, cultivadas na zona de manejo 3 (ZM-3) em função das três densidades de semeadura usadas. Diâmetro de caule (DC; mm), Número de nós por planta (NN), Número de ramos secundários que

produziram sementes (NRS), Altura de planta (Alt.pl; cm), Altura de inserção do primeiro legume (Alt.1ºLeg; cm), Legumes sem sementes por planta (LSS), Legumes com uma semente por planta (L1S), Legumes com duas sementes por planta (L2S), Legumes com três sementes por planta (L3S), Legumes com quatro sementes por planta (L4S). .....63

Tabela 9. Estatística descritiva das características das plantas e sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, cultivadas na zona de manejo 3 (ZM-3) em função das três densidades de semeadura usadas. Legumes com sementes por planta (LCS), Sementes por planta (SP), Peso de mil sementes (PMS; g), Massa de sementes por planta (PS; g pl<sup>-1</sup>), Massa de sementes por metro linear (PS.m<sup>-1</sup>; g m<sup>-1</sup>), Rendimento (Rend.; t ha<sup>-1</sup>), Peso do hectolitro (PHL; kg), Semente retida na peneira 7,0 mm (P7; %), Semente retida na peneira 6,5 mm (P6,5; %), Semente retida na peneira 6,0 mm (P6; %), Semente retida na peneira 5,5 mm (P5,5; %). .....64

Tabela 10. Estatística descritiva das características de sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, cultivadas na zona de manejo 3 (ZM-3) em função das três densidades de semeadura usadas. Semente retida na peneira 5,0 mm (P5; %), Semente menor do que a peneira 5,0 mm (P<5; %), Vigor de sementes por tetrazólio (VIGOR; %), Viabilidade de sementes por tetrazólio (VIAB.; %), Dano por umidade nas classes 1 até 8 no teste de tetrazólio (DU 1-8; %), Dano por umidade nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %), Dano mecânico nas classes 1 até 8 no teste de tetrazólio (DU 1-8; %), Dano mecânico nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %), Dano por percevejos nas classes 1 até 8 no teste de tetrazólio (DU 1-8; %) e Dano por percevejos nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %). .....65

Tabela 11. Modelos geoestatísticos e avaliador de dependência espacial (ADE) das características das plantas e sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, que apresentaram dependência espacial, em função das diferentes zonas de manejo agrônômico. Altura de inserção do primeiro legume (Alt.1ºLeg; cm), Peso de mil sementes (PMS; g), Semente retida na peneira 7,0 mm (P7; %), Semente retida na peneira 6,0 mm (P6; %), Semente retida na peneira 5,5 mm (P5,5; %), Semente retida na peneira 5,0 mm (P5; %), Peso do hectolitro (PHL; kg), Vigor de sementes por tetrazólio (VIGOR;



%), Viabilidade de sementes por tetrazólio (VIAB.; %), Dano por umidade nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %). .....67

Tabela 12. Estatística descritiva das características agronômicas das plantas de soja, cv. BMX Desafio RR, na densidade de semeadura maior e em função das três zonas de manejo estabelecidas. Diâmetro de caule (DC; mm), Número de nós por planta (NN), Número de ramos secundários que produziram sementes (NRS), Altura de planta (Alt.pl; cm), Altura de inserção do primeiro legume (Alt.1ºLeg; cm), Legumes sem sementes por planta (LSS), Legumes com uma semente por planta (L1S), Legumes com duas sementes por planta (L2S), Legumes com três sementes por planta (L3S), Legumes com quatro sementes por planta (L4S). .....75

Tabela 13. Estatística descritiva das características das plantas e sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, na densidade de semeadura maior e em função das três zonas de manejo estabelecidas. Legumes com sementes por planta (LCS), Sementes por planta (SP), Peso de mil sementes (PMS; g), Massa de sementes por planta (PS; g pl<sup>-1</sup>), Massa de sementes por metro linear (PS.m<sup>-1</sup>; g m<sup>-1</sup>), Rendimento (Rend.; t ha<sup>-1</sup>), Peso do hectolitro (PHL; kg), Semente retida na peneira 7,0 mm (P7; %), Semente retida na peneira 6,5 mm (P6,5; %), Semente retida na peneira 6,0 mm (P6; %), Semente retida na peneira 5,5 mm (P5,5; %). .....76

Tabela 14. Estatística descritiva das características de sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, na densidade de semeadura maior e em função das três zonas de manejo estabelecidas. Semente retida na peneira 5,0 mm (P5; %), Semente menor do que a peneira 5,0 mm (P<5; %), Vigor de sementes por tetrazólio (VIGOR; %), Viabilidade de sementes por tetrazólio (VIAB.; %), Dano por umidade nas classes 1 até 8 no teste de tetrazólio (DU 1-8; %), Dano por umidade nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %), Dano mecânico nas classes 1 até 8 no teste de tetrazólio (DU 1-8; %), Dano mecânico nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %), Dano por percevejos nas classes 1 até 8 no teste de tetrazólio (DU 1-8; %) e Dano por percevejos nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %). .....77

Tabela 15. Estatística descritiva das características agronômicas das plantas de soja, cv. BMX Desafio RR, na densidade de semeadura padrão e em função

das três zonas de manejo estabelecidas. Diâmetro de caule (DC; mm), Número de nós por planta (NN), Número de ramos secundários que produziram sementes (NRS), Altura de planta (Alt.pl; cm), Altura de inserção do primeiro legume (Alt.1ºLeg; cm), Legumes sem sementes por planta (LSS), Legumes com uma semente por planta (L1S), Legumes com duas sementes por planta (L2S), Legumes com três sementes por planta (L3S), Legumes com quatro sementes por planta (L4S). .....78

Tabela 16. Estatística descritiva das características das plantas e sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, na densidade de semeadura padrão e em função das três zonas de manejo estabelecidas. Legumes com sementes por planta (LCS), Sementes por planta (SP), Peso de mil sementes (PMS; g), Massa de sementes por planta (PS; g pl<sup>-1</sup>), Massa de sementes por metro linear (PS.m<sup>-1</sup>; g m<sup>-1</sup>), Rendimento (Rend.; t ha<sup>-1</sup>), Peso do hectolitro (PHL; kg), Semente retida na peneira 7,0 mm (P7; %), Semente retida na peneira 6,5 mm (P6,5; %), Semente retida na peneira 6,0 mm (P6; %), Semente retida na peneira 5,5 mm (P5,5; %). .....79

Tabela 17. Estatística descritiva das características de sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, na densidade de semeadura padrão e em função das três zonas de manejo estabelecidas. Semente retida na peneira 5,0 mm (P5; %), Semente menor do que a peneira 5,0 mm (P<5; %), Vigor de sementes por tetrazólio (VIGOR; %), Viabilidade de sementes por tetrazólio (VIAB.; %), Dano por umidade nas classes 1 até 8 no teste de tetrazólio (DU 1-8; %), Dano por umidade nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %), Dano mecânico nas classes 1 até 8 no teste de tetrazólio (DU 1-8; %), Dano mecânico nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %), Dano por percevejos nas classes 1 até 8 no teste de tetrazólio (DU 1-8; %) e Dano por percevejos nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %). .....80

Tabela 18. Estatística descritiva das características agronômicas das plantas de soja, cv. BMX Desafio RR, na densidade de semeadura menor e em função das três zonas de manejo estabelecidas. Diâmetro de caule (DC; mm), Número de nós por planta (NN), Número de ramos secundários que produziram sementes (NRS), Altura de planta (Alt.pl; cm), Altura de inserção do primeiro legume (Alt.1ºLeg; cm), Legumes sem sementes por

planta (LSS), Legumes com uma semente por planta (L1S), Legumes com duas sementes por planta (L2S), Legumes com três sementes por planta (L3S), Legumes com quatro sementes por planta (L4S). .....81

Tabela 19. Estatística descritiva das características das plantas e sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, na densidade de semeadura menor e em função das três zonas de manejo estabelecidas. Legumes com sementes por planta (LCS), Sementes por planta (SP), Peso de mil sementes (PMS; g), Massa de sementes por planta (PS; g pl<sup>-1</sup>), Massa de sementes por metro linear (PS.m<sup>-1</sup>; g m<sup>-1</sup>), Rendimento (Rend.; t ha<sup>-1</sup>), Peso do hectolitro (PHL; kg), Semente retida na peneira 7,0 mm (P7; %), Semente retida na peneira 6,5 mm (P6,5; %), Semente retida na peneira 6,0 mm (P6; %), Semente retida na peneira 5,5 mm (P5,5; %). .....82

Tabela 20. Estatística descritiva das características de sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, na densidade de semeadura menor e em função das três zonas de manejo estabelecidas. Semente retida na peneira 5,0 mm (P5; %), Semente menor do que a peneira 5,0 mm (P<5; %), Vigor de sementes por tetrazólio (VIGOR; %), Viabilidade de sementes por tetrazólio (VIAB.; %), Dano por umidade nas classes 1 até 8 no teste de tetrazólio (DU 1-8; %), Dano por umidade nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %), Dano mecânico nas classes 1 até 8 no teste de tetrazólio (DU 1-8; %), Dano mecânico nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %), Dano por percevejos nas classes 1 até 8 no teste de tetrazólio (DU 1-8; %) e Dano por percevejos nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %). .....83

Tabela 21. Modelos geoestatísticos e avaliador de dependência espacial (ADE) das características das plantas e sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, que apresentaram dependência espacial, em função das diferentes densidades de semeadura. Legumes com três sementes por planta (L3S), Legumes com sementes por planta (LCS), Sementes por planta (SP), Massa de sementes por planta (PS; g pl<sup>-1</sup>), Massa de sementes por metro linear (PS.m<sup>-1</sup>; g m<sup>-1</sup>), Rendimento (Rend.; t ha<sup>-1</sup>), Vigor de sementes por tetrazólio (VIGOR; %). .....84

Tabela 22. Estatística descritiva das características agrônômicas das plantas e sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, que apresentaram dependência

espacial na totalidade do campo em função das diferentes densidades de semeadura usadas. Diâmetro de caule (DC; mm), Peso de mil sementes (PMS; g), Peso do hectolitro (PHL; kg), Semente retida na peneira 7,0 mm (P7; %), Semente retida na peneira 6,0 mm (P6; %), Semente retida na peneira 5,5 mm (P5,5; %), Semente retida na peneira 5,0 mm (P5; %), 90

Tabela 23. Estatística descritiva da qualidade fisiológica de sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, que apresentaram dependência espacial na totalidade do campo em função das diferentes densidades de semeadura usadas. Vigor de sementes por tetrazólio (VIGOR; %), Viabilidade de sementes por tetrazólio (VIABILIDADE; %) e Dano por umidade nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %). .....91

Tabela 24. Modelos geoestatísticos e avaliador de dependência espacial (ADE) das características das plantas e sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, que apresentaram dependência espacial na totalidade do campo. Diâmetro do caule (DC; mm), Peso de mil sementes (PMS; g), Semente retida na peneira 7,0 mm (P7; %), Semente retida na peneira 6,0 mm (P6; %), Semente retida na peneira 5,5 mm (P5,5; %), Semente retida na peneira 5,0 mm (P5; %), Peso do hectolitro (PHL; kg), Vigor de sementes por tetrazólio (VIGOR; %), Viabilidade de sementes por tetrazólio (VIAB.; %), Dano por umidade nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %). .....91

## Sumário

<b>1. Introdução .....</b>	<b>20</b>
<b>2. Revisão Bibliográfica .....</b>	<b>23</b>
2.1. Importância da cultura da soja.....	23
2.2. Nutrição de plantas e qualidade de sementes.....	24
2.3. Variabilidade espacial das características do solo e efeitos sobre a qualidade de sementes .....	25
2.4. Agricultura de precisão .....	26
<b>Capítulo 1: Variabilidade Espacial das Características do Solo, da Qualidade Fisiológica e da Produtividade de Sementes de Soja no Estabelecimento de Zonas de Manejo .....</b>	<b>28</b>
1. Introdução.....	28
2. Material e Métodos .....	30
3. Resultados e Discussão .....	34
4. Conclusões .....	46
<b>Capítulo 2: Qualidade Fisiológica e Produtividade de Sementes de Soja Sob Diferentes Densidades de Semeadura e Zonas de Manejo Agrônômico .....</b>	<b>47</b>
1. Introdução.....	47
2. Material e métodos .....	50
3. Resultados e discussão .....	55
4. Conclusões .....	98
<b>Considerações Finais .....</b>	<b>99</b>
<b>Referências .....</b>	<b>101</b>
<b>Apêndice A: Fotos do experimento .....</b>	<b>107</b>
<b>Apêndice B: Descrição da Empresa Agropastoril Jotabasso LTDA. – Sementes Seriema .....</b>	<b>112</b>
<b>Apêndice C: Características da cultivar de soja BMX Desafio RR.....</b>	<b>114</b>

## **1. Introdução**

A cultura da soja tem ganhado grande importância no agronegócio brasileiro, principalmente durante as últimas décadas, devido à grande demanda do grão em nível mundial, considerando que este é utilizado na alimentação humana, na produção de biocombustíveis e na produção de rações para alimentação animal.

Para suprir as necessidades do mercado da soja, inicialmente se incrementaram as áreas de produção de grãos, porém, devido a várias restrições geográficas, ambientais, legais e climáticas, o crescimento das terras de cultivo é cada vez mais limitado (MATTIONI, 2013), impossibilitando assim o aumento da produção por essa via.

A procura por outras soluções que permitam aumentar a produção da soja gerou várias mudanças na forma de manejar as lavouras, destacando-se a incorporação do sistema de plantio direto e a obtenção de novas cultivares, adaptadas a baixas latitudes e a ambientes específicos, mais produtivas, com maior teor de proteínas, maior quantidade de óleo e melhor qualidade do mesmo, tolerantes a várias pragas, doenças e fatores abióticos entre outras características. Nesse raciocínio, a semente possui um papel fundamental, já que é através dela que todas essas melhorias, incorporadas às novas cultivares por diferentes técnicas de fitomelhoramento, serão disponibilizadas aos agricultores (PESKE et al., 2012).

No avanço do conhecimento em tecnologia de sementes, tem-se demonstrado que a qualidade das mesmas, considerando os atributos físicos, fisiológicos, genéticos e sanitários, traz inúmeros benefícios para as lavouras. Por exemplo, sementes de alta qualidade possuem alto desempenho durante os processos de germinação e emergência garantindo o estande recomendado, obtenção de plântulas fortes e vigorosas que se estabelecem bem em diferentes condições edafoclimáticas, maior velocidade de emergência e de desenvolvimento das plantas, o que resulta no rápido fechamento das entrelinhas facilitando o controle de plantas daninhas, aumento dos rendimentos por área, entre outros benefícios (FRANÇA-NETO et al., 2010). Igualmente Panozzo et al. (2009) e Scheeren et al. (2010), observaram que plantas de soja provenientes de sementes de alto vigor apresentam maior produtividade quando comparadas com plantas provenientes de sementes de baixo vigor. Por outro

lado, sementes de baixa qualidade provocam diminuição da produtividade causada pela desuniformidade no estabelecimento da lavoura e comprometem o estande recomendado para as diferentes cultivares (KOLCHINSKI et al. 2005).

Devido à importância que as sementes têm sobre a produtividade das lavouras, as empresas sementeiras e os órgãos de pesquisa no Brasil estão constantemente em busca de soluções aos problemas de produção e beneficiamento de sementes, gerando tecnologias que deixem o processo produtivo mais eficiente, ou seja, produzir em maior quantidade e com melhor qualidade do que os padrões estabelecidos atualmente. Dentro dessas novas tecnologias se encontra a agricultura de precisão, a qual se consolida como uma ferramenta moderna para auxiliar o produtor na hora de tomar decisões que influenciam no sucesso da sua lavoura, neste caso, campos de produção de sementes.

Um campo de produção de sementes apresenta variabilidade espacial e temporal das características físico-químicas do solo, com destaque do teor de argila, teor de matéria orgânica, quantidade de palha remanescente no solo, profundidade e compactação do solo e desequilíbrios localizados da atividade biológica ou nutrientes (MATTIONI, 2013; MATTIONI et al., 2014), influenciando assim o rendimento e a qualidade das sementes produzidas. Isso pode acontecer porque a disponibilidade de nutrientes afeta a formação do embrião e dos órgãos de reserva, assim como a composição química, o metabolismo e o vigor da semente (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). Essas variações no teor de nutrientes no solo resultam na variabilidade espacial da qualidade fisiológica das sementes dentro do campo de produção, obtendo-se regiões que produzem sementes de alta qualidade e outras regiões que produzem sementes de baixa qualidade (MATTIONI et al., 2012).

Atualmente, com o desenvolvimento da geoestatística e os sistemas de posicionamento global (GPS), é possível realizar o mapeamento das características do solo e a resposta das plantas a esses atributos (MATTIONI, 2013), fazendo possível a identificação das áreas que produzem sementes de maior ou menor qualidade dentro de um campo de produção de sementes e posteriormente relacioná-las com os atributos do solo.

Nessa ordem de ideias, é possível observar que em um mesmo campo de produção, as plantas estão submetidas a distintos fatores que influenciam direta ou indiretamente a qualidade das sementes produzidas. Muitas vezes, esses fatores são de difícil controle gerando um campo de produção desuniforme.

Considerando os aspectos abordados, uma possível solução para corrigir esse problema é o uso de diferentes populações de plantas dentro do mesmo campo de produção, fazendo com que a oferta ambiental seja mais adequada para todas as plantas dentro da lavoura. De acordo com Mattioni et al. (2014), em áreas com baixa oferta pode-se reduzir a população de plantas para diminuir a competição entre elas pelos recursos disponíveis, os quais podem não ser suficientes para uma população padrão. Igualmente, em áreas de alta oferta, pode-se aumentar a população devido à oferta maior do que a média da lavoura podendo assim suprir as necessidades de uma população maior à padrão. No entanto, no caso da produção de sementes de soja, a adequação da população de plantas realizada pelas empresas produtoras de sementes, levando em consideração o nível de fertilidade do solo, é contrária ao descrito anteriormente, sendo que o estande é incrementado quando a fertilidade do solo é baixa, e diminuído quando a fertilidade do solo é alta.

Levando em consideração o exposto, objetivou-se no presente trabalho caracterizar a variabilidade espacial dos atributos do solo, da qualidade fisiológica e da produtividade de sementes de soja em um campo de produção comercial, visando ao estabelecimento de zonas de manejo agrônomo para avaliar a qualidade e produtividade de sementes de soja produzidas sob diferentes populações de plantas distribuídas espacialmente em ditas zonas de manejo.



## **2. Revisão Bibliográfica**

### **2.1. Importância da cultura da soja**

A cultura da soja foi a grande mola propulsora que viabilizou o desenvolvimento social e econômico no Brasil Central, já que graças à expansão do seu cultivo para regiões despovoadas e desvalorizadas no vazio dos Cerrados, permitiu o surgimento de novas cidades e o crescimento de pequenos conglomerados urbanos, os quais se converteram em metrópoles (EMBRAPA, 2004).

O crescimento da produção de soja no Brasil tem sido de quase 260 vezes entre os anos de 1960 e 2000, o que desencadeou uma série de mudanças na economia e na história do país, como por exemplo, o surgimento da agricultura comercial, a aceleração da mecanização agrícola, a modernização dos transportes, a profissionalização do setor agropecuário, o crescimento urbano e a tecnificação de outras culturas, entre outros (EMBRAPA, 2004).

Atualmente, a produção de soja brasileira é de mais de 95 milhões de toneladas produzidas em cerca de 33 milhões de hectares (safra 2015/2016), registrando-se uma produtividade média de 2.870 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2016).

Dados da CONAB (2016) indicam que somente nas exportações no ano de 2015, a soja representou para o país quase 21 bilhões de dólares, os quais foram derivados da exportação de mais de 54 milhões de toneladas do grão a um preço médio por tonelada de US\$ 386,27, consolidando esse cultivo como um dos mais importantes para a economia do Brasil.

A produção de soja está distribuída em quase todo o território brasileiro, encontrando-se lavouras nos estados de Roraima, Tocantins, Rondônia, Pará, Maranhão, Piauí, Bahia, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Distrito Federal, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, sendo as regiões centro-oeste e sul do país as responsáveis por 82% da produção na safra 2015/2016 (CONAB, 2016).

Considerando a posição de destaque que a soja tem na economia brasileira, faz-se necessário a execução de pesquisas que objetivem o aperfeiçoamento do cultivo, visando reduzir os riscos e prejuízos (GUIMARÃES, 2008), como também o

incremento das produtividades. De acordo com França-Neto (1984), o manejo adequado do solo, o uso de cultivares adaptadas, a semeadura em época recomendada, o bom manejo de pragas e doenças e o uso de sementes de alta qualidade, são pontos chave para a obtenção de altos índices de produtividade.

## **2.2. Nutrição de plantas e qualidade de sementes**

A qualidade das sementes está definida por quatro atributos. O primeiro deles é a qualidade genética, definida por parâmetros como pureza varietal, precocidade da cultivar, potencial de rendimento, capacidade de lidar com estresses bióticos e abióticos e qualidade do grão. O segundo atributo é a qualidade física, a qual faz referência à umidade das sementes, danos mecânicos que possam apresentar, massa, aparência, presença de sementes de outras cultivares ou de plantas daninhas como também de material inerte. O terceiro atributo é a qualidade sanitária das sementes, que representa a sanidade das mesmas, uma vez que sementes infectadas por microrganismos podem ter baixo vigor ou ser inviáveis, motivo pelo qual as sementes utilizadas na propagação das culturas devem ser sadias e livres de qualquer patógeno. Finalmente, o quarto atributo da qualidade das sementes é o fator fisiológico, o qual envolve o metabolismo da semente para expressar seu potencial. Esse atributo está representado principalmente pela germinação, o vigor e a dormência que as sementes possam apresentar (PESKE et al., 2012; MARCOS FILHO, 2015).

Copeland e McDonald (2001) expõem que um dos fatores que podem atuar sobre o vigor das sementes é a nutrição das plantas. De acordo com Marcos Filho (2015) plantas nutridas de forma correta produzem sementes maiores e mais pesadas, principalmente quando o suprimento de nutrientes é adequado durante o período de acúmulo de matéria seca. Igualmente, Carvalho e Nakagawa (2000) e Peske et al. (2012) relatam que a disponibilidade de nutrientes influencia a formação do embrião, do órgão de reserva, do tecido protetor da semente e da composição química da mesma, o que se vê refletido posteriormente na qualidade física e fisiológica. Sarmiento e Silva (2010) também descrevem que em solos férteis podem ser obtidas produções de sementes maiores e de maior qualidade fisiológica, e que

elementos como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, entre outros, são essenciais para a formação e desenvolvimento de flores, frutos e sementes, pelo que o aporte de nutrientes influi na qualidade das sementes produzidas. Sá (1994) reportou que plantas bem nutridas podem produzir maior número de sementes com melhor qualidade fisiológica, o que pode torná-las mais tolerantes às adversidades climáticas.

Marcos Filho (2015) descreve que as populações de plantas na produção de sementes devem ser determinadas baseando-se em resultados de pesquisas que considerem, entre outros fatores, as exigências nutricionais de cada espécie com objetivo de diminuir a competição entre as plantas, ressaltando assim que a tecnologia de produção de sementes influencia indiretamente os efeitos da adubação sobre a produtividade e a qualidade das sementes.

### **2.3. Variabilidade espacial das características do solo e efeitos sobre a qualidade de sementes**

Segundo Souza et al. (2001), o solo é heterogêneo tanto vertical como horizontalmente, e essa variabilidade espacial deriva-se da natureza dos fatores responsáveis pela formação do solo, como também das modificações sofridas pela sua exploração. Os mesmos autores relatam que a variabilidade das características físicas e químicas do solo não é aleatória, ou seja, a mesma apresenta correlação ou dependência espacial.

O conhecimento da variabilidade espacial dos atributos do solo permite indicar alternativas de manejo para reduzir os efeitos que tal variação pode ocasionar sobre a produção das culturas, como também estimar a resposta das plantas a determinadas práticas de manejo (SOUZA et al. 2001).

Atualmente, as recomendações de adubação para um talhão são baseadas nos teores médios de nutrientes presentes no solo, desconhecendo-se assim as variações que os mesmos podem apresentar. Isso resulta em excessivas aplicações de fertilizantes em algumas áreas do campo e insuficientes em outras (GUEDES FILHO, 2009). Segundo Abreu et al. (2003), a variabilidade espacial dos atributos físico-

químicos do solo pode ser uma possível causa da variabilidade da produtividade das lavouras.

Mattioni et al. (2012), em um campo de produção de sementes de soja, encontraram uma variação da produção de aproximadamente 1500 kg ha<sup>-1</sup> dentro do mesmo talhão e reportaram que a germinação das sementes produzidas no campo variou entre 73 e 98%. Mondo et al. (2012) encontraram dados semelhantes, observando uma variação da germinação das sementes produzidas em um campo de soja entre 64 e 98%.

## **2.4. Agricultura de precisão**

De acordo com Fraisse (1998), a agricultura de precisão (AP) é uma técnica de gerenciamento sistêmico para aperfeiçoar a atividade agrícola, permitindo a aplicação de insumos em locais específicos e em quantidades requeridas. McBratney et al. (2005) estabeleceram que a AP é a gestão localizada dos fatores de produção, baseando-se basicamente em ferramentas que permitem gerir a variabilidade espacial e temporal para estabelecer meios de compreensão e controle dos fatores do campo. Já Inamasu (2013) descreveu a agricultura de precisão como um sistema de manejo integrado de informações e tecnologias, fundamentado nos conceitos de que as variabilidades de espaço e tempo influenciam nos rendimentos dos cultivos. Finalmente, o Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento, através da Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão, definiu a AP como *“um sistema de gerenciamento agrícola baseado na variação espacial e temporal da unidade produtiva e visa ao aumento de retorno econômico, à sustentabilidade e à minimização do efeito ao ambiente”* (BRASIL, 2012).

Por outra parte, Mattioni (2013) estabelece que os preceitos da agricultura de precisão pressupõem a elaboração e utilização de mapas que descrevam as características e atributos de uma área e busquem representar espacialmente a variabilidade dos atributos do solo, produtividade e características da cultura observadas em campo, para que com base nessas informações possam ser tomadas as decisões que envolvam o manejo localizado das áreas. Luz et al. (2013) também descrevem que o objetivo da AP é a maximização da produtividade, devido a uma

aplicação eficiente de insumos e redução do impacto ambiental, uma vez que esses insumos serão distribuídos de acordo com a necessidade das culturas.

## **Capítulo 1: Variabilidade Espacial das Características do Solo, da Qualidade Fisiológica e da Produtividade de Sementes de Soja no Estabelecimento de Zonas de Manejo**

### **1. Introdução**

A semente possui um papel fundamental no ciclo produtivo da soja, pois é através dela que novas cultivares são disponibilizadas no mercado (PESKE et al., 2012). Da mesma forma, a qualidade das sementes oferecidas aos agricultores é de grande importância para garantir o sucesso das lavouras, já que tem se demonstrado que sementes de alta qualidade possuem alto desempenho durante os processos de germinação e emergência, garantindo assim, a obtenção de plântulas fortes e vigorosas com maior velocidade de emergência e desenvolvimento (FRANÇA-NETO et al., 2010).

Novas tecnologias estão sendo desenvolvidas com o objetivo de melhorar as condições atuais da produção de sementes, visando o incremento da produtividade, da qualidade da semente, da diminuição dos custos de produção e a mitigação do impacto ambiental. Dentro dessas novas tecnologias se encontra a agricultura de precisão, a qual se consolida como uma ferramenta moderna para auxiliar o produtor na hora de tomar decisões que influenciam no sucesso da sua lavoura, neste caso, campos de produção de sementes.

De acordo com Corá et al. (2004), o manejo agrônômico regionalizado das áreas de produção, tanto do solo quanto das lavouras, é parte integrante da agricultura de precisão. No entanto, a escolha dessas práticas e a definição dos locais onde devem ser implementadas, dependem do conhecimento prévio da variabilidade espacial das condições do solo, do clima e a resposta que as plantas apresentam a ditos fatores. Igualmente, Resende et al. (2014) relataram que o estabelecimento de zonas de manejo específico são resultado de informações que possibilitem a elaboração de mapas do desempenho produtivo das culturas dentro das áreas de

cultivo, uma vez que os mapas de rendimento são o produto da interação de todos os fatores de produção de uma lavoura (solo, planta e clima).

Com relação aos campos de produção de sementes, a pesquisa tem demonstrado que as áreas destinadas a essa atividade apresentam variabilidade espacial dos atributos do solo, da qualidade fisiológica das sementes e da produtividade das mesmas, identificando-se, dentro de um mesmo talhão, regiões que produzem sementes com qualidade fisiológica superior e regiões que produzem sementes com qualidade fisiológica inferior. Esse mesmo fenômeno tem sido observado especialmente com a produtividade (MATTIONI et al., 2011; MONDO et al., 2012; MATTIONI et al., 2013; GAZOLLA-NETO et al., 2016). No entanto, a definição de zonas de manejo para a produção de sementes e a implementação dessa tecnologia ainda não tem sido bem elucidada.

Considerando o exposto, o objetivo deste trabalho foi caracterizar a variabilidade espacial de atributos do solo, da qualidade fisiológica e da produtividade de sementes de soja em um campo de produção comercial visando à definição de zonas de manejo agrônômico.

## 2. Material e Métodos

O experimento foi conduzido em parceria com a empresa Agropastoril Jotabasso LTDA. – Sementes Seriema, localizada no município de Rondonópolis - MT. Foi selecionado um campo de produção comercial de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill.), cv. BMX Desafio RR, com área de 32,8 ha (latitude 16°35'24.0"S, longitude 54°52'08.3"W) durante a safra 2014/2015 (Figura 1), com solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico Típico (EMBRAPA, 2006). O histórico de cultivo do talhão registra utilização com soja e milho safrinha sob sistema de plantio direto sobre palhada durante mais de 10 anos, apresentando aparência homogênea, portanto, o manejo agrônômico que se tem feito através do tempo e o espaço é o mesmo na totalidade da área.



**Figura 1.** Localização geográfica da área de estudo.

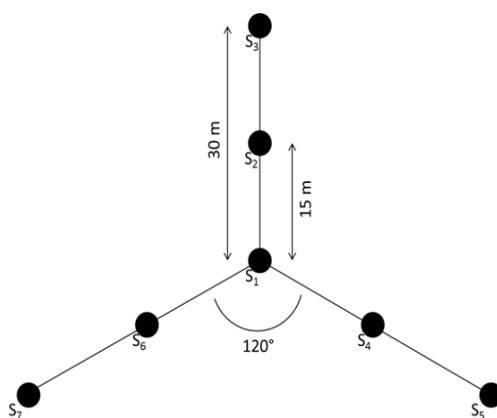
A partir do contorno do talhão foi traçada uma malha para amostragem de solo com tamanho de grid de um hectare, resultando numa amostragem de 36 pontos no campo. A amostragem do solo foi realizada pela empresa Futura Agriculture um dia antes da implantação da lavoura usando kit hidráulico de amostragem de solo suportado por quadriciclo, o qual coletou as amostras em uma profundidade de 0-20 cm. As amostras coletadas foram encaminhadas para o laboratório de análise de solos Agroanálise Laboratórios Integrados LTDA, onde foi realizada a análise



correspondente. Ambas empresas encontram-se localizadas no município de Rondonópolis - MT.

A semeadura da soja aconteceu no dia 23 de outubro de 2014, usando semeadora Case IH® de 30 linhas, calibrada para semear 24 sementes  $m^{-1}$  e com espaçamento entre linhas de 0,45 m. A lavoura foi conduzida sob sistema de plantio direto sobre palha de milho e a adubação de base foi realizada aportando 350 kg  $ha^{-1}$  de 5-20-20 (NPK). Durante o ciclo de cultivo foram realizadas seis aplicações de inseticida (três para lepidóptera e três para hemíptera) e três aplicações de fungicidas. Os dados de temperatura e umidade relativa, foram monitorados durante todo o ciclo de cultivo através de uma estação meteorológica presente na fazenda.

A colheita da soja ocorreu no dia 24 de fevereiro de 2015, quando a lavoura atingiu o ponto de maturidade de colheita, o qual foi determinado quando o teor de água médio da semente foi de 18%. A amostragem de plantas foi realizada utilizando uma malha com tamanho de grid de 0,56 ha. Em cada ponto de amostragem, 49 no total, foi retirada uma amostra de plantas de 7 m lineares, distribuídas em 7 sub-amostras de um metro linear cada, sendo uma no ponto central (georreferenciado), e mais seis em um raio de 15 e 30 m, sendo o ângulo entre cada raio de  $120^\circ$  (Figura 2). Nesse mesmo esquema, aproveitou-se para contar o número de plantas por metro linear para verificar o estande.



**Figura 2.** Representação da distribuição dos pontos onde foram obtidas as sub-amostras ( $S_n$ ) de plantas em cada posição da malha de amostragem.

As plantas coletadas em cada ponto de amostragem foram debulhadas de forma manual, com exceção de 14 plantas por cada amostra composta que foram usadas para determinar as características agronômicas. As sementes obtidas foram embaladas em sacos de papel e secas em estufa com circulação forçada de ar a 35°C até atingirem umidade média de 13%. Posteriormente, as sementes foram enviadas para o Laboratório Didático de Análise de Sementes, do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, da Universidade Federal de Pelotas, localizado no município de Capão do Leão – RS, onde foram armazenadas em câmara fria, até a condução da análise de germinação.

As características agronômicas mensuradas foram: altura da planta, determinada medindo com uma trena métrica a distância desde o nó cotiledonar até a extremidade da haste principal; altura de inserção do primeiro legume, medindo com uma trena métrica a distância desde o nó cotiledonar da planta até a inserção do primeiro legume na planta; número de nós na haste principal; diâmetro do caule, avaliado na altura do nó cotiledonar com auxílio de um paquímetro digital; número de legumes com uma, duas, três, quatro e sem sementes; número de legumes por planta; número de vagens com sementes por planta; número de sementes por planta e peso de mil sementes, realizado com oito repetições de 100 sementes cada, conforme as Regras para Análise de Sementes – RAS (BRASIL, 2009). A partir dos resultados obtidos do peso de mil sementes e do número de sementes por planta foi calculado a massa de sementes por planta ( $\text{g pl}^{-1}$ ), o qual, junto com a densidade de semeadura, foi usado para determinar a massa de sementes por metro linear ( $\text{g m}^{-1}$ ) e o rendimento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). Também foi realizado o teste de retenção de peneiras, usando-se as peneiras de 7,0; 6,5; 6,0; 5,5; 5,0 mm e sem perfurações (fundo cego). A quantidade de sementes retida em cada peneira depois de três minutos de agitação constante foi pesada separadamente em balança de precisão e calculadas as porcentagens de cada tamanho.

Finalmente, foi realizado o teste de germinação, conduzido com 400 sementes distribuídas em 8 repetições de 50 sementes cada, semeadas em rolos de papel umedecido com água destilada em proporção de 3 vezes seu peso seco e acondicionados em germinador a 25°C. As contagens de plântulas normais

germinadas foi realizada aos 5 e 8 dias após semeadura conforme as RAS (BRASIL, 2009).

Os dados obtidos, tanto de solo quanto de plantas e sementes, foram submetidos a análise estatística descritiva e análise geoestatística usando o software R (R CORE TEAM, 2015) e o pacote geoR (RIBEIRO-JR., 2015). Para a análise geoestatística, inicialmente se realizou a análise exploratória dos dados e se testou sua dependência espacial através de diagnóstico gráfico, onde se usaram semivariogramas empíricos e seus envelopes correspondentes simulados 1000 vezes. Posteriormente, para aquelas variáveis que apresentaram dependência espacial, estimaram-se os parâmetros dos modelos geoestatísticos (média ( $\mu$ ), patamar ( $\sigma^2$ ), efeito pepita ( $\tau^2$ ), e alcance ( $\Phi$ )) e a escolha do melhor modelo usando o método de máxima verossimilhança. Com os modelos melhor ajustados, realizou-se a krigagem e se obtiveram os modelos digitais das variáveis. Também, criou-se o mapa da probabilidade maior que 0,8 de se colher sementes com porcentagem de germinação maior a 80%, valor mínimo estabelecido pela legislação brasileira para a comercialização de sementes de soja. Igualmente, estimou-se o Avaliador da Dependência Espacial (ADE), conforme Cambardella et al. (1994), onde:  $ADE = [\tau^2 / (\tau^2 + \sigma^2)] * 100$ . Considerou-se dependência espacial fraca quando o ADE foi maior de 75%, moderadamente dependente quando o ADE se encontrou entre 25 e 75% e fortemente dependente quando o ADE foi menor de 25%, concordando com classificação dos mesmos autores.

### 3. Resultados e Discussão

Na Tabela 1 são apresentados os resultados da estatística descritiva dos atributos do solo do campo estudado. Observa-se que os valores de média e mediana da maioria das variáveis de solo determinadas são próximos, o qual sugere simetria na distribuição dos dados. Esse fato pode ser corroborado pelos coeficientes de curtose e assimetria observados. No entanto, o magnésio, o hidrogênio, o conteúdo de areia e a saturação por bases não apresentaram distribuição normal, conforme o teste de Shapiro-Wilk ( $p < 0,05$ ), o que se vê refletido nos coeficientes de curtose e assimetria de ditas variáveis.

De forma geral, observou-se que o solo estudado é aparentemente homogêneo, uma vez que os atributos do solo analisados apresentaram baixos coeficientes de variação. De acordo com Montanari et al. (2008), uma das principais características de um Latossolo é que os atributos do solo são homogêneos tanto vertical quanto horizontalmente. No entanto, neste talhão se observou que o fósforo e o potássio apresentaram coeficientes de variação (Tabela 1) classificados como médios (entre 12 e 24%) conforme com a classificação de Warrick e Nielsen (1980). Esses resultados concordam com o observado por Mattioni et al. (2013), que trabalhando com produção de sementes de soja no estado do Rio Grande do Sul, identificaram que o fósforo e o potássio foram os nutrientes que apresentaram maior variação no solo. Igualmente, Cavalcante et al. (2007) avaliando o efeito de vários manejos de solo sobre o conteúdo de alguns atributos de solo, observaram coeficientes de variação para P e K maiores que 24% em todos os manejos estudados. Por outro lado, ao observar os valores mínimos e máximos desses dois elementos, observa-se uma grande amplitude entre eles (Tabela 1). Corá et al. (2004) relataram que grandes amplitudes entre valores de um nutriente no solo podem ser um problema na hora de tomar decisões sobre o manejo da adubação do solo quando a decisão da quantidade de adubo a ser aplicada é baseada na média dos valores. Isso quer dizer que a adubação pode ser superestimada ou subestimada, terminando em prejuízos econômicos ou ambientais.

Ao analisar os teores de nutrientes no solo (Tabela 1), observa-se que os conteúdos de fósforo, potássio, magnésio, matéria orgânica e as relações Ca/K e Mg/K são classificados como altos, e o conteúdo de cálcio e a relação Ca/Mg são classificados como médios, conforme as recomendações técnicas para o cultivo da soja para o Brasil central (EMBRAPA SOJA, 2011). Esses resultados são esperados pois o talhão selecionado para o estudo é considerado pela empresa produtora de sementes como um campo de alta fertilidade e tem sido usado durante inúmeras safras para a produção de sementes, recebendo um manejo agrônômico diferenciado. Nessa ordem de ideias, e concordando com Mattioni et al. (2011), o manejo agrônômico aplicado em uma lavoura para produção de sementes é realizado de forma especial, aportando altos investimentos com o objetivo de garantir a produção e a qualidade das sementes.

**Tabela 1.** Estatística descritiva da análise de 36 amostras de solo coletadas no campo de produção de sementes de soja, cv. BMX Desafio. pH (água), Fósforo (P;  $\text{mg dm}^{-3}$ ), Potássio (K;  $\text{mg dm}^{-3}$ ), Cálcio (Ca;  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), Magnésio (Mg;  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), Hidrogênio (H;  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), Matéria Orgânica (MO;  $\text{g dm}^{-3}$ ), Areia ( $\text{g kg}^{-1}$ ), Silte ( $\text{g kg}^{-1}$ ), Argila ( $\text{g kg}^{-1}$ ), Capacidade de Troca de Cátions (CTC;  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), Saturação por Bases (V; %), Relação Ca/Mg, Relação Ca/K e Relação Mg/K.

Atributo	Média	Mediana	Valor		Desvio Padrão	Coeficiente			Normalidade Pr<w
			Mínimo	Máximo		Variação (%)	Curtose	Assimetria	
pH	6,0	6,0	5,7	6,3	0,1	2,4	-0,221	-0,114	0,133
P	31,4	32,3	20,8	41,9	5,1	16,3	-0,332	-0,354	0,458
K	64,4	64,0	46,0	89,0	12,9	20,1	-0,928	0,390	0,063
Ca	3,2	3,2	2,4	4,1	0,4	11,8	-0,288	0,127	0,736
Mg	1,2	1,2	1,0	1,5	0,1	10,0	0,432	0,450	0,008
H	4,3	4,4	3,3	4,8	0,4	9,3	0,871	-1,125	0,001
MO	37,6	36,8	30,4	44,5	3,2	8,5	-0,271	0,098	0,772
Areia	270,7	273,0	207,0	323,0	27,7	10,2	0,376	0,009	0,012
Silte	152,9	152,0	139,0	166,0	6,7	4,4	-0,501	-0,277	0,195
Argila	576,4	578,0	534,0	635,0	22,6	3,9	0,549	0,130	0,158
CTC	8,9	8,9	7,4	10,1	0,6	6,6	0,303	-0,114	0,484
V	51,5	51,3	43,1	61,5	3,8	7,4	1,376	0,759	0,023
Relação Ca/Mg	2,7	2,7	2,4	2,9	0,1	3,7	3,130	-1,375	0,000
Relação Ca/K	20,0	19,2	12	29,7	4,9	25,0	-0,892	0,218	0,315
Relação Mg/K	7,3	7,5	4,5	10,8	1,8	24,1	-0,956	0,165	0,358

Na Tabela 2 são apresentados os resultados da análise geoestatística das variáveis de solo que apresentaram dependência espacial. Observa-se que o conteúdo de fósforo, matéria orgânica e CTC, apresentaram avaliadores de dependência espacial menores a 25% (Tabela 2), o que indica uma dependência espacial forte. Já o conteúdo de areia e argila no solo apresentaram um avaliador de dependência espacial maior a 75% (Tabela 2), indicando uma dependência espacial fraca, conforme com a classificação de Cambardella et al. (1994). Esses resultados concordam com os observados por Montanari et al. (2008), que identificaram avaliadores de dependência espacial classificados como fortes para as variáveis fósforo, matéria orgânica e CTC de um Latossolo.

Igualmente, observou-se que os alcances ajustados em todos os modelos geoestatísticos das variáveis do solo foram superiores a 100 m (Tabela 2), distância mínima entre pontos de amostragem, indicando que o uso de uma malha para amostragem do solo com tamanho de grid de um hectare é adequada para o levantamento de dados e mapeamento dessas variáveis. Por outra parte, os resultados do efeito pepita das variáveis fósforo, matéria orgânica e CTC foram muito baixos (Tabela 2), próximos de zero, indicando que o erro amostral foi mínimo, conforme com o estabelecido por Oda-Souza et al. (2008), além disso, esse resultado indica uma dependência espacial forte de ditas variáveis, como foi mencionado anteriormente.

**Tabela 2.** Modelos geoestatísticos e avaliador de dependência espacial (ADE) das variáveis de solo que apresentaram dependência espacial. Fósforo (P; mg dm<sup>-3</sup>), Matéria Orgânica (MO; g dm<sup>-3</sup>), Capacidade de Troca de Cátions (CTC; cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), Areia (g kg<sup>-1</sup>) e Argila (g kg<sup>-1</sup>).

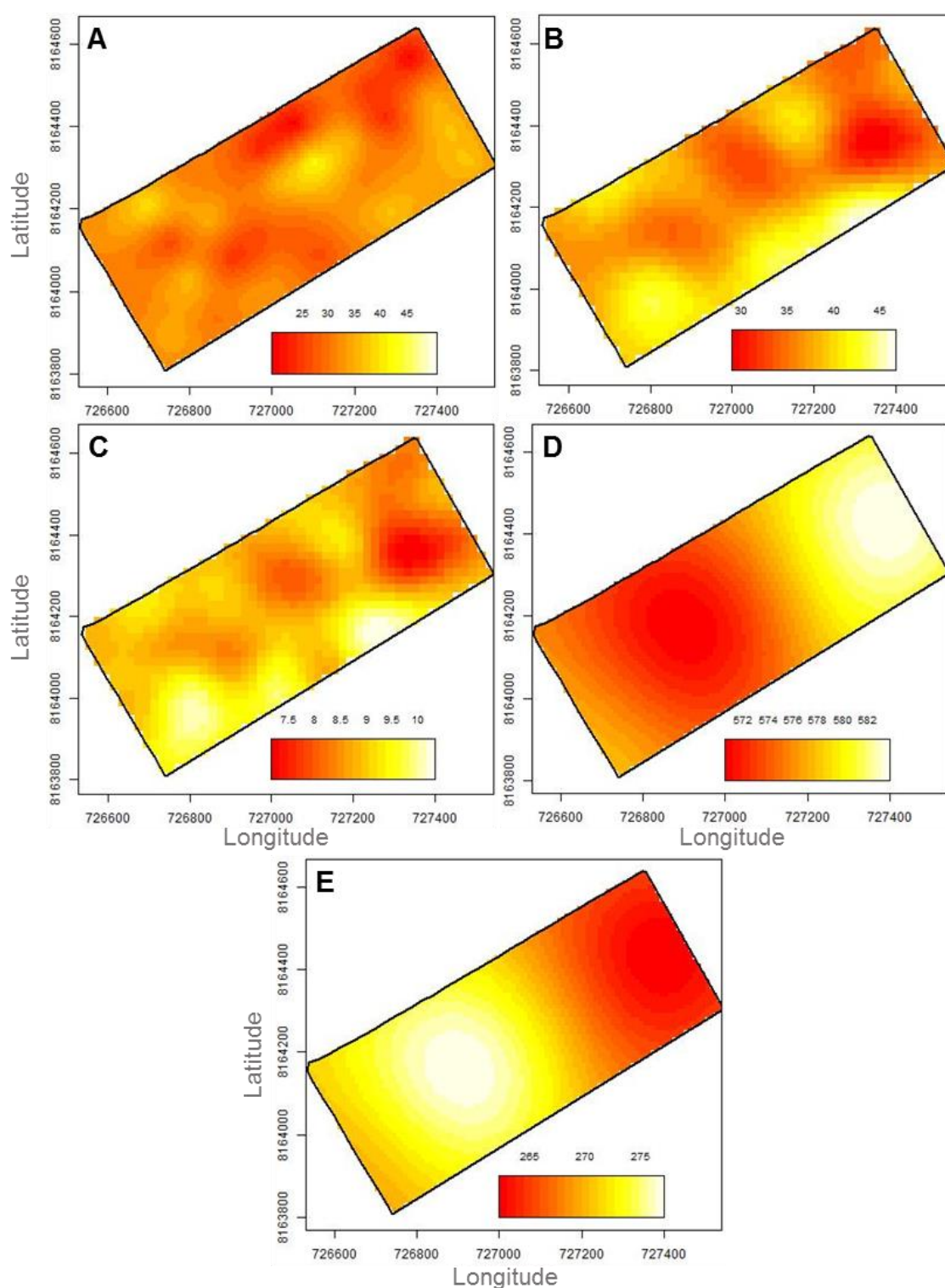
Atributo	Modelo	Média ( $\mu$ )	Efeito pepita ( $\tau^2$ )	Patamar ( $\sigma^2$ )	Alcance ( $\Phi$ )	ADE (%)
P	Esférico	31,43	0,010	25,6700	139,07	0,04
MO	Gaussiano	38,14	0,053	12,4400	133,70	0,42
CTC	Gaussiano	8,92	0,010	0,3462	106,41	2,81
Areia	Gaussiano	269,42	690,410	56,9800	286,59	92,38
Argila	Gaussiano	577,41	457,730	41,8300	283,44	91,63

Na Figura 3 são apresentados os modelos digitais dos atributos do solo que apresentaram dependência espacial. Referente ao Fósforo (Figura 3A), observa-se uma variação entre 20,8 e 41,9 mg dm<sup>-3</sup> de solo (Tabela 1), sendo que as regiões localizadas no nordeste e no centro-norte do talhão apresentaram os menores valores,

aparentemente menores a  $25 \text{ mg dm}^{-3}$ . O conteúdo de Matéria orgânica e a Capacidade de troca de cátions (Figuras 3B e 3C, respectivamente) apresentaram um comportamento similar entre elas, observando-se valores menores nas regiões leste e centro do campo e valores maiores no centro-sul e sul-este. Já o conteúdo de argila e areia (Figuras 3D e 3E) apresentaram um comportamento inverso, ou seja, a região leste do talhão mostrou os maiores conteúdos de argila e os menores de areia, o qual aconteceu de forma inversa na região oeste do campo. Esse resultado deve ser observado com certo cuidado, uma vez que, como mencionado anteriormente, essas duas variáveis apresentaram um avaliador de dependência espacial classificado como fraco, mostrando valores de ADE de 91,63% para argila e 92,38% para areia (Tabela 2). Igualmente, como observado na Tabela 1, a variação do conteúdo de argila foi entre 534 e 635  $\text{g kg}^{-1}$  e a variação do conteúdo de areia foi entre 207 e 323  $\text{g kg}^{-1}$ . Isso representou uns coeficientes de variação de 3,9% para argila e 10,2% para areia (Tabela 1), mostrando que a variabilidade desses dois atributos é baixa, conforme com a classificação proposta por Warrick e Nielsen (1980). Portanto, não se deve valorizar demasiadamente esses resultados.

Por outra parte, fazendo referência às características agronômicas, inicialmente observou-se que a semeadura foi realizada com alto grau de precisão, obtendo-se uma média de  $21,1 \pm 1 \text{ pl m}^{-1}$ , com um coeficiente de variação de 4,6% (Tabela 3). Isso corresponde a uma densidade de semeadura aproximada de 466.000  $\text{pl ha}^{-1}$ , estando apropriado para a cultivar BMX Desafio RR, a qual se caracteriza por sua baixa capacidade de ramificação.

As variáveis, altura de planta, legumes sem sementes, porcentagem de sementes retidas na peneira 6,0; 5,5 e 5,0 mm, sementes menores a 5,0 mm e a porcentagem de germinação não apresentaram normalidade na distribuição dos dados, observando-se altos coeficientes de variação, curtose e assimetria (Tabela 3). As demais variáveis analisadas apresentaram valores de média e mediana similares, baixos valores de desvio padrão e coeficiente de variação, e coeficientes de curtose e assimetria que se assemelham à curva normal padrão. Essas características de normalidade dos dados podem ser corroboradas pelo teste de normalidade de Shapiro-Wilk (Tabela 3).



**Figura 3.** Modelos digitais obtidos por krigagem dos atributos de solo que apresentaram dependência espacial. A) Fósforo (P;  $\text{mg dm}^{-3}$ ), B) Matéria Orgânica (MO;  $\text{g dm}^{-3}$ ), C) Capacidade de Troca de Cátions (CTC;  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), D) conteúdo de Argila ( $\text{g kg}^{-1}$ ), E) Conteúdo de Areia ( $\text{g kg}^{-1}$ ).



**Tabela 3.** Estatística descritiva das características das plantas e sementes de soja, cv. BMX Desafio RR. Estande de plantas (Estande; pl m<sup>-1</sup>), Altura de planta (Alt.pl; cm), Altura de inserção do primeiro legume (Alt.1ºLeg; cm), Número de nós por planta (NN), Diâmetro de caule (DC; mm), Legumes sem sementes por planta (LSS), Legumes com uma semente por planta (L1S), Legumes com duas sementes por planta (L2S), Legumes com três sementes por planta (L3S), Legumes com quatro sementes por planta (L4S), Legumes com sementes por planta (LCS), Sementes por planta (SP), Peso de mil sementes (PMS; g), Massa de sementes por planta (PS; g pl<sup>-1</sup>), Massa de sementes por metro linear (PS.m<sup>-1</sup>; g m<sup>-1</sup>), Rendimento (Rend.; t ha<sup>-1</sup>), Semente retida na peneira 7,0 mm (P7; %), Semente retida na peneira 6,5 mm (P6,5; %), Semente retida na peneira 6,0 mm (P6; %), Semente retida na peneira 5,5 mm (P5,5; %), Semente retida na peneira 5,0 mm (P5; %), Semente menor do que a peneira 5,0 mm (P<5; %), Germinação (G; %).

Atributo	Média	Mediana	Valor		Desvio Padrão	Variação (%)	Coeficiente		Normalidade Pr<w
			Mínimo	Máximo			Curtose	Assimetria	
Estande	21,1	21,1	19,1	23,3	1,0	4,6	-0,355	0,387	0,378
Alt.pl	88,6	89,2	81,3	94,0	3,5	4,0	-0,613	-0,474	0,034
Alt.1ºLeg	15,9	15,9	13,3	18,3	1,1	7,2	-0,419	0,126	0,706
NN	12,0	12,1	10,4	13,1	0,6	5,2	0,069	-0,574	0,096
DC	6,9	6,9	6,2	7,7	0,3	4,8	-0,123	-0,071	0,961
LSS	0,5	0,5	0,0	1,4	0,3	59,0	2,437	1,345	0,000
L1S	2,4	2,4	1,4	3,7	0,5	21,2	0,208	0,413	0,417
L2S	10,5	10,6	7,6	12,2	0,9	8,5	1,087	-0,571	0,202
L3S	14,6	15,1	10,1	17,5	1,6	11,0	0,135	-0,670	0,103
L4S	1,6	1,5	0,7	2,4	0,4	22,7	-0,057	0,329	0,328
LCS	29,2	29,6	23,6	33,7	2,3	7,8	0,059	-0,497	0,265
SP	73,7	74,6	56,3	85,9	6,2	8,4	0,443	-0,689	0,163
PMS	176,9	177,7	163,2	190,2	5,2	2,9	0,821	-0,321	0,555
PS	13,0	13,2	9,2	15,3	1,2	9,3	1,017	-0,791	0,130
PS.m <sup>-1</sup>	274,9	280,2	194,2	341,7	29,8	10,8	0,022	-0,206	0,878
Rend.	6,1	6,2	4,3	7,6	0,7	10,8	0,022	-0,206	0,891
P7	17,1	16,8	7,3	30,4	5,4	31,4	-0,342	0,304	0,607
P6,5	48,1	48,4	36,3	65,1	4,2	8,7	5,724	0,732	0,000
P6	28,6	28,3	17,7	39,3	5,3	18,4	-0,444	0,128	0,719
P5,5	5,5	5,0	2,1	14,4	2,4	44,0	2,946	1,471	0,000
P5	0,5	0,3	0,1	3,8	0,6	116,7	24,132	4,525	0,000
P<5	0,3	0,3	0,0	0,9	0,2	60,9	0,932	0,889	0,000
G	83	85	61	96	9,9	12,0	-0,761	-0,574	0,005

Ao observar as variáveis de rendimento e porcentagem de germinação das sementes produzidas (Tabela 3), pode-se identificar uma grande variação desses valores, obtendo-se rendimentos desde 4,3 até 7,6 t ha<sup>-1</sup>, e porcentagens de germinação desde 61 até 96%, resultados que concordam com os obtidos por Mattioni et al. (2012) que observaram variações na produtividade de sementes de soja de até 1500 kg ha<sup>-1</sup> e na porcentagem de germinação de até 30%. Igualmente, Mondo et al.

(2012) observaram variações na porcentagem de germinação de sementes de soja em um campo de produção entre 73 e 98%.

Referente aos resultados da análise geoestatística das características agronômicas das plantas de soja, cv. BMX Desafio RR, apresentados na Tabela 4, é importante ressaltar que os dados das variáveis altura de planta e porcentagem de germinação das sementes, por não apresentar distribuição normal, foram transformados usando  $\lambda$  de 6,5 e 3,5, respectivamente, conforme o método de transformação de Box e Cox (1964), pois, para realizar testes paramétricos como os realizados neste experimento, deve-se garantir que os dados cumpram com os pressupostos estatísticos de apresentar normalidade, homogeneidade das variâncias e independência das observações

Conforme com o avaliador de dependência espacial, a massa das sementes por planta, a massa de sementes por metro linear e o rendimento apresentaram dependência espacial forte e as demais características agronômicas apresentaram dependência espacial média (Tabela 4), de acordo com a classificação proposta por Cambardella et al. (1994).

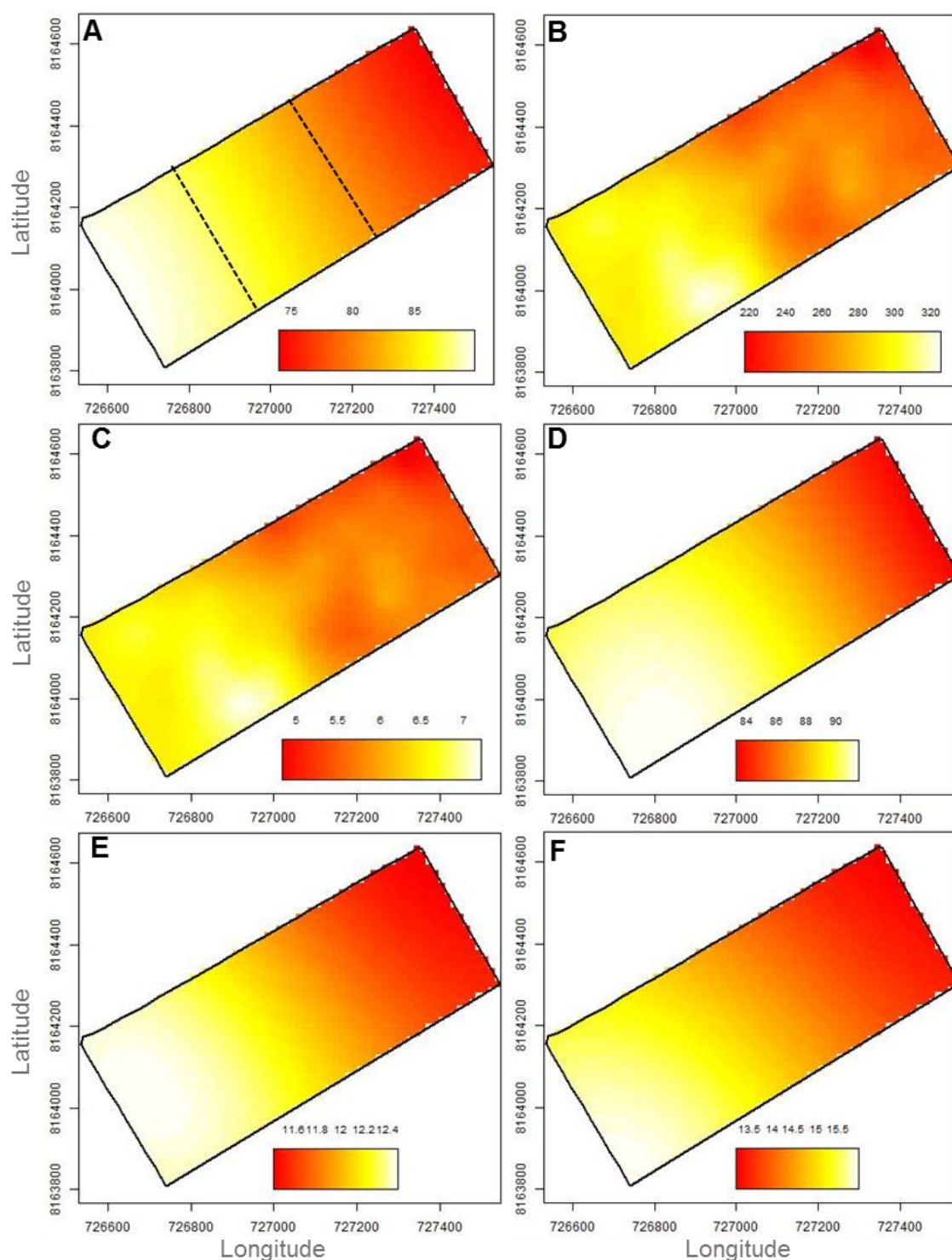
O Alcance estimado em todos os modelos geoestatísticos das características agronômicas foi superior a 75 m (Tabela 4), o qual indica que a malha usada para a amostragem de plantas foi adequada. Igualmente, pode-se observar que o menor alcance calculado foi de 256 m, determinado para o peso de sementes por planta, indicando que uma malha de amostragem de dois hectares pode ser usada para monitorar a variabilidade espacial das características agronômicas das plantas de soja neste campo, o qual economizaria tempo e dinheiro na execução de dita atividade. Portanto, em uma situação de sugestão de malha de amostragem de plantas para um produtor de sementes, um grid de 140x140 m é adequada.

Os resultados encontrados neste trabalho são similares aos encontrados por Mattioni et al. (2011), Mondo et al. (2012), Mattioni et al. (2013) e Gazolla-Neto et al. (2016) que também observaram variabilidade espacial da produtividade e da qualidade fisiológica de sementes de soja em campos de produção comercial.

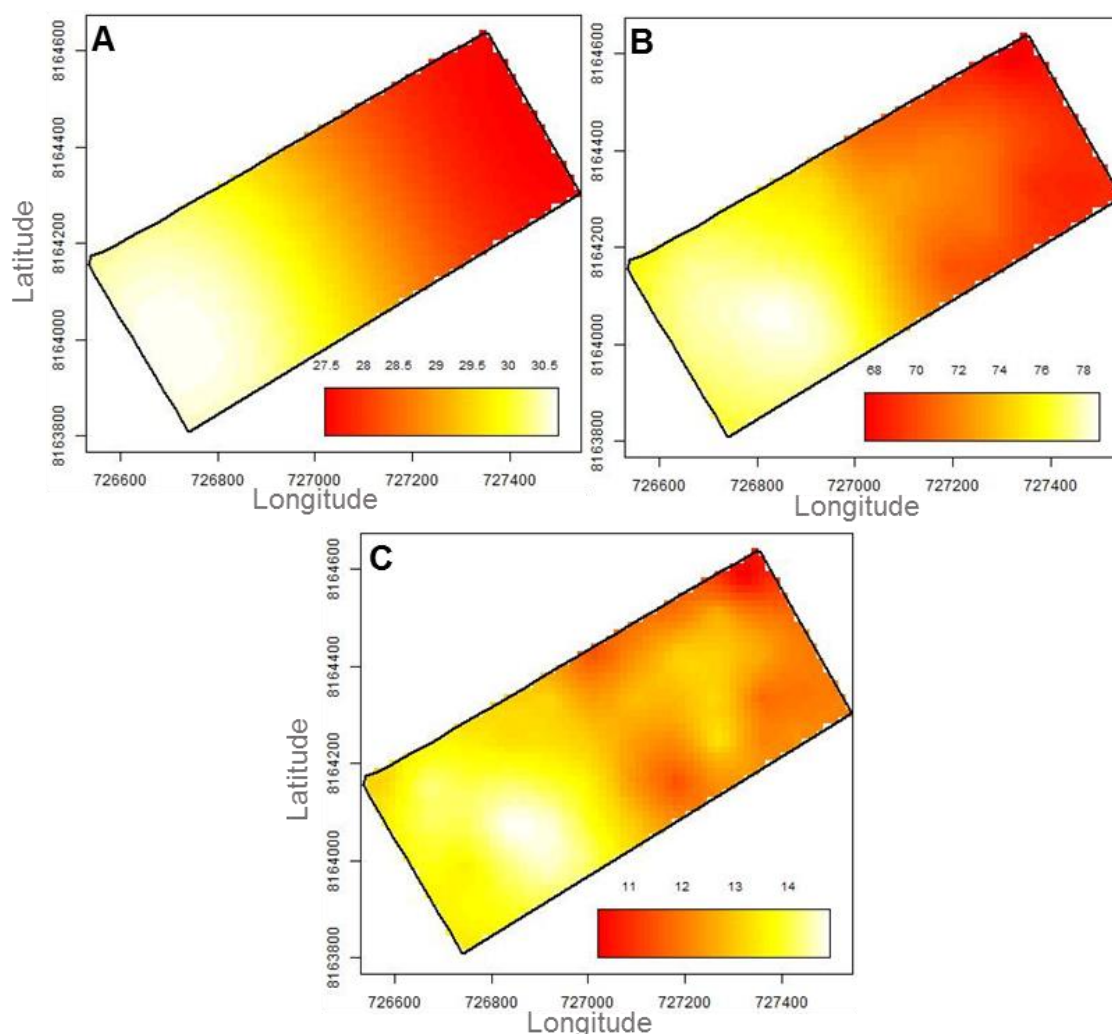
**Tabela 4.** Modelos geoestatísticos e avaliador de dependência espacial (ADE) das características de plantas e sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, que apresentaram dependência espacial. Altura de planta (Alt.pl; cm), Nós por planta (NN), Legumes com três sementes por planta (L3S), Legumes com sementes por planta (LCS), Sementes por planta (SP), Peso de sementes por planta (PS; g pl<sup>-1</sup>), Massa de sementes por metro linear (PS.m<sup>-1</sup>; g m<sup>-1</sup>), Rendimento (Rend.; t ha<sup>-1</sup>) e Germinação (G; %).

Atributo	Modelo	Média ( $\mu$ )	Efeito pepita ( $\tau^2$ )	Patamar ( $\sigma^2$ )	Alcance ( $\Phi$ )	ADE (%)
Alt.pl	Gaussiano	6,26E+11	1,45E+22	2,90E+22	713,00	33,32
NN	Gaussiano	11,92	0,25	0,20	650,80	55,02
L3S	Gaussiano	14,32	1,78	1,56	756,31	53,21
LCS	Gaussiano	28,83	3,59	1,95	583,77	64,88
SP	Esférico	72,22	22,71	17,90	912,00	55,92
PS	Exponencial	12,57	0,35	1,41	256,64	19,89
PS.m <sup>-1</sup>	Exponencial	265,20	192,50	945,00	450,00	16,92
Rend.	Exponencial	5,88	0,10	0,50	515,11	16,40
G	Gaussiano	1,54E+06	2,47E+11	1,93E+11	797,30	56,13

Referente à porcentagem de germinação (Figura 4A), observou-se claramente uma divisão do talhão em três partes, traçando linhas imaginárias no sentido norte-oeste-sul-leste (linhas pontilhadas na Figura 4A), identificando a região leste como aquela que produz sementes com menor qualidade fisiológica, a região central como aquela que produz sementes de qualidade fisiológica média e a região oeste como aquela que produz sementes de maior qualidade fisiológica. Um comportamento similar foi observado na produtividade das sementes (Figuras 4B e 4C), em que a região leste do talhão apresenta um menor rendimento e o mesmo vai se incrementando progressivamente conforme se avança para a região oeste, observando-se um pico máximo de produtividade aproximadamente na região centro-sul do campo. Este comportamento também foi evidenciado nas características agrônômicas altura de planta (Figura 4D), número de nós por planta (Figura 4E), número de legumes com três sementes por planta (Figura 4F), número de legumes com sementes por planta (Figura 5A), número de sementes por planta (Figura 5B) e massa de sementes por planta (Figura 5C). Nestes mapas pode-se observar claramente que a região leste é menos produtiva do que a região oeste.



**Figura 4.** Modelos digitais obtidos por krigagem de: A) Porcentagem de germinação de sementes, B) Peso de sementes por metro linear ( $\text{g m}^{-1}$ ), C) Rendimento ( $\text{t ha}^{-1}$ ), D) Altura de plantas (cm), E) Número de nós por planta e F) Número de legumes com três sementes por planta de soja, cv. BMX Desafio RR produzidas em um campo de produção comercial localizado no município de Rondonópolis-MT durante a safra 2014/2015.

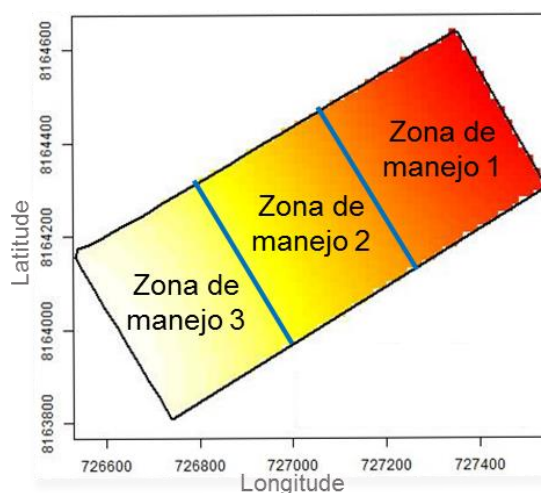


**Figura 5.** Modelos digitais obtidos por krigagem de: A) número de legumes com sementes por planta, B) número de sementes por planta e C) massa de sementes por planta ( $\text{g pl}^{-1}$ ) de soja, cv. BMX Desafio RR produzidas em um campo de produção comercial localizado no município de Rondonópolis-MT durante a safra 2014/2015.

Ao observar o conjunto de mapas tanto de solo quanto de planta, não é possível observar uma relação clara entre a variabilidade espacial do fósforo, matéria orgânica e CTC do solo com a variabilidade espacial dos atributos das plantas e sementes de soja, cv. BMX Desafio RR. No entanto, observa-se uma relação clara entre a variabilidade espacial do conteúdo de areia e argila com a variabilidade espacial dos atributos das plantas, identificando que as áreas mais produtivas e que produzem sementes com maior qualidade fisiológica estão localizadas nas regiões onde o conteúdo de areia é maior e o conteúdo de argila é menor. Igualmente, observa-se

que na região leste do talhão, onde se apresentam os maiores conteúdos de argila, os teores de matéria orgânica e CTC do solo são os menores do campo, ao igual que a produtividade e a germinação das sementes.

Considerando o anterior, é possível definir três zonas de manejo neste talhão (Figura 6). A primeira localizada no leste do campo, considerada como de baixa oferta ambiental, porque a germinação e a produtividade apresentaram os menores valores; uma segunda zona localizada no centro do talhão considerada como de oferta ambiental média, onde os valores observados de germinação e produtividade foram médios; e terceira zona localizada no oeste do campo, onde se observaram os maiores valores de produtividade e germinação de sementes de soja, pelo que foi considerada como de alta oferta ambiental.

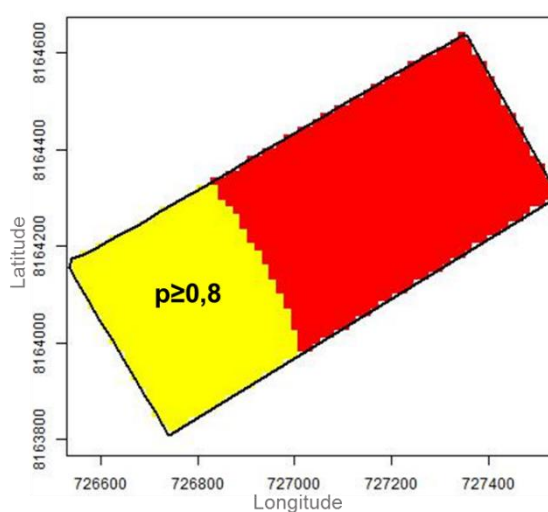


**Figura 6.** Zonas de manejo agrônomo definidas no talhão estudado, considerando a variabilidade espacial das características agrônômicas das plantas de soja, cv. BMX Desafio RR.

Finalmente, na Figura 7 é apresentado o modelo digital da  $p \geq 0,8$  de se encontrar sementes com germinação mínima de 80% (identificada com a cor amarela), porcentagem mínima estabelecida pela IN N°45 de 17 de setembro de 2013 para comercialização de sementes de soja no Brasil (BRASIL, 2013). Essa região tem uma área de 12,2 ha (37,1% do talhão), indicando que, se o produtor de sementes quer dar um valor agregado ao seu produto e oferecer ao mercado uma semente de

maior qualidade, poderia fazer um lote de sementes de altíssima qualidade fisiológica colhendo e beneficiando as sementes produzidas nessa área separadamente.

Esse mapa se apresenta como uma ferramenta técnica que a empresa de sementes pode pôr em prática no momento da colheita, melhorando assim seus processos de colheita e pós-colheita, gerando lotes de sementes com qualidade fisiológica diferenciada, o qual pode gerar um bom retorno para a companhia.



**Figura 7.** Modelo digital da  $p \geq 0,8$  de se encontrar sementes de soja, cv. BMX Desafio, com germinação mínima de 80%, produzidas em um campo de produção comercial de sementes no município de Rondonópolis – MT durante a safra 2014/2015.

#### **4. Conclusões**

A produtividade de sementes apresenta uma dependência espacial forte, enquanto que a germinação apresenta uma dependência espacial moderada.

Existe variabilidade espacial das características de solo: conteúdo de fósforo, matéria orgânica, capacidade de troca de cátions e conteúdo de areia e argila.

Existe variabilidade espacial das características agronômicas de plantas de soja: Altura de planta, número de nós por planta, número de legumes com três sementes, número de legumes com sementes, número de sementes por planta, massa de sementes por planta, massa de sementes por metro linear, produtividade e germinação.

A caracterização da variabilidade espacial de atributos de solo, plantas e sementes de soja permite definir zonas de manejo no talhão de estudo.



## **Capítulo 2: Qualidade Fisiológica e Produtividade de Sementes de Soja Sob Diferentes Densidades de Semeadura e Zonas de Manejo Agrônômico**

### **1. Introdução**

A variabilidade espacial da qualidade fisiológica e do rendimento de sementes de soja em um campo de produção é uma realidade que tem sido identificada em várias pesquisas (MATTIONI et al., 2011; MONDO et al., 2012; MATTIONI et al., 2013 e GAZOLLA-NETO et al., 2016), observando-se que um mesmo talhão apresenta regiões que produzem sementes de maior qualidade e outras que produzem sementes de menor qualidade fisiológica, sendo que a diferença entre uma região e outra pode ser de até 30 pontos percentuais no teste de germinação (MATTIONI et al., 2012; MONDO et al., 2012).

De acordo com Perez et al. (2014), uma forma para diminuir a variabilidade espacial de uma área de produção é o estabelecimento de zonas de manejo definidas pela homogeneidade das suas características, lançando mão da utilização de tecnologias de agricultura de precisão. Assim, uma área que anteriormente recebia um manejo geral considerando só as médias dos seus atributos, passa a ser dividida em áreas menores com alto grau de homogeneidade, as quais receberão manejos específicos conforme suas necessidades. Igualmente, Rodrigues Junior et al. (2011) definiram uma zona de manejo como uma sub-região dentro de um campo com certas características que podem limitar a produtividade e a qualidade dos produtos ali cultivados, para o qual pode receber aplicações e doses de insumos uniformes. Segundo esses mesmos autores, uma zona de manejo permite que as técnicas de agricultura de precisão possam ser implementadas de forma mais fácil, uma vez que podem ser utilizados os mesmos sistemas da agricultura convencional no manejo das culturas, mas de forma diferenciada dependendo das características da sub-região. Também Machado et al. (2006) definiram zona de manejo como um área dentro de um talhão que apresentam atributos de solo e relevo com maior homogeneidade.

Por outro lado, Resende et al. (2014), relataram que um dos principais objetivos da agricultura de precisão é maximizar a rentabilidade das áreas de produção aumentando seu potencial de retorno conforme os investimentos de insumos e manejo agrônômico aplicados. Desta forma, o uso da semeadura em taxa variada, ou seja, o ajuste da densidade de semeadura visando melhorar o desempenho das culturas considerando as características do ambiente de cultivo (solo, clima e disponibilidade hídrica, entre outros), é uma estratégia importante para atingir o objetivo proposto, uma vez que o custo da semente representa uma parcela considerável nos custos de produção das lavouras. No entanto, segundo Inamasu e Bernardi (2014), o uso da semeadura a taxa variada ainda não se concebe de forma comercial, por tanto devem ser realizados estudos que permitam avançar no conhecimento dessa tecnologia, o que permitirá atingir a sua viabilidade econômica.

Atualmente a estratégia usada para definir o estande adequado para uma área determinada depende da cultura. Por exemplo, na cultura do milho usam-se densidades de semeadura maiores em regiões que apresentam boa disponibilidade hídrica e alta fertilidade. Pelo contrário, em regiões que apresentam condições menos favoráveis usam-se densidades de semeadura menores. Já na cultura da soja essa situação se inverte, uma vez que uma alta população de plantas em uma região com elevada fertilidade pode ocasionar o acamamento das plantas devido ao possível aumento do crescimento vegetativo, enquanto que em um ambiente com mais restrições, pode compensar a limitação do crescimento das plantas (RESENDE et al., 2014). No entanto, no caso da soja, essa é uma prática que não está bem elucidada do ponto de vista científico, uma vez que os trabalhos que tem sido publicados até hoje consideram a fertilidade do solo como um fator que influencia tanto a produtividade da soja quanto os componentes de rendimento, porém, não explicam claramente qual o comportamento dos componentes de rendimento quando as populações de plantas são mudadas em situações de alta ou baixa fertilidade de solo. Como exemplo disso encontramos trabalhos como os de Pires et al. (2000) e Heiffig (2002), que relataram que a soja possui alta plasticidade, ou seja, tem a capacidade de modificar sua morfologia e seus componentes de rendimento com o objetivo de se adaptar às condições do ambiente e de manejo, sendo que ditas modificações podem estar relacionadas à latitude, altitude, fertilidade e textura do solo, densidade de semeadura e espaçamento entre linhas e plantas. No entanto, esses trabalhos não

especificam quais efeitos da interação entre a população de plantas e o nível de fertilidade do solo. Outro fator a ser considerado nesse tipo de pesquisas é a cultivar, uma vez que dependendo da capacidade de engalhamento, podem-se observar respostas diferentes às mudanças de população.

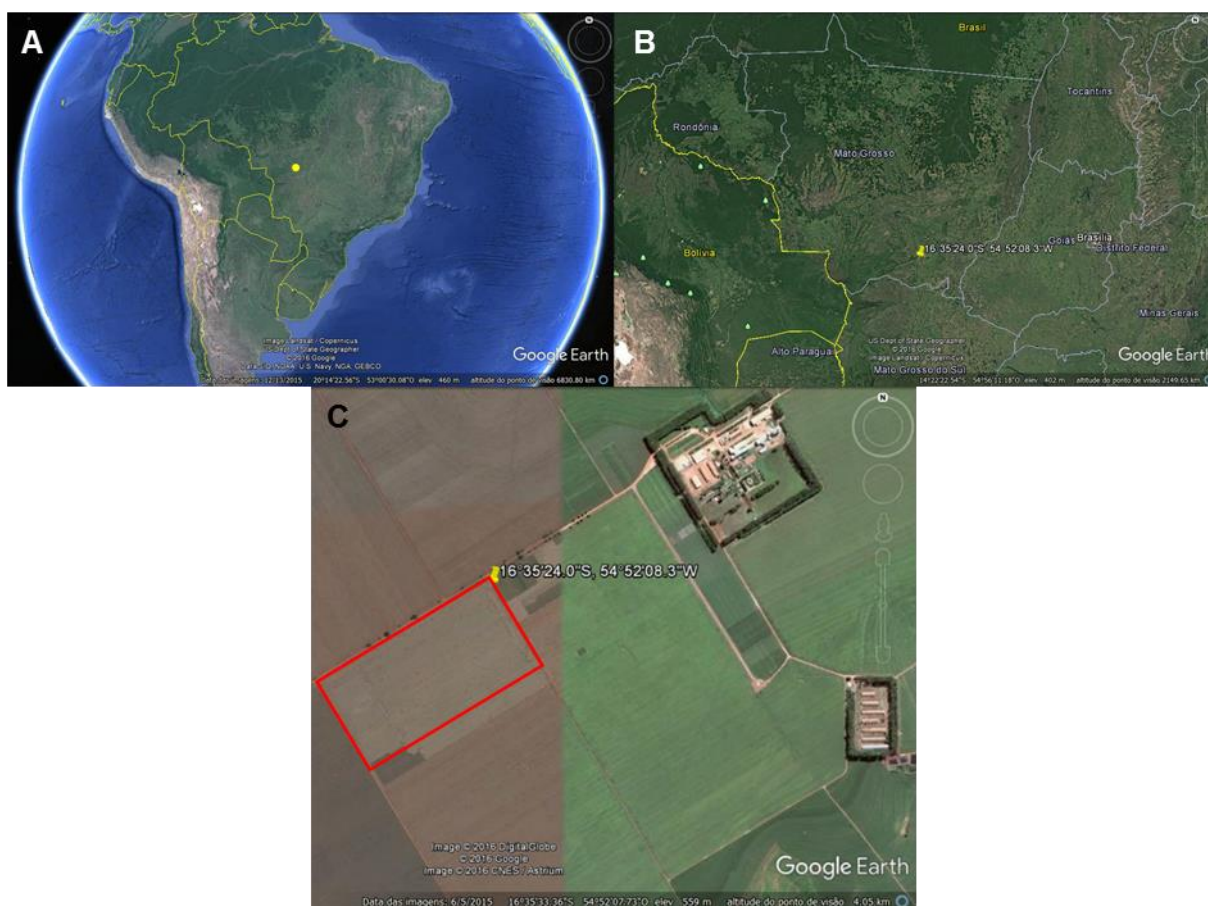
Por outro lado, existem diversos trabalhos que afirmam que tanto a população de plantas quanto o arranjo espacial das mesmas dentro da lavoura tem uma influência direta sobre os componentes de rendimento da cultura da soja (PIRES et al., 2000; TOURINO et al., 2002; VAZQUEZ et al., 2008; GUIMARÃES et al., 2008 e CRUZ et al., 2015), sendo que essa espécie tolera ditas variações na população de plantas devido à sua plasticidade, fazendo mais acentuadas as modificações na morfologia da planta do que no rendimento de grãos (PEIXOTO et al., 2000). Carvalho et al. (2013) relataram que o número de legumes por planta é o componente de rendimento que mais contribui para uma maior tolerância às variações de população, uma vez que essa característica varia em função da redução ou aumento da densidade de semeadura. Igualmente, Argenta et al. (2001), descreveram que a população de plantas, além de modificar a morfologia das mesmas, como altura e engalhamento, também interfere sobre a competição intraespecífica por luz, água e nutrientes de solo.

Finalmente, deve-se ressaltar que os trabalhos de pesquisa que abordam semeadura em taxa variada no Brasil ainda são escassos, portanto, a validação da tecnologia para comprovar sua eficiência deve ser realizada nas condições de solo, clima e manejo agrônômico específicas para cada região e cultura (RESENDE et al., 2014). Esse é o caso da produção de sementes de soja, em que não se encontraram trabalhos na literatura que reportem o efeito do uso de diferentes populações de plantas considerando a variabilidade espacial das características do solo sobre a produtividade e qualidade fisiológica das sementes produzidas.

Considerando o exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a variabilidade espacial da produtividade e qualidade de sementes de soja produzidas sob três densidades de semeadura em três zonas de manejo determinadas em função de distinta oferta ambiental.

## 2. Material e métodos

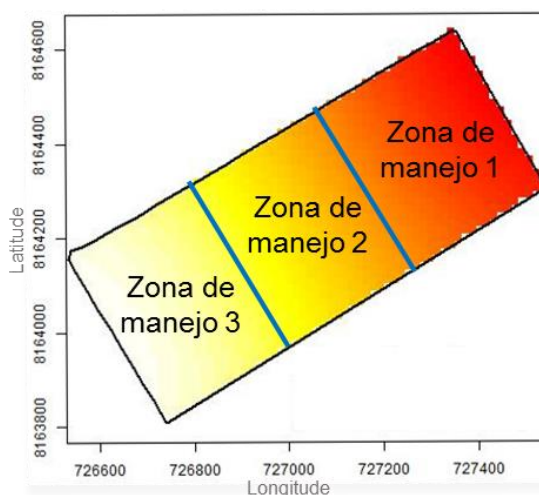
O experimento foi realizado em parceria com a empresa Agropastoril Jotabasso LTDA. – Sementes Seriema, localizada no município de Rondonópolis – MT, durante a safra 2015/2016, no mesmo talhão onde foi realizado o experimento na safra 2014/2015 (latitude 16°35'24.0"S, longitude 54°52'08.3"W) (Figura 1). Esse campo apresenta uma área de 32,8 ha e possui um solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico Típico (EMBRAPA, 2006).



**Figura 1.** Localização geográfica da área de estudo A) no Brasil, B) no estado de Mato Grosso e C) dentro da Fazenda no município de Rondonópolis.

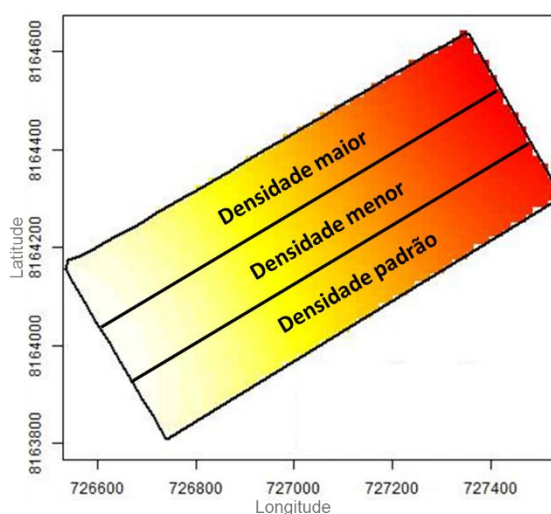
As zonas de manejo agrônômico foram previamente estabelecidas conforme os resultados apresentados no capítulo 1 (Figura 2). A zona de manejo 1 (ZM-1), considerada como de baixa oferta ambiental, está localizada na região leste de talhão e se caracterizou por apresentar os menores valores de germinação e produtividade de sementes. A zona de manejo 3 (ZM-3), considerada como de alta oferta ambiental,

está localizada na região oeste do talhão e caracterizou-se por apresentar os maiores valores de germinação e produtividade de sementes. Finalmente, a zona de manejo 2 (ZM-2), considerada como de oferta ambiental intermédia, está localizada no centro do campo e se caracterizou por apresentar valores de germinação e produtividade de sementes médios, quando comparados com as outras duas zonas de manejo.



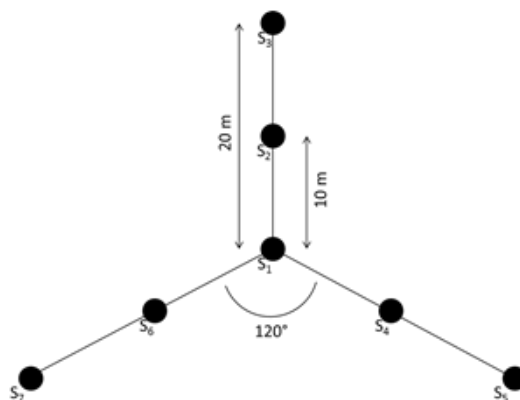
**Figura 2.** Zonas de manejo agrônomo definidas no talhão de estudo.

Usaram-se sementes de soja cv. BMX Desafio RR, as quais foram semeadas nos dias 21 e 22 de outubro de 2015, em três densidades de semeadura (Figura 3), usando semeadora Case IH® de 30 linhas com espaçamento entre linhas de 0,45 m. A semeadora foi calibrada para semear 26 sementes  $m^{-1}$  na densidade de semeadura maior, 24 sementes  $m^{-1}$  na densidade de semeadura padrão e 22 sementes  $m^{-1}$  na densidade de semeadura menor. A lavoura foi conduzida sob sistema de plantio direto sobre palha de milho e a adubação de base foi realizada aportando 350  $kg\ ha^{-1}$  de 5-20-20 (NPK). Durante o ciclo de cultivo foram realizadas seis aplicações de inseticida (três para lepidóptera e três para hemíptera) e três aplicações de fungicidas. Os dados de temperatura e umidade relativa, foram monitorados durante todo o ciclo de cultivo através de uma estação meteorológica presente na fazenda.



**Figura 3.** Representação gráfica das densidades de semeadura utilizadas dentro do campo de produção de sementes de soja, cv. BMX Desafio RR.

A colheita da soja ocorreu nos dias 13, 14 e 15 de fevereiro de 2015, quando a lavoura atingiu o ponto de maturidade de colheita, o qual foi determinado quando o teor de água médio da semente foi de 18%. A amostragem de plantas foi realizada usando uma malha com tamanho de grid de 0,20 ha. Em cada ponto de amostragem, foi retirada uma amostra de plantas de 7 m lineares, distribuídas em 7 sub-amostras de um metro linear cada, sendo uma no ponto central (georreferenciado), e mais seis em um raio de 10 e 20 m, sendo o ângulo entre cada raio de 120° (Figura 4). Nesse mesmo esquema, aproveitou-se para contar o número de plantas por metro linear para verificar o estande.



**Figura 4.** Representação da distribuição dos pontos onde foram obtidas as sub-amostras (Sn) de plantas em cada posição da malha de amostragem.

As plantas coletadas em cada ponto de amostragem foram debulhadas de forma manual, com exceção de 14 plantas, em cada amostra composta que foram usadas para determinar as características agronômicas. As sementes obtidas foram embaladas em sacos de papel e secas em estufa com circulação forçada de ar a 35°C até atingirem umidade média de 13%. Posteriormente, as sementes foram enviadas para o Laboratório Didático de Análise de Sementes, do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, da Universidade Federal de Pelotas, localizado no município de Capão do Leão – RS, onde foram armazenadas em câmara fria, até a condução do teste de tetrazólio.

As características agronômicas mensuradas foram: altura da planta, determinada medindo com uma trena métrica a distância desde o nó cotiledonar até a extremidade da haste principal; altura de inserção do primeiro legume, medindo com uma trena métrica a distância desde o nó cotiledonar da planta até a inserção do primeiro legume na planta; número de nós na haste principal; número de ramificações que produziram sementes; diâmetro do caule, avaliado na altura do nó cotiledonar com auxílio de um paquímetro digital; número de legumes com uma, duas, três, quatro e sem sementes; número de legumes por planta; número de legumes com sementes por planta; número de sementes por planta e peso de mil sementes, realizado com oito repetições de 100 sementes cada, conforme as Regras para Análise de Sementes – RAS (BRASIL, 2009). A partir dos resultados obtidos do peso de mil sementes e do número de sementes por planta foi calculado a massa de sementes por planta ( $\text{g pl}^{-1}$ ), o qual, junto com cada uma das densidades de semeadura observadas, foi usado para determinar a massa de sementes por metro linear ( $\text{g m}^{-1}$ ) e o rendimento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). Também foi realizado o teste de retenção de peneiras, usando-se as peneiras de 7,0; 6,5; 6,0; 5,5; 5,0 mm e sem perfurações (fundo cego). A quantidade de sementes retida em cada peneira depois de três minutos de agitação constante foi pesada separadamente em balança de precisão e calculadas as porcentagens de cada tamanho.

Finalmente, para cada ponto de amostragem foi realizado o teste de tetrazólio usando 200 sementes (quatro repetições de 50 sementes cada) hidratadas em papel germitest umedecido com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco, e mantidas no germinador à temperatura de 20° durante 18h (BRASIL,

2009). Após hidratação, as sementes foram colocadas em solução de cloreto 2, 3, 5 trifenil tetrazólio a 0,5% por duas horas no escuro e a 30°C. Posteriormente, as sementes foram separadas mediante corte longitudinal no centro do eixo embrionário com auxílio de um bisturi e avaliadas uma a uma. Para auxiliar a visualização de todos os detalhes das sementes foi utilizada uma lupa de mesa com lâmpada fluorescente, com seis aumentos (6x). Os dados obtidos nesta análise foram vigor, viabilidade, dano por umidade, dano mecânico e dano por percevejos. Todos os resultados do teste de tetrazólio foram expressos em porcentagem.

Os dados obtidos, tanto de plantas quanto de sementes, foram submetidos a análise estatística descritiva e análise geoestatística usando o software R (R CORE TEAM, 2015) e o pacote geoR (RIBEIRO-JR., 2015). Para a análise geoestatística, inicialmente se realizou a análise exploratória dos dados e se testou sua dependência espacial através de diagnóstico gráfico, onde se usaram semivariogramas empíricos e seus envelopes correspondentes simulados 1000 vezes. Posteriormente, para aquelas variáveis que apresentaram dependência espacial, estimaram-se os parâmetros dos modelos geoestatísticos (média ( $\mu$ ), patamar ( $\sigma^2$ ), efeito pepita ( $\tau^2$ ), e alcance ( $\Phi$ )) e a escolha do melhor modelo usando o método de máxima verossimilhança. Com os modelos melhor ajustados, realizou-se a krigagem e se obtiveram os modelos digitais das variáveis. Igualmente, estimou-se o Avaliador da Dependência Espacial (ADE), conforme Cambardella et al. (1994), onde:  $ADE = [\tau^2 / (\tau^2 + \sigma^2)] * 100$ . Considerou-se dependência espacial fraca quando o ADE foi maior de 75%, moderadamente dependente quando o ADE se encontrou entre 25 e 75% e fortemente dependente quando o ADE foi menor de 25%, concordando com classificação dos mesmos autores.



### 3. Resultados e discussão

Na Tabela 1 se apresenta o resultado da densidade de plantas no talhão do estudo 10 dias antes da colheita. Observou-se um estande médio para a densidade de semeadura maior de 453.330 pl ha<sup>-1</sup>, um estande médio para a densidade de semeadura padrão de 394.314 pl ha<sup>-1</sup> e um estande médio para a densidade de semeadura menor de 356.809 pl ha<sup>-1</sup>. Esses dados indicam que a densidade de semeadura maior possui uma quantidade de plantas 15% maior do que a densidade de semeadura padrão, e essa na sua vez, apresenta uma quantidade de plantas 9,5% maior do que a densidade de semeadura menor.

**Tabela 1.** Densidades de plantas observadas em campo.

Densidade	Plantas m <sup>-1</sup>			Desvio padrão	CV (%)
	Média	Mínimo	Máximo		
Maior	20,4	17	25	1,97	10
Padrão	17,8	12	22	1,88	11
Menor	16,1	12	23	2,00	12

Nas Tabelas 2, 3 e 4 são apresentados os resultados da estatística descritiva das características agronômicas de plantas e sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, produzidas na zona de manejo 1 (ZM-1), considerada como de baixa oferta ambiental, em função das três densidades de semeadura usadas. Nas Tabelas 5, 6 e 7 são apresentados os resultados da estatística descritiva de todas as variáveis na zona de manejo 2 (ZM-2), considerada como de oferta ambiental média, também em função das três densidades de semeadura usadas. Finalmente, as Tabelas 8, 9 e 10, correspondem aos resultados da estatística descritiva das variáveis de planta e sementes de soja produzidas na zona de manejo 3 (ZM-3), considerada como de alta oferta ambiental, em função das três densidades de semeadura.

Analisando os resultados da estatística descritiva das variáveis estudadas, pode-se observar que nas três zonas de manejo agrônomo estabelecidas, as variáveis número de ramos secundários que produziram sementes por planta (NRS) (Tabelas 2, 5, 8), número de legumes sem sementes por planta (LSS) (Tabelas 2, 5, 8), número de legumes com uma semente por planta (L1S) (Tabelas 2, 5, 8), número de legumes com quatro sementes por planta (L4S) (Tabelas 2, 5, 8), porcentagem de

sementes retidas nas peneiras 7,0 mm (P7) (Tabelas 3, 6, 9), 5,5 mm (P5,5) (Tabelas 3, 6, 9), 5,0 mm (P5) (Tabelas 3, 6, 9), sementes menores do que 5,0 mm ( $P<5$ ) (Tabelas 3, 6, 9), dano por umidade nas classes 6 até 8 (Tabelas 3, 6, 9) e todas as classificações de dano mecânico e dano por percevejo (Tabelas 3, 6, 9) apresentaram coeficientes de variação superiores a 30%, valor que é considerado alto do ponto de vista estatístico. Vendo os dados de uma forma mais analítica, pode-se esperar uma resposta como essa, uma vez que, considerando a natureza dos dados de ditas variáveis, é possível observar a alta ocorrência de zeros dentro das repetições, como também a grande amplitude entre os dados, a qual, em vários casos, pode ser de mais do dobro entre uma repetição e outra, fato que é corroborado ao observar os valores mínimos e máximos registrados (Tabelas 2 até 10). As demais variáveis apresentaram coeficientes de variação menores a 23% (Tabelas 2 até 10). Segundo Warrick e Nielsen (1980), os coeficientes de variação podem ser considerados como de baixa variabilidade quando são menores de 12%, de média variabilidade quando são maiores de 12% e menores de 60%, e de alta variabilidade quando são maiores de 60%.

Mattioni et al. (2011) encontraram resultados similares na classificação de sementes segundo seu tamanho, observando altos coeficientes de variação para a porcentagem de sementes retidas nas peneiras 7,5 mm e 5,5 mm e baixos coeficientes de variação para a porcentagem de sementes retidas na peneira 6,5 mm.

**Tabela 2.** Estatística descritiva das características agrônômicas das plantas de soja, cv. BMX Desafio RR, cultivadas na zona de manejo 1 (ZM-1) em função das três densidades de semeadura usadas. Diâmetro de caule (DC; mm), Número de nós por planta (NN), Número de ramos secundários que produziram sementes (NRS), Altura de planta (Alt.pl; cm), Altura de inserção do primeiro legume (Alt.1ºLeg; cm), Legumes sem sementes por planta (LSS), Legumes com uma semente por planta (L1S), Legumes com duas sementes por planta (L2S), Legumes com três sementes por planta (L3S), Legumes com quatro sementes por planta (L4S).

Atributo	Densidade	Média	Mediana	Valor		Desvio Padrão	Coeficiente de variação (%)
				Mínimo	Máximo		
DC	Maior	6,49	6,56	5,63	7,38	0,54	8,27
	Padrão	6,98	7,10	5,78	7,84	0,59	8,40
	Menor	7,64	7,45	6,96	8,98	0,57	7,48
NN	Maior	12,13	12,29	10,43	13,14	0,91	7,54
	Padrão	12,75	12,86	10,43	13,86	0,94	7,38
	Menor	13,19	13,29	11,43	14,29	0,79	5,97
NRS	Maior	1,13	1,21	0,43	1,57	0,37	32,99
	Padrão	1,26	1,29	0,57	2,00	0,44	34,80
	Menor	1,67	1,71	0,86	2,29	0,39	23,26
Alt.pl	Maior	68,81	68,54	63,57	74,93	3,54	5,15
	Padrão	70,17	70,50	64,36	75,86	3,37	4,80
	Menor	69,02	69,21	63,00	75,79	3,77	5,46
Alt.1ºLeg.	Maior	11,31	11,25	9,93	12,71	0,89	7,90
	Padrão	10,24	10,43	8,93	11,50	0,83	8,12
	Menor	9,41	9,21	8,14	11,64	0,94	10,00
LSS	Maior	0,04	0,00	0,00	0,14	0,07	164,08
	Padrão	0,04	0,00	0,00	0,14	0,07	156,12
	Menor	0,14	0,14	0,00	0,57	0,15	108,01
L1S	Maior	1,13	1,14	0,14	2,29	0,68	60,07
	Padrão	1,84	1,71	1,00	3,00	0,69	37,72
	Menor	2,34	2,29	1,00	4,29	0,95	40,53
L2S	Maior	8,21	8,57	4,43	11,00	1,80	21,89
	Padrão	10,32	10,43	7,29	12,71	1,54	14,88
	Menor	10,98	11,14	5,43	13,00	2,10	19,12
L3S	Maior	16,29	16,43	12,71	19,86	2,29	14,06
	Padrão	17,30	18,14	13,00	20,29	2,25	12,99
	Menor	19,32	19,57	15,57	23,86	2,33	12,08
L4S	Maior	1,92	1,71	0,86	3,43	0,68	35,26
	Padrão	1,92	2,00	0,57	3,71	0,76	39,50
	Menor	2,42	2,29	1,43	3,86	0,85	35,00

**Tabela 3.** Estatística descritiva das características das plantas e sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, cultivadas na zona de manejo 1 (ZM-1) em função das três densidades de semeadura usadas. Legumes com sementes por planta (LCS), Sementes por planta (SP), Peso de mil sementes (PMS; g), Massa de sementes por planta (PS; g pl<sup>-1</sup>), Massa de sementes por metro linear (PS.m<sup>-1</sup>; g m<sup>-1</sup>), Rendimento (Rend.; t ha<sup>-1</sup>), Peso do hectolitro (PHL; kg), Semente retida na peneira 7,0 mm (P7; %), Semente retida na peneira 6,5 mm (P6,5; %), Semente retida na peneira 6,0 mm (P6; %), Semente retida na peneira 5,5 mm (P5,5; %).

Atributo	Densidade	Média	Mediana	Valor		Desvio Padrão	Coeficiente de variação (%)
				Mínimo	Máximo		
LCS	Maior	27,55	27,93	19,86	33,14	4,11	14,91
	Padrão	31,37	31,71	25,86	36,29	3,14	10,00
	Menor	35,05	34,43	25,86	40,57	3,92	11,17
SP	Maior	74,09	74,86	55,57	88,29	10,62	14,33
	Padrão	82,05	84,29	64,86	94,14	8,65	10,54
	Menor	91,92	91,00	74,00	106,71	9,15	9,95
PMS	Maior	175,01	174,22	166,44	185,25	5,58	3,19
	Padrão	168,62	170,06	160,70	177,13	5,73	3,40
	Menor	172,32	171,29	162,00	179,71	4,72	2,74
PSP	Maior	12,97	13,34	9,81	15,17	1,92	14,81
	Padrão	13,85	14,08	10,48	16,17	1,64	11,87
	Menor	15,85	15,37	12,63	18,60	1,71	10,82
PS.m <sup>-1</sup>	Maior	264,63	272,06	200,04	309,51	39,19	14,81
	Padrão	246,51	250,65	186,61	287,86	29,27	11,87
	Menor	255,14	247,49	203,29	299,54	27,60	10,82
Rend.	Maior	5,88	6,05	4,45	6,88	0,87	14,81
	Padrão	5,48	5,57	4,15	6,40	0,65	11,87
	Menor	5,67	5,50	4,52	6,66	0,61	10,82
PHL	Maior	67,79	67,84	66,29	68,76	0,78	1,15
	Padrão	69,64	69,30	67,41	72,15	1,41	2,03
	Menor	67,82	67,81	66,34	69,29	0,86	1,26
P7	Maior	16,79	16,16	10,33	24,63	4,21	25,09
	Padrão	10,83	10,44	5,03	15,75	3,46	31,96
	Menor	10,77	11,18	5,20	17,67	4,29	39,86
P6,5	Maior	51,09	51,71	44,70	53,82	2,37	4,64
	Padrão	52,02	49,64	42,90	69,26	7,54	14,50
	Menor	50,72	50,65	43,92	56,16	3,98	7,84
P6	Maior	26,76	26,79	20,49	34,78	3,96	14,80
	Padrão	29,15	30,88	13,92	37,32	6,71	23,02
	Menor	31,23	29,82	25,28	39,74	4,31	13,80
P5,5	Maior	4,76	4,65	3,01	8,00	1,32	27,65
	Padrão	7,00	6,96	4,21	10,11	1,55	22,11
	Menor	6,41	6,23	4,61	9,11	1,64	25,63

**Tabela 4.** Estatística descritiva das características de sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, cultivadas na zona de manejo 1 (ZM-1) em função das três densidades de semeadura usadas. Semente retida na peneira 5,0 mm (P5; %), Semente menor do que a peneira 5,0 mm (P<5; %), Vigor de sementes por tetrazólio (VIGOR; %), Viabilidade de sementes por tetrazólio (VIAB.; %), Dano por umidade nas classes 1 até 8 no teste de tetrazólio (DU 1-8; %), Dano por umidade nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %), Dano mecânico nas classes 1 até 8 no teste de tetrazólio (DU 1-8; %), Dano mecânico nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %), Dano por percevejos nas classes 1 até 8 no teste de tetrazólio (DU 1-8; %) e Dano por percevejos nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %).

Atributo	Densidade	Média	Mediana	Valor		Desvio Padrão	Coeficiente de variação (%)
				Mínimo	Máximo		
P5	Maior	0,57	0,51	0,31	1,20	0,24	42,15
	Padrão	0,97	0,95	0,48	1,48	0,30	30,73
	Menor	0,83	0,74	0,45	1,54	0,32	38,65
P<5	Maior	0,03	0,03	0,00	0,08	0,03	101,07
	Padrão	0,04	0,04	0,00	0,10	0,03	65,74
	Menor	0	0,04	0,01	0,11	0,03	71,19
VIGOR	Maior	58	58,50	30	77	13,75	23,59
	Padrão	69	71,00	49	88	11,37	16,39
	Menor	60	58,00	46	72	9,38	15,73
VIABILIDADE	Maior	70	70	46,	84	10,77	15,44
	Padrão	82	81	62	95	8,38	10,22
	Menor	74	76	58	90	8,97	12,12
DU 1-8	Maior	91	93	81	97	5,45	5,98
	Padrão	93	94	86	98	3,77	4,06
	Menor	92	92	86	98	3,71	4,03
DU 6-8	Maior	30	28	16	54	11,05	37,28
	Padrão	18	19	4	37	8,38	47,37
	Menor	27	24	10	42	9,12	34,07
DM 1-8	Maior	2	0	0	8	2,68	178,79
	Padrão	1	1	0	3	1,15	115,47
	Menor	1	0	0	3	1,11	160,25
DM 6-8	Maior	1	0	0	5	1,40	244,75
	Padrão	0	0	0	1	0,51	131,66
	Menor	0	0	0	1	0,28	360,56
DP 1-8	Maior	3	2	0	9	2,50	97,33
	Padrão	2	2	0	4	1,11	65,56
	Menor	2	2	0	3	1,04	53,96
DP 6-8	Maior	1	0	0	2	0,84	130,96
	Padrão	0	0	0	2	0,65	169,12
	Menor	0	0	0	0	0,00	0,00

**Tabela 5.** Estatística descritiva das características agrônômicas das plantas de soja, cv. BMX Desafio RR, cultivadas na zona de manejo 2 (ZM-2) em função das três densidades de semeadura usadas. Diâmetro de caule (DC; mm), Número de nós por planta (NN), Número de ramos secundários que produziram sementes (NRS), Altura de planta (Alt.pl; cm), Altura de inserção do primeiro legume (Alt.1°Leg; cm), Legumes sem sementes por planta (LSS), Legumes com uma semente por planta (L1S), Legumes com duas sementes por planta (L2S), Legumes com três sementes por planta (L3S), Legumes com quatro sementes por planta (L4S).

Atributo	Densidade	Média	Mediana	Valor		Desvio Padrão	Coeficiente de variação (%)
				Mínimo	Máximo		
DC	Maior	6,54	6,37	5,63	7,57	0,56	8,49
	Padrão	7,18	7,31	6,05	8,07	0,64	8,92
	Menor	7,39	7,44	5,91	8,36	0,75	10,21
NN	Maior	12,85	12,86	9,71	15,00	1,36	10,61
	Padrão	12,66	12,71	10,71	14,71	1,06	8,37
	Menor	13,09	13,43	10,71	14,29	1,07	8,21
NRS	Maior	1,02	1,14	0,29	1,86	0,45	43,78
	Padrão	1,20	1,29	0,00	2,86	0,82	68,35
	Menor	1,51	1,71	0,86	2,14	0,45	30,16
Alt.pl	Maior	70,92	71,36	67,00	75,71	2,66	3,75
	Padrão	70,62	70,18	60,79	80,57	6,15	8,71
	Menor	71,23	71,79	60,71	76,86	4,20	5,90
Alt.1°Leg.	Maior	10,84	10,71	8,86	12,57	1,23	11,33
	Padrão	10,54	10,36	8,57	13,07	1,14	10,83
	Menor	10,27	10,07	7,93	12,50	1,25	12,12
LSS	Maior	0,07	0,00	0,00	0,29	0,09	143,05
	Padrão	0,02	0,00	0,00	0,14	0,05	254,20
	Menor	0,10	0,14	0,00	0,29	0,09	91,06
L1S	Maior	1,47	1,57	0,29	2,71	0,63	42,54
	Padrão	1,60	1,43	1,00	2,57	0,56	35,18
	Menor	1,93	1,86	0,71	3,14	0,72	37,13
L2S	Maior	9,48	9,14	6,00	12,57	1,86	19,60
	Padrão	9,61	10,00	4,29	12,29	2,52	26,18
	Menor	11,16	10,86	7,14	16,43	2,08	18,63
L3S	Maior	17,45	16,57	12,86	24,71	3,59	20,58
	Padrão	18,92	19,14	14,00	25,86	3,59	18,98
	Menor	19,33	20,43	13,43	23,86	3,54	18,30
L4S	Maior	2,07	2,00	0,43	4,43	1,05	50,60
	Padrão	2,23	2,43	1,14	2,86	0,55	24,65
	Menor	1,98	2,00	0,86	3,14	0,73	36,90

**Tabela 6.** Estatística descritiva das características das plantas e sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, cultivadas na zona de manejo 2 (ZM-2) em função das três densidades de semeadura usadas. Legumes com sementes por planta (LCS), Sementes por planta (SP), Peso de mil sementes (PMS; g), Massa de sementes por planta (PS; g pl<sup>-1</sup>), Massa de sementes por metro linear (PS.m<sup>-1</sup>; g m<sup>-1</sup>), Rendimento (Rend.; t ha<sup>-1</sup>), Peso do hectolitro (PHL; kg), Semente retida na peneira 7,0 mm (P7; %), Semente retida na peneira 6,5 mm (P6,5; %), Semente retida na peneira 6,0 mm (P6; %), Semente retida na peneira 5,5 mm (P5,5; %).

Atributo	Densidade	Média	Mediana	Valor		Desvio Padrão	Coeficiente de variação (%)
				Mínimo	Máximo		
LCS	Maior	30,47	29,86	21,14	42,14	5,76	18,92
	Padrão	32,37	32,29	22,00	41,43	5,87	18,13
	Menor	34,41	35,00	25,00	44,14	5,42	15,74
SP	Maior	81,06	79,57	55,43	113,57	16,24	20,03
	Padrão	86,52	87,14	61,57	112,86	15,78	18,24
	Menor	90,17	94,14	63,86	112,29	14,98	16,61
PMS	Maior	175,19	175,09	165,55	185,86	4,97	2,83
	Padrão	170,34	171,84	159,42	176,85	5,41	3,17
	Menor	173,56	174,59	164,53	181,02	4,70	2,71
PSP	Maior	14,17	13,83	9,78	18,80	2,64	18,60
	Padrão	14,71	15,33	10,56	18,84	2,54	17,27
	Menor	15,66	16,09	10,90	19,46	2,69	17,17
PS.m <sup>-1</sup>	Maior	289,02	282,20	199,60	383,55	53,77	18,60
	Padrão	261,78	272,81	187,97	335,33	45,20	17,27
	Menor	252,13	259,03	175,45	313,36	43,30	17,17
Rend.	Maior	6,42	6,27	4,44	8,52	1,19	18,60
	Padrão	5,82	6,06	4,18	7,45	1,00	17,27
	Menor	5,60	5,76	3,90	6,96	0,96	17,17
PHL	Maior	67,83	67,85	66,48	69,11	0,81	1,19
	Padrão	68,97	69,06	66,20	70,54	1,12	1,62
	Menor	68,09	68,01	66,89	69,29	0,78	1,14
P7	Maior	15,73	13,25	9,83	27,99	5,99	38,09
	Padrão	12,29	10,97	5,63	23,31	4,73	38,50
	Menor	12,57	13,01	7,53	15,35	2,56	20,36
P6,5	Maior	51,53	52,00	46,60	53,81	2,46	4,77
	Padrão	49,45	49,83	43,66	60,34	4,47	9,05
	Menor	53,40	52,39	48,31	60,79	4,37	8,19
P6	Maior	27,48	28,35	17,41	35,19	4,81	17,49
	Padrão	30,73	31,03	25,16	37,41	3,98	12,95
	Menor	27,75	28,39	21,98	32,74	3,31	11,93
P5,5	Maior	4,70	4,43	2,07	7,79	1,53	32,50
	Padrão	6,68	6,30	4,30	11,56	1,77	26,52
	Menor	5,45	5,56	3,54	6,55	0,97	17,82

**Tabela 7.** Estatística descritiva das características de sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, cultivadas na zona de manejo 2 (ZM-2) em função das três densidades de semeadura usadas. Semente retida na peneira 5,0 mm (P5; %), Semente menor do que a peneira 5,0 mm (P<5; %), Vigor de sementes por tetrazólio (VIGOR; %), Viabilidade de sementes por tetrazólio (VIAB.; %), Dano por umidade nas classes 1 até 8 no teste de tetrazólio (DU 1-8; %), Dano por umidade nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %), Dano mecânico nas classes 1 até 8 no teste de tetrazólio (DU 1-8; %), Dano mecânico nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %), Dano por percevejos nas classes 1 até 8 no teste de tetrazólio (DU 1-8; %) e Dano por percevejos nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %).

Atributo	Densidade	Média	Mediana	Valor		Desvio Padrão	Coeficiente de variação (%)
				Mínimo	Máximo		
P5	Maior	0,55	0,57	0,14	1,13	0,29	51,88
	Padrão	0,82	0,73	0,53	1,65	0,29	35,24
	Menor	0,79	0,77	0,56	1,11	0,20	24,62
P<5	Maior	0,02	0,00	0,00	0,12	0,03	209,19
	Padrão	0,04	0,03	0,00	0,09	0,03	85,09
	Menor	0,04	0,04	0,00	0,09	0,03	79,39
VIGOR	Maior	60	60	36	79	12,54	20,95
	Padrão	73	72	61	85	7,39	10,06
	Menor	62	64	46	79	9,57	15,36
VIABILIDADE	Maior	73	72	53	91	11,33	15,49
	Padrão	85	83	76	98	6,62	7,82
	Menor	75	74	65	83	5,37	7,18
DU 1-8	Maior	90	91	74	99	7,38	8,22
	Padrão	91	91	80	99	6,27	6,90
	Menor	91	93	72	97	6,67	7,34
DU 6-8	Maior	25	22	7	47	10,46	42,50
	Padrão	15	16	2	24	6,74	44,91
	Menor	24	24	15	35	6,28	26,35
DM 1-8	Maior	2	1	0	8	3,09	134,01
	Padrão	3	2	0	18	5,11	149,04
	Menor	2	0	0	8	2,95	128,04
DM 6-8	Maior	1	1	0	4	1,41	121,78
	Padrão	1	0	0	4	1,41	164,08
	Menor	1	0	0	5	1,81	123,71
DP 1-8	Maior	4	1	0	22	6,12	153,09
	Padrão	2	2	0	4	1,34	81,34
	Menor	2	2	0	6	2,15	87,16
DP 6-8	Maior	1	0	0	3	0,95	136,84
	Padrão	0	0	0	1	0,47	164,08
	Menor	0	0	0	1	0,48	156,12



**Tabela 8.** Estatística descritiva das características agronômicas das plantas de soja, cv. BMX Desafio RR, cultivadas na zona de manejo 3 (ZM-3) em função das três densidades de semeadura usadas. Diâmetro de caule (DC; mm), Número de nós por planta (NN), Número de ramos secundários que produziram sementes (NRS), Altura de planta (Alt.pl; cm), Altura de inserção do primeiro legume (Alt.1ºLeg; cm), Legumes sem sementes por planta (LSS), Legumes com uma semente por planta (L1S), Legumes com duas sementes por planta (L2S), Legumes com três sementes por planta (L3S), Legumes com quatro sementes por planta (L4S).

Atributo	Densidade	Média	Mediana	Valor		Desvio Padrão	Coeficiente de variação (%)
				Mínimo	Máximo		
DC	Maior	6,53	6,45	5,86	7,15	0,39	5,92
	Padrão	7,33	7,27	6,67	7,98	0,35	4,82
	Menor	7,38	7,66	5,33	8,26	0,81	10,96
NN	Maior	12,63	12,57	11,14	14,14	0,74	5,85
	Padrão	13,13	13,29	11,57	13,86	0,66	5,05
	Menor	12,97	13,43	9,14	15,00	1,58	12,15
NRS	Maior	1,03	1,00	0,43	1,86	0,51	49,27
	Padrão	1,29	1,29	0,86	2,29	0,42	33,02
	Menor	1,22	1,14	0,14	2,14	0,50	41,02
Alt.pl	Maior	70,73	70,50	63,64	81,86	5,35	7,57
	Padrão	72,48	72,36	67,36	77,93	2,90	4,00
	Menor	73,27	72,43	68,36	81,71	4,09	5,58
Alt.1ºLeg.	Maior	10,55	10,64	8,79	11,53	0,75	7,15
	Padrão	10,22	10,29	8,64	11,71	0,83	8,15
	Menor	10,12	10,03	7,86	12,29	1,26	12,45
LSS	Maior	0,04	0,00	0,00	0,29	0,09	204,89
	Padrão	0,08	0,00	0,00	0,29	0,11	144,16
	Menor	0,04	0,00	0,00	0,14	0,07	156,12
L1S	Maior	1,51	1,43	0,57	3,29	0,66	43,76
	Padrão	1,74	1,86	0,57	2,71	0,74	42,73
	Menor	1,91	1,71	0,86	3,14	0,77	40,53
L2S	Maior	9,00	8,71	6,86	11,43	1,39	15,44
	Padrão	10,70	11,00	7,57	13,00	1,89	17,65
	Menor	10,25	10,14	7,14	13,86	1,93	18,82
L3S	Maior	16,13	15,86	13,14	22,29	2,39	14,79
	Padrão	17,69	18,29	13,86	21,57	2,41	13,63
	Menor	17,90	19,29	9,86	22,14	3,87	21,62
L4S	Maior	1,86	1,71	1,29	2,86	0,46	24,93
	Padrão	2,63	2,71	1,57	3,57	0,62	23,66
	Menor	2,55	2,43	0,71	4,71	1,07	41,80

**Tabela 9.** Estatística descritiva das características das plantas e sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, cultivadas na zona de manejo 3 (ZM-3) em função das três densidades de semeadura usadas. Legumes com sementes por planta (LCS), Sementes por planta (SP), Peso de mil sementes (PMS; g), Massa de sementes por planta (PS; g pl<sup>-1</sup>), Massa de sementes por metro linear (PS.m<sup>-1</sup>; g m<sup>-1</sup>), Rendimento (Rend.; t ha<sup>-1</sup>), Peso do hectolitro (PHL; kg), Semente retida na peneira 7,0 mm (P7; %), Semente retida na peneira 6,5 mm (P6,5; %), Semente retida na peneira 6,0 mm (P6; %), Semente retida na peneira 5,5 mm (P5,5; %).

Atributo	Densidade	Média	Mediana	Valor		Desvio Padrão	Coeficiente de variação (%)
				Mínimo	Máximo		
LCS	Maior	28,49	28,29	24,43	35,86	2,93	10,27
	Padrão	32,76	33,14	25,43	38,14	3,81	11,63
	Menor	32,62	35,71	19,86	38,14	5,65	17,33
SP	Maior	75,33	73,57	65,00	96,71	8,07	10,71
	Padrão	86,73	88,14	67,86	103,29	9,77	11,27
	Menor	86,32	94,57	48,86	104,00	16,59	19,22
PMS	Maior	173,78	173,45	164,18	189,63	6,73	3,87
	Padrão	166,84	165,00	160,90	173,72	4,68	2,80
	Menor	173,05	173,07	163,36	183,86	5,87	3,39
PSP	Maior	13,08	12,90	11,07	15,88	1,32	10,09
	Padrão	14,45	14,54	11,69	17,31	1,53	10,56
	Menor	14,92	16,06	8,67	17,96	2,84	19,01
PS.m <sup>-1</sup>	Maior	266,79	263,11	225,87	323,92	26,91	10,09
	Padrão	257,23	258,88	208,10	308,05	27,16	10,56
	Menor	240,21	258,50	139,57	289,13	45,66	19,01
Rend.	Maior	5,93	5,85	5,02	7,20	0,60	10,09
	Padrão	5,72	5,75	4,62	6,85	0,60	10,56
	Menor	5,34	5,74	3,10	6,42	1,01	19,01
PHL	Maior	67,82	67,69	66,89	69,23	0,71	1,05
	Padrão	68,55	68,58	67,55	69,88	0,74	1,08
	Menor	68,65	68,48	66,99	70,02	1,01	1,47
P7	Maior	16,80	15,41	2,19	36,72	9,22	54,88
	Padrão	8,02	6,25	4,19	14,74	3,33	41,46
	Menor	12,76	13,70	5,61	19,37	4,52	35,44
P6,5	Maior	51,00	51,77	31,06	60,44	6,70	13,13
	Padrão	48,83	48,68	41,25	59,79	5,53	11,32
	Menor	52,34	52,33	45,42	58,25	3,48	6,65
P6	Maior	26,71	26,81	19,67	38,80	5,45	20,42
	Padrão	34,37	33,18	27,36	43,26	4,97	14,45
	Menor	28,70	27,98	22,32	39,69	4,76	16,60
P5,5	Maior	4,90	5,19	2,75	6,96	1,51	30,84
	Padrão	7,62	7,54	4,62	11,32	2,36	30,91
	Menor	5,50	5,12	3,27	8,42	1,62	29,42

**Tabela 10.** Estatística descritiva das características de sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, cultivadas na zona de manejo 3 (ZM-3) em função das três densidades de semeadura usadas. Semente retida na peneira 5,0 mm (P5; %), Semente menor do que a peneira 5,0 mm (P<5; %), Vigor de sementes por tetrazólio (VIGOR; %), Viabilidade de sementes por tetrazólio (VIAB.; %), Dano por umidade nas classes 1 até 8 no teste de tetrazólio (DU 1-8; %), Dano por umidade nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %), Dano mecânico nas classes 1 até 8 no teste de tetrazólio (DU 1-8; %), Dano mecânico nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %), Dano por percevejos nas classes 1 até 8 no teste de tetrazólio (DU 1-8; %) e Dano por percevejos nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %).

Atributo	Densidade	Média	Mediana	Valor		Desvio Padrão	Coeficiente de variação (%)
				Mínimo	Máximo		
P5	Maior	0,57	0,65	0,04	0,93	0,27	47,28
	Padrão	1,11	1,01	0,52	2,19	0,47	42,36
	Menor	0,67	0,59	0,41	0,93	0,20	30,28
P<5	Maior	0,03	0,02	0,00	0,08	0,03	93,40
	Padrão	0,05	0,04	0,00	0,19	0,05	91,72
	Menor	0,03	0,01	0,00	0,10	0,03	122,93
VIGOR	Maior	60	60	40	81	10,54	17,51
	Padrão	65	65	50	78	8,40	12,84
	Menor	63	64	51	76	7,03	11,24
VIABILIDADE	Maior	73	74	50	92	12,05	16,53
	Padrão	81	81	67	95	7,81	9,62
	Menor	75	74	61	87	8,21	10,94
DU 1-8	Maior	95	96	89	99	3,04	3,20
	Padrão	94	95	88	100	3,33	3,54
	Menor	95	95	90	99	2,99	3,14
DU 6-8	Maior	27	26	8	50	12,04	44,60
	Padrão	19	19	5	33	7,81	41,43
	Menor	25	25	13	39	8,09	32,45
DM 1-8	Maior	0	0	0	1	0,38	244,10
	Padrão	1	0	0	5	1,41	166,06
	Menor	1	0	0	2	0,78	144,16
DM 6-8	Maior	0	0	0	1	0,28	360,56
	Padrão	0	0	0	0	0,00	0,00
	Menor	0	0	0	2	0,65	169,12
DP 1-8	Maior	2	1	0	7	2,33	120,95
	Padrão	2	2	0	7	2,01	89,94
	Menor	1	1	0	3	0,95	103,36
DP 6-8	Maior	1	0	0	4	1,12	182,15
	Padrão	0	0	0	1	0,51	131,66
	Menor	0	0	0	1	0,28	360,56

Na Tabela 11 são mostrados os modelos geoestatísticos ajustados das variáveis que apresentaram dependência espacial nas diferentes zonas de manejo estabelecidas. É importante ressaltar que na zona de manejo 2 (ZM-2), considerada como de média oferta ambiental, nenhuma das variáveis analisadas apresentou dependência espacial, por tanto, a variabilidade observada dessas variáveis, representada pelos valores mínimos e máximos registrados nas Tabelas 5, 6 e 7, são produto da aleatoriedade e não dependem da localização geográfica nem das distâncias entre pontos de amostragem, o qual caracteriza o efeito pepita puro. Silva et al. (1989) descreve o efeito pepita puro como um fenômeno em que o atributo mensurado é espacialmente independente e apresenta distribuição aleatória, no entanto, também pode acontecer que o espaçamento usado na amostragem seja maior do que o necessário para detectar a dependência espacial.

Na zona de manejo 1 (oferta ambiental baixa), observa-se que as variáveis peso de mil sementes (PMS), porcentagem de sementes retidas nas peneiras 6,0 mm (P6), 5,5 mm (P5,5), 5,0 mm (P5) e o peso do hectolitro (PHL) apresentaram dependência espacial classificada como forte, uma vez que seus ADE foram menores do que 25%, conforme com Cambardella et al. (1994). As demais variáveis apresentaram uma dependência espacial classificada como moderada, de acordo com a classificação dos autores citados anteriormente. Referente ao alcance estimado em todos os modelos ajustados, observa-se que todos apresentaram valores superiores aos 45 m, valor mínimo de distância entre pontos de amostragem, indicando que a malha de amostragem usada foi adequada para o desenvolvimento do trabalho. Vieira (2000) relata que o alcance determina a distância em que existe dependência espacial, por essa razão, amostras localizadas em distâncias menores ao alcance estão relacionadas entre si, permitindo assim a interpolação em espaçamentos menores ao alcance.

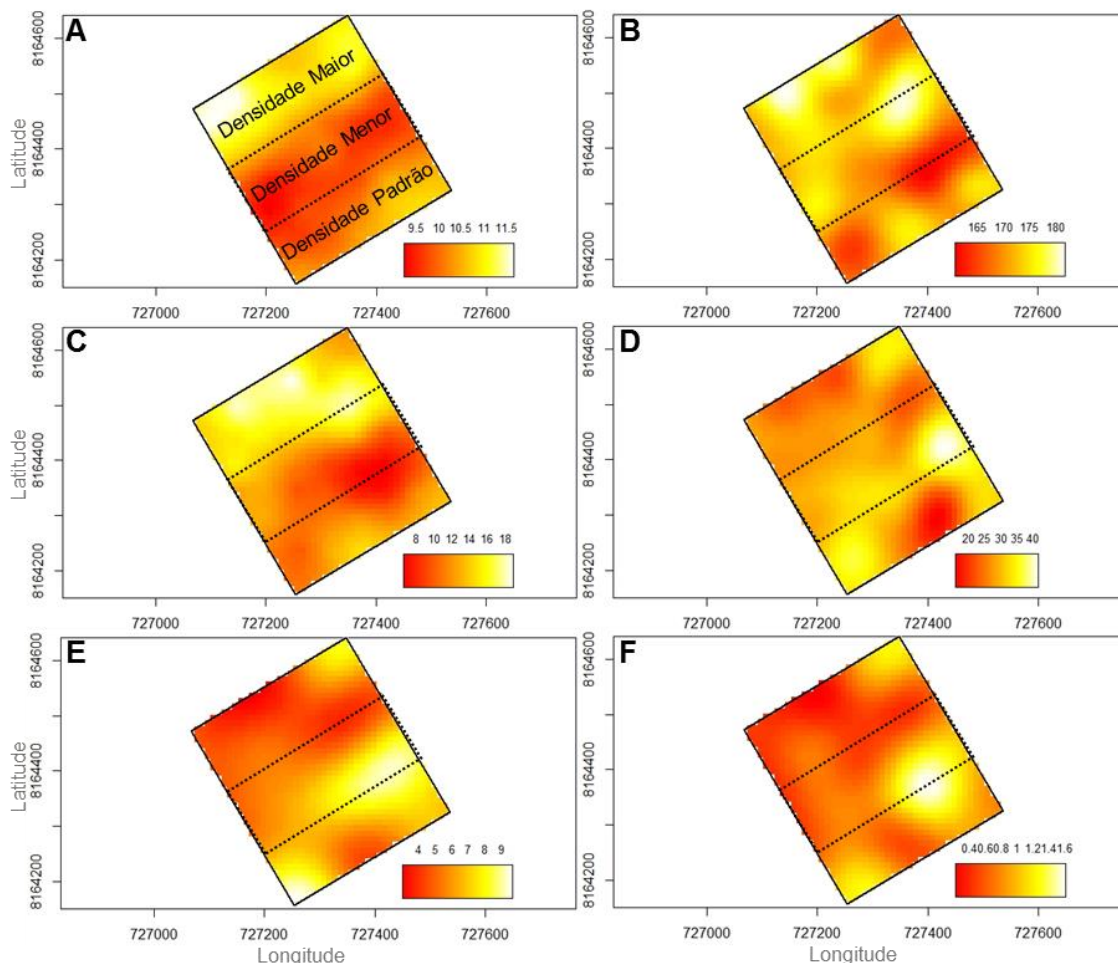
Na zona de manejo 3 (alta oferta ambiental) só quatro variáveis das 31 avaliadas apresentaram dependência espacial (Tabela 11). Observa-se que a porcentagem de sementes retidas na peneira de 7,00 mm apresentou uma dependência espacial classificada como forte ( $ADE < 25\%$ ), enquanto que as demais variáveis apresentaram dependência espacial moderada, de acordo com a classificação de Cambardella et al. (1994).

**Tabela 11.** Modelos geoestatísticos e avaliador de dependência espacial (ADE) das características das plantas e sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, que apresentaram dependência espacial, em função das diferentes zonas de manejo agrônômico. Altura de inserção do primeiro legume (Alt.1ºLeg; cm), Peso de mil sementes (PMS; g), Semente retida na peneira 7,0 mm (P7; %), Semente retida na peneira 6,0 mm (P6; %), Semente retida na peneira 5,5 mm (P5,5; %), Semente retida na peneira 5,0 mm (P5; %), Peso do hectolitro (PHL; kg), Vigor de sementes por tetrazólio (VIGOR; %), Viabilidade de sementes por tetrazólio (VIAB.; %), Dano por umidade nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %).

Atributo	Modelo	Média ( $\mu$ )	Efeito pepita ( $\tau^2$ )	Patamar ( $\sigma^2$ )	Alcance ( $\Phi$ )	ADE (%)
Zona de manejo 1 (ZM-1)						
Alt.1ºLeg.	Esférico	10,46	0,71	0,67	202,05	51,65
PMS	Gaussiano	172,00	8,18	27,19	60,47	23,12
P7	Esférico	13,16	9,21	13,21	174,75	41,08
P6	Gaussiano	29,18	4,00	26,37	61,10	13,16
P5,5	Gaussiano	6,15	0,52	3,58	98,21	12,58
P5	Gaussiano	0,78	0,01	0,11	85,85	7,71
PHL	Gaussiano	68,41	0,62	1,14	64,61	1,73
VIGOR	Exponencial	61,63	6,62	314,04	236,08	57,09
VIAB.	Exponencial	73,45	33,84	199,60	458,11	30,35
DU 6-8	Exponencial	26,25	38,07	189,18	423,18	30,89
Zona de manejo 2 (ZM-2)						
Efeito pepita puro para todas as variáveis						
Zona de manejo 3 (ZM-3)						
PMS	Esférico	170,98	10,99	28,98	129,49	27,50
P7	Gaussiano	12,84	0,00	50,33	46,39	0,00
P6	Exponencial	30,01	14,85	21,37	95,34	41,00
P5	Exponencial	0,85	0,09	0,08	169,22	54,87

Nas Figuras 5 e 6 são apresentados os modelos digitais, obtidos por krigagem, das variáveis que apresentaram dependência espacial na zona de manejo 1. A Figura 5A corresponde à altura de inserção do primeiro legume. Observa-se que os menores valores se localizam na faixa central, a qual corresponde a densidade de semeadura menor, e os maiores valores na faixa superior do campo, a qual corresponde à faixa semeada com a densidade de semeadura menor. Na Tabela 2 se observa que a altura de inserção do primeiro legume na densidade de semeadura maior apresentou valores entre os 9,93 e 12,71 cm, com média de 11,31 cm, enquanto que a densidade de semeadura padrão apresentou valores entre 8,93 e 11,50 cm, com média de 10,24 cm. Já a densidade de semeadura menor apresentou valores entre os 8,14 e 11,64

cm, com média de 9,41 cm, o qual se mostra claramente na Figura 5A. Resultados similares foram observados por Mauad et al. (2010) que observaram que a altura de inserção da primeira vagem em plantas de soja é maior conforme aumenta o número de plantas por metro linear.



**Figura 5.** Modelos digitais obtidos por krigagem das características das plantas e sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, que apresentaram dependência espacial na zona de manejo agrônomo 1. A) Altura de inserção do primeiro legume (Alt.1°Leg; cm), B) Peso de mil sementes (PMS; g), C) Semente retida na peneira 7,0 mm (P7; %), D) Semente retida na peneira 6,0 mm (P6; %), E) Semente retida na peneira 5,5 mm (P5,5; %) e F) Semente retida na peneira 5,0 mm (P5; %).

A Figura 5B apresenta o modelo digital do peso de mil sementes na zona de manejo 1. Observa-se uma pequena região localizada na parte centro-leste do mapa que apresenta os menores valores de PMS, e duas regiões que apresentam os maiores valores de PMS, localizadas no norte-leste e norte-oeste do campo.

Analisando o comportamento dessa variável em relação a densidade de semeadura, observa-se que a densidade maior apresentou uma média de 175,01 g, com uma amplitude entre 166,44 e 185,25 g, a densidade padrão apresentou uma média de 168,62 g com valores extremos de 160,70 e 177,13 g, e a densidade menor apresentou uma média de 172,32 g com valor mínimo de 162,00 g e valor máximo de 179,71 g (Tabela 3). Esses valores podem ser explicados e relacionados com o número de legumes com sementes por planta (LCS) e o número de sementes por planta (SP) (Tabela 3), observando-se valores médios de LCS de 27,55; 31,37 e 35,05 e valores médios de SP de 74; 82 e 91 para as densidades maior, padrão e menor, respectivamente. Barni et al. (1985) e Tourino et al. (2002) relataram que o peso de mil sementes é maior em densidades de semeadura maiores, devido à diminuição do número de legumes por planta que resulta na menor competição por fotoassimilados, os quais são depositados e concentrados em um menor número de grãos, observando-se assim o efeito compensatório dos componentes de rendimento que a soja possui.

A porcentagem de sementes retidas na peneira 7,0 mm mostrou uma distribuição espacial similar ao peso de mil sementes (Figura 5C), observando-se valores médios de 16,79%; 10,83% e 10,77% para as densidades maior, padrão e menor, respectivamente. Os respectivos valores mínimos e máximos observados foram de 10,33% e 24,63% para a densidade maior, de 5,03% e 15,75% para a densidade padrão e de 5,20% e 17,67% para a menor densidade (Tabela 3). Portanto, quando se pensar em taxa variável de semeadura para campos de produção de sementes, os produtores devem se atentar que podem ocorrer essa compensação e que haverá maior quantidade de sementes produzidas de peneiras consideradas indesejáveis, como por exemplo peneira 7,0mm.

Nas Figuras 5D, 5E e 5F são apresentados os modelos digitais para a porcentagem de sementes retidas na peneira 6,0; 5,5 e 5,0 mm, respectivamente. Observa-se que a distribuição espacial dessas variáveis é inversa à apresentada pelas variáveis PMS e P7 (Figuras 5B e 5C), o qual é coerente, indicando que o peso de mil sementes é menor nos locais onde se tem uma maior proporção de sementes menores.

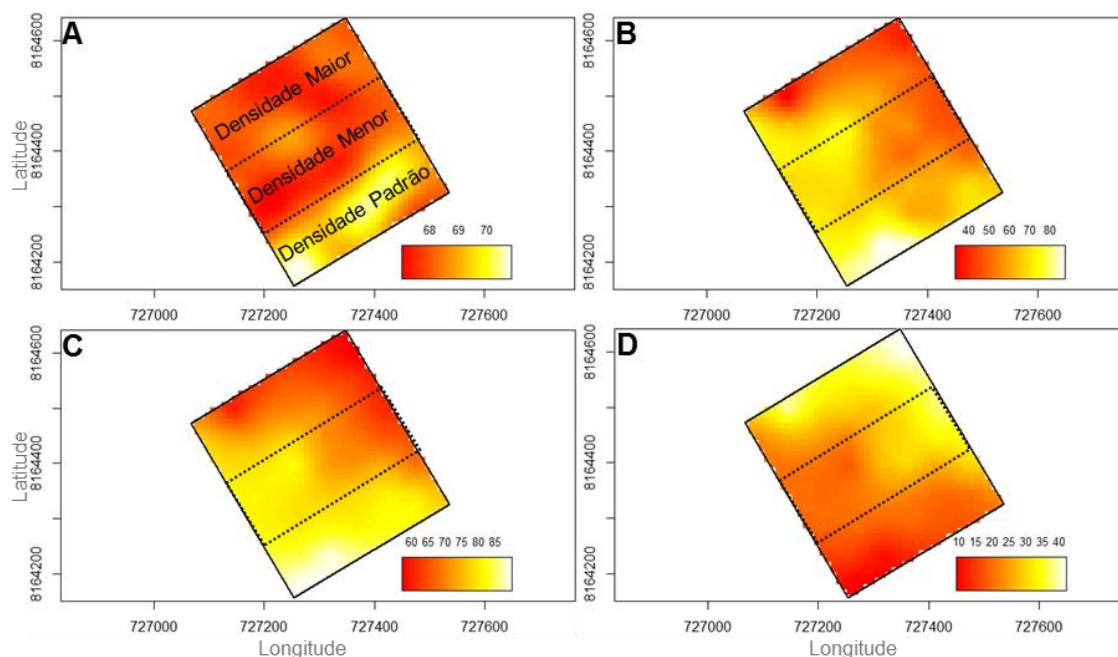
Na Figura 6A se apresenta o modelo digital do peso do hectolitro. Observa-se que a faixa que corresponde a densidade de semeadura padrão apresentou os maiores valores, em média 69,74 kg, com valores mínimo e máximo de 67,41 kg e 72,15 kg, respectivamente (Tabela 3). As densidades maior e menor apresentaram valores médios de 67,69 kg e 67,82 kg, respectivamente, com valores mínimo e máximo de 62,24 kg e 68,76 kg para a densidade maior, e de 66,34 kg e 69,26 kg para a densidade menor (Tabela 3).

Analizando os resultados obtidos do PMS e o PHL, observa-se uma tendência inversa entre essas duas variáveis, ou seja, nos locais onde se registraram os maiores valores de PMS se registraram os menores valores de PHL. Para explicar esse comportamento, deve-se considerar que o PHL é uma relação massa/volume, ou seja, representa a densidade das sementes. Por outro lado, somando as porcentagens de sementes retidas nas peneiras 7,0 e 6,0 mm (Tabela 3), as quais apresentaram as maiores diferenças entre as três densidades de semeadura, obtém-se resultados de 43,55; 39,98 e 42,00% para as densidades maior, padrão e menor respectivamente. Considerando que o PMS médio registrado para as densidades maior, padrão e menor foi de 175,01; 168,64 e 172,32 g, respectivamente e que os respectivos PHL registrados foram de 67,79; 69,64 e 67,82 kg para as densidades maior, padrão e menor, pode-se deduzir que na densidade maior, no volume de 100 litros (um hectolitro) cabe um menor número de sementes, por causa do maior espaço intersticial, com maior PMS fazendo o PHL menor. Pelo contrário, na densidade padrão, em um hectolitro cabe um número maior de sementes (menor espaço intersticial) com PMS menor, fazendo com que o PHL seja maior. Finalmente a densidade de semeadura menor apresenta um comportamento similar ao da densidade de semeadura maior devido a que as duas densidades registraram valores de PMS e de P7+P6 similares.

Referente ao vigor e viabilidade das sementes, os modelos digitais da sua interpolação por krigagem são apresentados nas Figuras 6B e 6C. Nestas figuras se observam que a região norte do campo, até mais ou menos o centro do talhão, apresentou as menores porcentagens de vigor e viabilidade, sendo estas aumentadas conforme se avança para a região sul do campo. Comportamento inverso se observa na Figura 6D, a qual corresponde a porcentagem de sementes inviáveis que



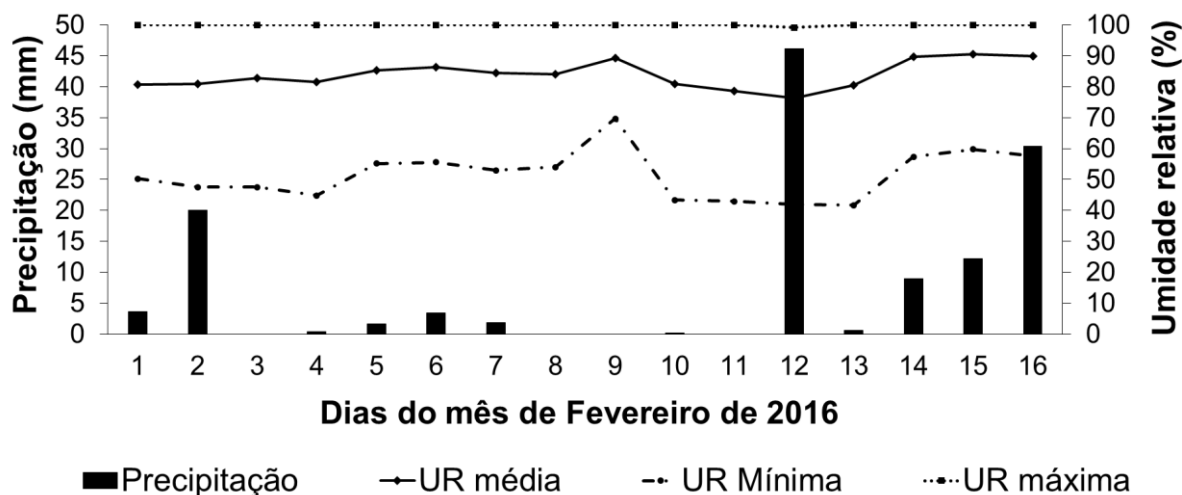
apresentaram dano por umidade. Por essa razão pode-se deduzir que a qualidade fisiológica das sementes produzidas nessa zona de manejo foi fortemente afetada pela precipitação e variação da umidade relativa durante o tempo de armazenamento em campo.



**Figura 6.** Modelos digitais obtidos por krigagem das características das plantas e sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, que apresentaram dependência espacial na zona de manejo agrônomo 1. A) Peso do hectolitro (PHL; kg), B) Vigor de sementes por tetrazólio (VIGOR; %), C) Viabilidade de sementes por tetrazólio (VIAB.; %) e D) Dano por umidade nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %).

Esse fato pode ser corroborado ao observar os dados registrados da precipitação e umidade relativa durante os 15 dias que antecederam à colheita (Figura 7). Deve-se lembrar que a colheita das amostras foi realizada nos dias 13, 14 e 15 de fevereiro de 2016, e como se observa na Figura 7, os dias 12, 13, 14 e 15, apresentaram chuvas de 46,2 mm, 0,6 mm, 9,0 mm e 12,2 mm, respectivamente. Esses valores, junto com a flutuação da umidade relativa observada, fizeram com que a qualidade fisiológica das sementes produzidas fosse tão baixa. Resultados como esse foram observados por Castro et al. (2016), que simulando chuva na pré-colheita, observaram que a qualidade fisiológica das sementes de soja diminuiu e a

porcentagem de sementes com dano por umidade aumentou nos tratamentos que receberam a chuva.

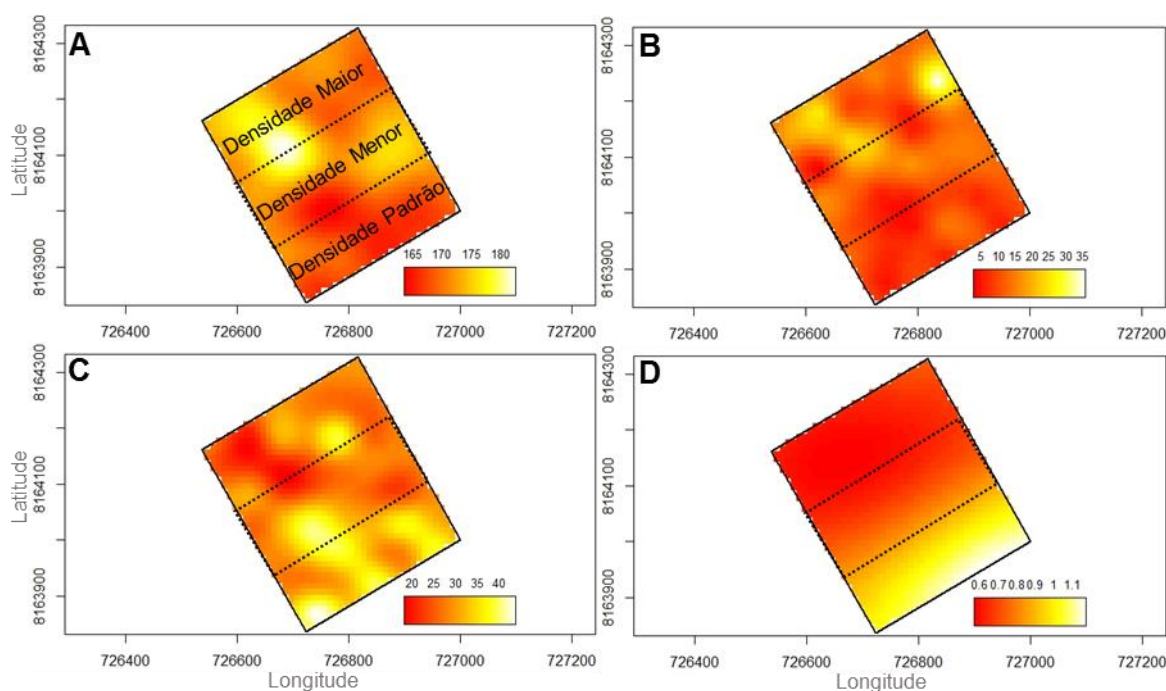


**Figura 7.** Precipitação e umidade relativa registrada nos 15 dias anteriores à colheita das sementes de soja, cv. BMX Desafio RR.

Na Figura 8 são apresentadas as variáveis que apresentaram dependência espacial na zona de manejo 3 (ZM-3), considerada como de alta oferta ambiental. A Figura 8A corresponde ao modelo digital do PMS no qual se observa uma tendência de encontrar menores valores na faixa que corresponde a densidade de semeadura padrão. Na Tabela 9 pode-se observar que os valores médios de PMS foram de 173,78 g, 166,84 g e 173,05 g, para as densidades maior, padrão e menor, respectivamente. Igualmente, os respectivos valores mínimo e máximo observados foram de 164,18 g e 189,63 g para a densidade maior, de 160,90 g e 173,72 g para a densidade padrão e de 163,36 g e 183,86 g para a densidade baixa, o qual se vê refletido na Figura 8A.

O modelo digital da porcentagem de sementes retidas na peneira 7,0 mm (P7) é mostrado na Figura 8B. Observa-se que a densidade padrão apresentou a menor porcentagem de sementes graúdas, com média de 8,20%, enquanto que as densidades maior e menor apresentaram médias de 16,80% e 12,76%, respectivamente. Já a porcentagem de sementes retidas na peneira 6,0 mm mostrou uma distribuição espacial inversa à observada na P7, em que as maiores porcentagens de sementes desse tamanho se localizam na densidade padrão. Esse

mesmo comportamento se observou, de forma mais clara ainda, na distribuição espacial da porcentagem de sementes retidas na peneira 5,0 mm (Figura 8D). Observando as quatro imagens em conjunto, pode-se evidenciar uma correlação positiva entre o PMS e a P7, enquanto se observa uma correlação negativa entre o PMS e as porcentagens de sementes retidas nas peneiras 6,0 e 5,0 mm.



**Figura 8.** Modelos digitais obtidos por krigagem das características das plantas e sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, que apresentaram dependência espacial na zona de manejo agrônomo 3. A) Peso de mil sementes (PMS; g), B) Semente retida na peneira 7,0 mm (P7; %), C) Semente retida na peneira 6,0 mm (P6; %), e D) Semente retida na peneira 5,0 mm (P5; %).

Nas Tabelas 12 a 20 são apresentados os resultados da estatística descritiva das características agrônômicas de plantas e sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, em função da densidade de semeadura. Nas Tabelas 12, 13 e 14 aparecem os resultados obtidos na densidade de semeadura maior, nas Tabelas 15, 16 e 17 são mostrados os resultados obtidos na densidade de semeadura padrão e nas Tabelas 18, 19 e 20 se apresentam os resultados na densidade de semeadura menor.

O coeficiente de variação das variáveis analisadas mostrou o mesmo comportamento descrito anteriormente, sendo que nas três densidades de semeadura usadas as variáveis número de ramos secundários que produziram sementes por planta (NRS) (Tabelas 12, 15, 18), número de legumes sem sementes por planta (LSS) (Tabelas 12, 15, 18), número de legumes com uma semente por planta (L1S) (Tabelas 12, 15, 18), número de legumes com quatro sementes por planta (L4S) (Tabelas 12, 15, 18), porcentagem de sementes retidas nas peneiras 7,0 mm (P7) (Tabelas 13, 16, 19), 5,5 mm (P5,5) (Tabelas 13, 16, 19), 5,0 mm (P5) (Tabelas 14, 17, 20), sementes menores do que 5,0 mm ( $P<5$ ) (Tabelas 14, 17, 20), dano por umidade nas classes 6 até 8 (Tabelas 14, 17, 20) e todas as classificações de dano mecânico e dano por percevejo (Tabelas 14, 17, 20) apresentaram coeficientes de variação superiores a 30%, valor considerado alto desde o ponto de vista estatístico. Como se mencionou anteriormente, esse resultado se deve à natureza dos dados de ditas variáveis, uma vez que se observou uma grande ocorrência de zeros dentro das repetições e uma grande amplitude entre os dados, o que pode ser corroborado ao observar os valores mínimos e máximos registrados (Tabelas 12 até 20). Nas demais variáveis o coeficiente de variação foi baixo, apresentando valores menores a 23% (Tabelas 12 até 20).

Analisando os valores médios do rendimento, vigor e viabilidade de sementes mostrados pelas zonas de manejo estabelecidas dentro de cada uma das densidades utilizadas no trabalho, não se identifica uma tendência clara de alguma zona de manejo se diferenciar das outras (Tabelas 13, 14, 16, 17, 19 e 20).

**Tabela 12.** Estatística descritiva das características agronômicas das plantas de soja, cv. BMX Desafio RR, na densidade de semeadura maior e em função das três zonas de manejo estabelecidas. Diâmetro de caule (DC; mm), Número de nós por planta (NN), Número de ramos secundários que produziram sementes (NRS), Altura de planta (Alt.pl; cm), Altura de inserção do primeiro legume (Alt.1ºLeg; cm), Legumes sem sementes por planta (LSS), Legumes com uma semente por planta (L1S), Legumes com duas sementes por planta (L2S), Legumes com três sementes por planta (L3S), Legumes com quatro sementes por planta (L4S).

Atributo	Zona de Manejo	Média	Mediana	Valor		Desvio Padrão	Coeficiente de variação (%)
				Mínimo	Máximo		
DC	ZM-1	6,49	6,56	5,63	7,38	0,54	8,27
	ZM-2	6,54	6,37	5,63	7,57	0,56	8,49
	ZM-3	6,53	6,45	5,86	7,15	0,39	5,92
NN	ZM-1	12,13	12,29	10,43	13,14	0,91	7,54
	ZM-2	12,85	12,86	9,71	15,00	1,36	10,61
	ZM-3	12,63	12,57	11,14	14,14	0,74	5,85
NRS	ZM-1	1,13	1,21	0,43	1,57	0,37	32,99
	ZM-2	1,02	1,14	0,29	1,86	0,45	43,78
	ZM-3	1,03	1,00	0,43	1,86	0,51	49,27
Alt.pl	ZM-1	68,81	68,54	63,57	74,93	3,54	5,15
	ZM-2	70,92	71,36	67,00	75,71	2,66	3,75
	ZM-3	70,73	70,50	63,64	81,86	5,35	7,57
Alt.1ºLeg.	ZM-1	11,31	11,25	9,93	12,71	0,89	7,90
	ZM-2	10,84	10,71	8,86	12,57	1,23	11,33
	ZM-3	10,55	10,64	8,79	11,53	0,75	7,15
LSS	ZM-1	0,04	0,00	0,00	0,14	0,07	164,08
	ZM-2	0,07	0,00	0,00	0,29	0,09	143,05
	ZM-3	0,04	0,00	0,00	0,29	0,09	204,89
L1S	ZM-1	1,13	1,14	0,14	2,29	0,68	60,07
	ZM-2	1,47	1,57	0,29	2,71	0,63	42,54
	ZM-3	1,51	1,43	0,57	3,29	0,66	43,76
L2S	ZM-1	8,21	8,57	4,43	11,00	1,80	21,89
	ZM-2	9,48	9,14	6,00	12,57	1,86	19,60
	ZM-3	9,00	8,71	6,86	11,43	1,39	15,44
L3S	ZM-1	16,29	16,43	12,71	19,86	2,29	14,06
	ZM-2	17,45	16,57	12,86	24,71	3,59	20,58
	ZM-3	16,13	15,86	13,14	22,29	2,39	14,79
L4S	ZM-1	1,92	1,71	0,86	3,43	0,68	35,26
	ZM-2	2,07	2,00	0,43	4,43	1,05	50,60
	ZM-3	1,86	1,71	1,29	2,86	0,46	24,93

**Tabela 13.** Estatística descritiva das características das plantas e sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, na densidade de semeadura maior e em função das três zonas de manejo estabelecidas. Legumes com sementes por planta (LCS), Sementes por planta (SP), Peso de mil sementes (PMS; g), Massa de sementes por planta (PS; g pl<sup>-1</sup>), Massa de sementes por metro linear (PS.m<sup>-1</sup>; g m<sup>-1</sup>), Rendimento (Rend.; t ha<sup>-1</sup>), Peso do hectolitro (PHL; kg), Semente retida na peneira 7,0 mm (P7; %), Semente retida na peneira 6,5 mm (P6,5; %), Semente retida na peneira 6,0 mm (P6; %), Semente retida na peneira 5,5 mm (P5,5; %).

Atributo	Zona de Manejo	Média	Mediana	Valor		Desvio Padrão	Coeficiente de variação (%)
				Mínimo	Máximo		
LCS	ZM-1	27,55	27,93	19,86	33,14	4,11	14,91
	ZM-2	30,47	29,86	21,14	42,14	5,76	18,92
	ZM-3	28,49	28,29	24,43	35,86	2,93	10,27
SP	ZM-1	74,09	74,86	55,57	88,29	10,62	14,33
	ZM-2	81,06	79,57	55,43	113,57	16,24	20,03
	ZM-3	75,33	73,57	65,00	96,71	8,07	10,71
PMS	ZM-1	175,01	174,22	166,44	185,25	5,58	3,19
	ZM-2	175,19	175,09	165,55	185,86	4,97	2,83
	ZM-3	173,78	173,45	164,18	189,63	6,73	3,87
PSP	ZM-1	12,97	13,34	9,81	15,17	1,92	14,81
	ZM-2	14,17	13,83	9,78	18,80	2,64	18,60
	ZM-3	13,08	12,90	11,07	15,88	1,32	10,09
PS.m <sup>-1</sup>	ZM-1	264,63	272,06	200,04	309,51	39,19	14,81
	ZM-2	289,02	282,20	199,60	383,55	53,77	18,60
	ZM-3	266,79	263,11	225,87	323,92	26,91	10,09
Rend.	ZM-1	5,88	6,05	4,45	6,88	0,87	14,81
	ZM-2	6,42	6,27	4,44	8,52	1,19	18,60
	ZM-3	5,93	5,85	5,02	7,20	0,60	10,09
PHL	ZM-1	67,79	67,84	66,29	68,76	0,78	1,15
	ZM-2	67,83	67,85	66,48	69,11	0,81	1,19
	ZM-3	67,82	67,69	66,89	69,23	0,71	1,05
P7	ZM-1	16,79	16,16	10,33	24,63	4,21	25,09
	ZM-2	15,73	13,25	9,83	27,99	5,99	38,09
	ZM-3	16,80	15,41	2,19	36,72	9,22	54,88
P6,5	ZM-1	51,09	51,71	44,70	53,82	2,37	4,64
	ZM-2	51,53	52,00	46,60	53,81	2,46	4,77
	ZM-3	51,00	51,77	31,06	60,44	6,70	13,13
P6	ZM-1	26,76	26,79	20,49	34,78	3,96	14,80
	ZM-2	27,48	28,35	17,41	35,19	4,81	17,49
	ZM-3	26,71	26,81	19,67	38,80	5,45	20,42
P5,5	ZM-1	4,76	4,65	3,01	8,00	1,32	27,65
	ZM-2	4,70	4,43	2,07	7,79	1,53	32,50
	ZM-3	4,90	5,19	2,75	6,96	1,51	30,84

**Tabela 14.** Estatística descritiva das características de sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, na densidade de semeadura maior e em função das três zonas de manejo estabelecidas. Semente retida na peneira 5,0 mm (P5; %), Semente menor do que a peneira 5,0 mm (P<5; %), Vigor de sementes por tetrazólio (VIGOR; %), Viabilidade de sementes por tetrazólio (VIAB.; %), Dano por umidade nas classes 1 até 8 no teste de tetrazólio (DU 1-8; %), Dano por umidade nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %), Dano mecânico nas classes 1 até 8 no teste de tetrazólio (DU 1-8; %), Dano mecânico nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %), Dano por percevejos nas classes 1 até 8 no teste de tetrazólio (DU 1-8; %) e Dano por percevejos nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %).

Atributo	Zona de Manejo	Média	Mediana	Valor		Desvio Padrão	Coeficiente de variação (%)
				Mínimo	Máximo		
P5	ZM-1	0,57	0,51	0,31	1,20	0,24	42,15
	ZM-2	0,55	0,57	0,14	1,13	0,29	51,88
	ZM-3	0,57	0,65	0,04	0,93	0,27	47,28
P<5	ZM-1	0,03	0,03	0,00	0,08	0,03	101,07
	ZM-2	0,02	0,00	0,00	0,12	0,03	209,19
	ZM-3	0,03	0,02	0,00	0,08	0,03	93,40
VIGOR	ZM-1	58	59	30	77	13,75	23,59
	ZM-2	60	60	36	79	12,54	20,95
	ZM-3	60	60	40	81	10,54	17,51
VIABILIDADE	ZM-1	70	70	46	84	10,77	15,44
	ZM-2	73	72	53	91	11,33	15,49
	ZM-3	73	74	50	92	12,05	16,53
DU 1-8	ZM-1	91	93	81	97	5,45	5,98
	ZM-2	90	91	74	99	7,38	8,22
	ZM-3	95	96	89	99	3,04	3,20
DU 6-8	ZM-1	30	28	16	54	11,05	37,28
	ZM-2	25	22	7	47	10,46	42,50
	ZM-3	27	26	8	50	12,04	44,60
DM 1-8	ZM-1	2	0	0	8	2,68	178,79
	ZM-2	2	1	0	8	3,09	134,01
	ZM-3	0	0	0	1	0,38	244,10
DM 6-8	ZM-1	1	0	0	5	1,40	244,75
	ZM-2	1	1	0	4	1,41	121,78
	ZM-3	0	0	0	1	0,28	360,56
DP 1-8	ZM-1	3	2	0	9	2,50	97,33
	ZM-2	4	1	0	22	6,12	153,09
	ZM-3	2	1	0	7	2,33	120,95
DP 6-8	ZM-1	1	0	0	2	0,84	130,96
	ZM-2	1	0	0	3	0,95	136,84
	ZM-3	1	0	0	4	1,12	182,15

**Tabela 15.** Estatística descritiva das características agronômicas das plantas de soja, cv. BMX Desafio RR, na densidade de semeadura padrão e em função das três zonas de manejo estabelecidas. Diâmetro de caule (DC; mm), Número de nós por planta (NN), Número de ramos secundários que produziram sementes (NRS), Altura de planta (Alt.pl; cm), Altura de inserção do primeiro legume (Alt.1ºLeg; cm), Legumes sem sementes por planta (LSS), Legumes com uma semente por planta (L1S), Legumes com duas sementes por planta (L2S), Legumes com três sementes por planta (L3S), Legumes com quatro sementes por planta (L4S).

Atributo	Zona de Manejo	Média	Mediana	Valor		Desvio Padrão	Coeficiente de variação (%)
				Mínimo	Máximo		
DC	ZM-1	6,98	7,10	5,78	7,84	0,59	8,40
	ZM-2	7,18	7,31	6,05	8,07	0,64	8,92
	ZM-3	7,32	7,27	6,67	7,98	0,38	5,20
NN	ZM-1	12,75	12,86	10,43	13,86	0,94	7,38
	ZM-2	12,66	12,71	10,71	14,71	1,06	8,37
	ZM-3	13,14	13,29	11,57	13,86	0,73	5,52
NRS	ZM-1	1,26	1,29	0,57	2,00	0,44	34,80
	ZM-2	1,20	1,29	0,00	2,86	0,82	68,35
	ZM-3	1,31	1,29	0,86	2,29	0,44	33,68
Alt.pl	ZM-1	70,17	70,50	64,36	75,86	3,37	4,80
	ZM-2	70,62	70,18	60,79	80,57	6,15	8,71
	ZM-3	72,36	72,36	67,36	77,93	3,01	4,17
Alt.1ºLeg.	ZM-1	10,24	10,43	8,93	11,50	0,83	8,12
	ZM-2	10,54	10,36	8,57	13,07	1,14	10,83
	ZM-3	10,20	10,29	8,64	11,71	0,88	8,62
LSS	ZM-1	0,04	0,00	0,00	0,14	0,07	156,12
	ZM-2	0,02	0,00	0,00	0,14	0,05	254,20
	ZM-3	0,06	0,00	0,00	0,29	0,10	151,26
L1S	ZM-1	1,84	1,71	1,00	3,00	0,69	37,72
	ZM-2	1,60	1,43	1,00	2,57	0,56	35,18
	ZM-3	1,60	1,71	0,57	2,57	0,72	44,86
L2S	ZM-1	10,32	10,43	7,29	12,71	1,54	14,88
	ZM-2	9,61	10,00	4,29	12,29	2,52	26,18
	ZM-3	10,51	10,00	7,57	13,00	1,97	18,76
L3S	ZM-1	17,30	18,14	13,00	20,29	2,25	12,99
	ZM-2	18,92	19,14	14,00	25,86	3,59	18,98
	ZM-3	17,60	18,29	13,86	21,57	2,62	14,91
L4S	ZM-1	1,92	2,00	0,57	3,71	0,76	39,50
	ZM-2	2,23	2,43	1,14	2,86	0,55	24,65
	ZM-3	2,70	2,86	1,57	3,57	0,61	22,62



**Tabela 16.** Estatística descritiva das características das plantas e sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, na densidade de semeadura padrão e em função das três zonas de manejo estabelecidas. Legumes com sementes por planta (LCS), Sementes por planta (SP), Peso de mil sementes (PMS; g), Massa de sementes por planta (PS; g pl<sup>-1</sup>), Massa de sementes por metro linear (PS.m<sup>-1</sup>; g m<sup>-1</sup>), Rendimento (Rend.; t ha<sup>-1</sup>), Peso do hectolitro (PHL; kg), Semente retida na peneira 7,0 mm (P7; %), Semente retida na peneira 6,5 mm (P6,5; %), Semente retida na peneira 6,0 mm (P6; %), Semente retida na peneira 5,5 mm (P5,5; %).

Atributo	Zona de Manejo	Média	Mediana	Valor		Desvio Padrão	Coeficiente de variação (%)
				Mínimo	Máximo		
LCS	ZM-1	31,37	31,71	25,86	36,29	3,14	10,00
	ZM-2	32,37	32,29	22,00	41,43	5,87	18,13
	ZM-3	32,40	32,86	25,43	38,14	4,06	12,54
SP	ZM-1	82,05	84,29	64,86	94,14	8,65	10,54
	ZM-2	86,52	87,14	61,57	112,86	15,78	18,24
	ZM-3	86,21	87,71	67,86	103,29	10,60	12,30
PMS	ZM-1	168,62	170,06	160,70	177,13	5,73	3,40
	ZM-2	170,34	171,84	159,42	176,85	5,41	3,17
	ZM-3	167,53	167,56	160,90	173,72	4,77	2,85
PSP	ZM-1	13,85	14,08	10,48	16,17	1,64	11,87
	ZM-2	14,71	15,33	10,56	18,84	2,54	17,27
	ZM-3	14,42	14,54	11,69	17,31	1,67	11,57
PS.m <sup>-1</sup>	ZM-1	246,51	250,65	186,61	287,86	29,27	11,87
	ZM-2	261,78	272,81	187,97	335,33	45,20	17,27
	ZM-3	256,72	258,88	208,10	308,05	29,71	11,57
Rend.	ZM-1	5,48	5,57	4,15	6,40	0,65	11,87
	ZM-2	5,82	6,06	4,18	7,45	1,00	17,27
	ZM-3	5,70	5,75	4,62	6,85	0,66	11,57
PHL	ZM-1	69,64	69,30	67,41	72,15	1,41	2,03
	ZM-2	68,97	69,06	66,20	70,54	1,12	1,62
	ZM-3	68,70	68,77	67,55	69,88	0,70	1,02
P7	ZM-1	10,83	10,44	5,03	15,75	3,46	31,96
	ZM-2	12,29	10,97	5,63	23,31	4,73	38,50
	ZM-3	8,60	9,05	4,19	14,74	3,30	38,34
P6,5	ZM-1	52,02	49,64	42,90	69,26	7,54	14,50
	ZM-2	49,45	49,83	43,66	60,34	4,47	9,05
	ZM-3	49,24	48,68	41,25	59,79	5,88	11,93
P6	ZM-1	29,15	30,88	13,92	37,32	6,71	23,02
	ZM-2	30,73	31,03	25,16	37,41	3,98	12,95
	ZM-3	33,75	32,55	27,36	43,26	5,17	15,33
P5,5	ZM-1	7,00	6,96	4,21	10,11	1,55	22,11
	ZM-2	6,68	6,30	4,30	11,56	1,77	26,52
	ZM-3	7,31	7,35	4,62	11,32	2,30	31,50

**Tabela 17.** Estatística descritiva das características de sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, na densidade de semeadura padrão e em função das três zonas de manejo estabelecidas. Semente retida na peneira 5,0 mm (P5; %), Semente menor do que a peneira 5,0 mm (P<5; %), Vigor de sementes por tetrazólio (VIGOR; %), Viabilidade de sementes por tetrazólio (VIAB.; %), Dano por umidade nas classes 1 até 8 no teste de tetrazólio (DU 1-8; %), Dano por umidade nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %), Dano mecânico nas classes 1 até 8 no teste de tetrazólio (DU 1-8; %), Dano mecânico nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %), Dano por percevejos nas classes 1 até 8 no teste de tetrazólio (DU 1-8; %) e Dano por percevejos nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %).

Atributo	Zona de Manejo	Média	Mediana	Valor		Desvio Padrão	Coeficiente de variação (%)
				Mínimo	Máximo		
P5	ZM-1	0,97	0,95	0,48	1,48	0,30	30,73
	ZM-2	0,82	0,73	0,53	1,65	0,29	35,24
	ZM-3	1,06	1,01	0,52	2,19	0,47	44,12
P<5	ZM-1	0,04	0,04	0,00	0,10	0,03	65,74
	ZM-2	0,04	0,03	0,00	0,09	0,03	85,09
	ZM-3	0,05	0,04	0,00	0,19	0,05	101,76
VIGOR	ZM-1	69	71	49	88	11,37	16,39
	ZM-2	73	72	61	85	7,39	10,06
	ZM-3	66	69	50	78	9,02	13,67
VIABILIDADE	ZM-1	82	81	62	95	8,38	10,22
	ZM-2	85	83	76	98	6,62	7,82
	ZM-3	81	81	67	95	8,48	10,46
DU 1-8	ZM-1	93	94	86	98	3,77	4,06
	ZM-2	91	91	80	99	6,27	6,90
	ZM-3	94	95	88	100	3,28	3,48
DU 6-8	ZM-1	18	19	4	37	8,38	47,37
	ZM-2	15	16	2	24	6,74	44,91
	ZM-3	19	19	5	33	8,48	44,84
DM 1-8	ZM-1	1	1	0	3	1,15	115,47
	ZM-2	3	2	0	18	5,11	149,04
	ZM-3	1	1	0	5	1,48	148,32
DM 6-8	ZM-1	0	0	0	1	0,51	131,66
	ZM-2	1	0	0	4	1,41	164,08
	ZM-3	0	0	0	0	0,00	0,00
DP 1-8	ZM-1	2	2	0	4	1,11	65,56
	ZM-2	2	2	0	4	1,34	81,34
	ZM-3	2	1	0	7	1,97	103,32
DP 6-8	ZM-1	0	0	0	2	0,65	169,12
	ZM-2	0	0	0	1	0,47	164,08
	ZM-3	0	0	0	1	0,50	138,74

**Tabela 18.** Estatística descritiva das características agronômicas das plantas de soja, cv. BMX Desafio RR, na densidade de semeadura menor e em função das três zonas de manejo estabelecidas. Diâmetro de caule (DC; mm), Número de nós por planta (NN), Número de ramos secundários que produziram sementes (NRS), Altura de planta (Alt.pl; cm), Altura de inserção do primeiro legume (Alt.1ºLeg; cm), Legumes sem sementes por planta (LSS), Legumes com uma semente por planta (L1S), Legumes com duas sementes por planta (L2S), Legumes com três sementes por planta (L3S), Legumes com quatro sementes por planta (L4S).

Atributo	Zona de Manejo	Média	Mediana	Valor		Desvio Padrão	Coeficiente de variação (%)
				Mínimo	Máximo		
DC	ZM-1	7,64	7,45	6,96	8,98	0,57	7,48
	ZM-2	7,39	7,44	5,91	8,36	0,75	10,21
	ZM-3	7,38	7,66	5,33	8,26	0,81	10,96
NN	ZM-1	13,19	13,29	11,43	14,29	0,79	5,97
	ZM-2	13,09	13,43	10,71	14,29	1,07	8,21
	ZM-3	12,97	13,43	9,14	15,00	1,58	12,15
NRS	ZM-1	1,67	1,71	0,86	2,29	0,39	23,26
	ZM-2	1,51	1,71	0,86	2,14	0,45	30,16
	ZM-3	1,22	1,14	0,14	2,14	0,50	41,02
Alt.pl	ZM-1	69,02	69,21	63,00	75,79	3,77	5,46
	ZM-2	71,23	71,79	60,71	76,86	4,20	5,90
	ZM-3	73,27	72,43	68,36	81,71	4,09	5,58
Alt.1ºLeg.	ZM-1	9,41	9,21	8,14	11,64	0,94	10,00
	ZM-2	10,27	10,07	7,93	12,50	1,25	12,12
	ZM-3	10,12	10,03	7,86	12,29	1,26	12,45
LSS	ZM-1	0,14	0,14	0,00	0,57	0,15	108,01
	ZM-2	0,10	0,14	0,00	0,29	0,09	91,06
	ZM-3	0,04	0,00	0,00	0,14	0,07	156,12
L1S	ZM-1	2,34	2,29	1,00	4,29	0,95	40,53
	ZM-2	1,93	1,86	0,71	3,14	0,72	37,13
	ZM-3	1,91	1,71	0,86	3,14	0,77	40,53
L2S	ZM-1	10,98	11,14	5,43	13,00	2,10	19,12
	ZM-2	11,16	10,86	7,14	16,43	2,08	18,63
	ZM-3	10,25	10,14	7,14	13,86	1,93	18,82
L3S	ZM-1	19,32	19,57	15,57	23,86	2,33	12,08
	ZM-2	19,33	20,43	13,43	23,86	3,54	18,30
	ZM-3	17,90	19,29	9,86	22,14	3,87	21,62
L4S	ZM-1	2,42	2,29	1,43	3,86	0,85	35,00
	ZM-2	1,98	2,00	0,86	3,14	0,73	36,90
	ZM-3	2,55	2,43	0,71	4,71	1,07	41,80

**Tabela 19.** Estatística descritiva das características das plantas e sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, na densidade de semeadura menor e em função das três zonas de manejo estabelecidas. Legumes com sementes por planta (LCS), Sementes por planta (SP), Peso de mil sementes (PMS; g), Massa de sementes por planta (PS; g pl<sup>-1</sup>), Massa de sementes por metro linear (PS.m<sup>-1</sup>; g m<sup>-1</sup>), Rendimento (Rend.; t ha<sup>-1</sup>), Peso do hectolitro (PHL; kg), Semente retida na peneira 7,0 mm (P7; %), Semente retida na peneira 6,5 mm (P6,5; %), Semente retida na peneira 6,0 mm (P6; %), Semente retida na peneira 5,5 mm (P5,5; %).

Atributo	Zona de Manejo	Média	Mediana	Valor		Desvio Padrão	Coeficiente de variação (%)
				Mínimo	Máximo		
LCS	ZM-1	35,05	34,43	25,86	40,57	3,92	11,17
	ZM-2	34,41	35,00	25,00	44,14	5,42	15,74
	ZM-3	32,62	35,71	19,86	38,14	5,65	17,33
SP	ZM-1	91,92	91,00	74,00	106,71	9,15	9,95
	ZM-2	90,17	94,14	63,86	112,29	14,98	16,61
	ZM-3	86,32	94,57	48,86	104,00	16,59	19,22
PMS	ZM-1	172,32	171,29	162,00	179,71	4,72	2,74
	ZM-2	173,56	174,59	164,53	181,02	4,70	2,71
	ZM-3	173,05	173,07	163,36	183,86	5,87	3,39
PSP	ZM-1	15,85	15,37	12,63	18,60	1,71	10,82
	ZM-2	15,66	16,09	10,90	19,46	2,69	17,17
	ZM-3	14,92	16,06	8,67	17,96	2,84	19,01
PS.m <sup>-1</sup>	ZM-1	255,14	247,49	203,29	299,54	27,60	10,82
	ZM-2	252,13	259,03	175,45	313,36	43,30	17,17
	ZM-3	240,21	258,50	139,57	289,13	45,66	19,01
Rend.	ZM-1	5,67	5,50	4,52	6,66	0,61	10,82
	ZM-2	5,60	5,76	3,90	6,96	0,96	17,17
	ZM-3	5,34	5,74	3,10	6,42	1,01	19,01
PHL	ZM-1	67,82	67,81	66,34	69,29	0,86	1,26
	ZM-2	68,09	68,01	66,89	69,29	0,78	1,14
	ZM-3	68,65	68,48	66,99	70,02	1,01	1,47
P7	ZM-1	10,77	11,18	5,20	17,67	4,29	39,86
	ZM-2	12,57	13,01	7,53	15,35	2,56	20,36
	ZM-3	12,76	13,70	5,61	19,37	4,52	35,44
P6,5	ZM-1	50,72	50,65	43,92	56,16	3,98	7,84
	ZM-2	53,40	52,39	48,31	60,79	4,37	8,19
	ZM-3	52,34	52,33	45,42	58,25	3,48	6,65
P6	ZM-1	31,23	29,82	25,28	39,74	4,31	13,80
	ZM-2	27,75	28,39	21,98	32,74	3,31	11,93
	ZM-3	28,70	27,98	22,32	39,69	4,76	16,60
P5,5	ZM-1	6,41	6,23	4,61	9,11	1,64	25,63
	ZM-2	5,45	5,56	3,54	6,55	0,97	17,82
	ZM-3	5,50	5,12	3,27	8,42	1,62	29,42

**Tabela 20.** Estatística descritiva das características de sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, na densidade de semeadura menor e em função das três zonas de manejo estabelecidas. Semente retida na peneira 5,0 mm (P5; %), Semente menor do que a peneira 5,0 mm (P<5; %), Vigor de sementes por tetrazólio (VIGOR; %), Viabilidade de sementes por tetrazólio (VIAB.; %), Dano por umidade nas classes 1 até 8 no teste de tetrazólio (DU 1-8; %), Dano por umidade nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %), Dano mecânico nas classes 1 até 8 no teste de tetrazólio (DU 1-8; %), Dano mecânico nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %), Dano por percevejos nas classes 1 até 8 no teste de tetrazólio (DU 1-8; %) e Dano por percevejos nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %).

Atributo	Zona de Manejo	Média	Mediana	Valor		Desvio Padrão	Coeficiente de variação (%)
				Mínimo	Máximo		
P5	ZM-1	0,83	0,74	0,45	1,54	0,32	38,65
	ZM-2	0,79	0,77	0,56	1,11	0,20	24,62
	ZM-3	0,67	0,59	0,41	0,93	0,20	30,28
P<5	ZM-1	0,04	0,04	0,01	0,11	0,03	71,19
	ZM-2	0,04	0,04	0,00	0,09	0,03	79,39
	ZM-3	0,03	0,01	0,00	0,10	0,03	122,93
VIGOR	ZM-1	60	58	46	72	9,38	15,73
	ZM-2	62	64	46	79	9,57	15,36
	ZM-3	63	64	51	76	7,03	11,24
VIABILIDADE	ZM-1	74	76	58	90	8,97	12,12
	ZM-2	75	74	65	83	5,37	7,18
	ZM-3	75	74	61	87	8,21	10,94
DU 1-8	ZM-1	92	92	86	98	3,71	4,03
	ZM-2	91	93	72	97	6,67	7,34
	ZM-3	95	95	90	99	2,99	3,14
DU 6-8	ZM-1	27	24	10	42	9,12	34,07
	ZM-2	24	24	15	35	6,28	26,35
	ZM-3	25	25	13	39	8,09	32,45
DM 1-8	ZM-1	1	0	0	3	1,11	160,25
	ZM-2	2	0	0	8	2,95	128,04
	ZM-3	1	0	0	2	0,78	144,16
DM 6-8	ZM-1	0	0	0	1	0,28	360,56
	ZM-2	1	0	0	5	1,81	123,71
	ZM-3	0	0	0	2	0,65	169,12
DP 1-8	ZM-1	2	2	0	3	1,04	53,96
	ZM-2	2	2	0	6	2,15	87,16
	ZM-3	1	1	0	3	0,95	103,36
DP 6-8	ZM-1	0	0	0	0	0,00	0,00
	ZM-2	0	0	0	1	0,48	156,12
	ZM-3	0	0	0	1	0,28	360,56

Na Tabela 21 são apresentados os resultados da análise geoestatística das variáveis que apresentaram dependência espacial dentro de cada densidade estudada. Vale a pena ressaltar que, na densidade de semeadura maior, todas as variáveis apresentaram resposta de efeito pepita puro, indicando que a variação apresentada acontece de forma aleatória e não pode ser explicada em função da localização geográfica e da distância.

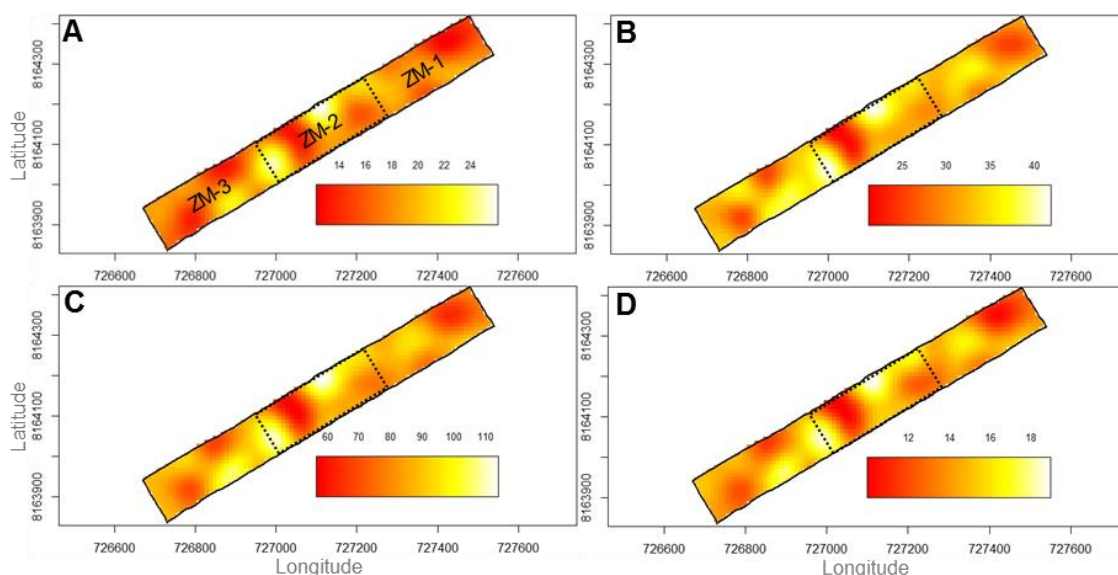
Todas as variáveis, tanto na densidade de semeadura padrão quanto na densidade de semeadura menor, apresentaram avaliadores de dependência espacial (ADE) de 0%, indicando uma forte dependência espacial, segundo a classificação realizada por Cambardella et al. (1994). Esse valor se deve a que em todos os modelos ajustados o efeito pepita foi zero, o qual indica a baixa aleatoriedade na variação dos dados, conforme Silva et al. (1989).

Referente aos alcances ajustados, observa-se que todos foram maiores do que 45 m, distância mínima entre pontos de amostragem. Esse resultado indica que a malha de amostragem utilizada no experimento foi adequada.

**Tabela 21.** Modelos geoestatísticos e avaliador de dependência espacial (ADE) das características das plantas e sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, que apresentaram dependência espacial, em função das diferentes densidades de semeadura. Legumes com três sementes por planta (L3S), Legumes com sementes por planta (LCS), Sementes por planta (SP), Massa de sementes por planta (PS; g pl<sup>-1</sup>), Massa de sementes por metro linear (PS.m<sup>-1</sup>; g m<sup>-1</sup>), Rendimento (Rend.; t ha<sup>-1</sup>), Vigor de sementes por tetrazólio (VIGOR; %).

Atributo	Modelo	Média ( $\mu$ )	Efeito pepita ( $\tau^2$ )	Patamar ( $\sigma^2$ )	Alcance ( $\Phi$ )	ADE (%)
<i>Densidade de semeadura maior</i>						
Efeito pepita puro para todas as variáveis						
<i>Densidade de semeadura padrão</i>						
L3S	Gaussiano	17,87	0,00	9,00	56,37	0,00
LCS	Gaussiano	32,29	0,00	19,26	49,05	0,00
SP	Gaussiano	85,54	0,00	147,20	56,01	0,00
PS	Gaussiano	14,38	0,00	4,04	54,90	0,00
PS.m <sup>-1</sup>	Gaussiano	256,00	0,00	1280,00	54,90	0,00
Rend.	Gaussiano	5,69	0,00	0,63	54,90	0,00
VIGOR	Gaussiano	68,74	0,00	94,46	50,40	0,00
<i>Densidade de semeadura menor</i>						
VIGOR	Gaussiano	61,47	0,00	75,69	55,80	0,00

Nas Figuras 9 e 10 se apresentam os modelos digitais das variáveis que apresentaram dependência espacial na densidade de semeadura padrão. Na Figura 9A se apresenta o resultado do número de legumes com três sementes por planta. Pode-se observar que não existe uma tendência clara que diferencie uma zona de manejo da outra, o que pode ser corroborado ao observar os valores médio, mínimo e máximo apresentados na Tabela 15. A zona de manejo 1 apresentou um valor médio de 17,3 legumes  $pl^{-1}$ , com valor mínimo e máximo de 13,00 e 26,29 legumes  $pl^{-1}$ , respectivamente. A zona de manejo 2 apresentou média de 18,92 legumes  $pl^{-1}$  com valor mínimo e máximo de 14,00 e 25,86 legumes  $pl^{-1}$ , respectivamente. Já a zona de manejo 3 apresentou valor médio, mínimo e máximo de 17,60; 13,86 e 21,57 legumes  $pl^{-1}$ , respectivamente.



**Figura 9.** Modelos digitais obtidos por krigagem das características das plantas e sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, que apresentaram dependência espacial na densidade de semeadura padrão. A) Legumes com três sementes por planta (L3S), B) Legumes com sementes por planta (LCS), C) Sementes por planta (SP) e D) Peso de sementes por planta (PS;  $g\ pl^{-1}$ ). ZM-1: Zona de manejo 1, ZM-2: Zona de manejo 2, ZM-3: Zona de manejo 3.

Na Figura 9B é apresentado o modelo digital do número de legumes com sementes por planta na densidade de semeadura padrão. Observa-se que a distribuição espacial dessa variável é muito similar à observada no número de legumes com três sementes por planta (Figura 9A), identificando os mesmos locais

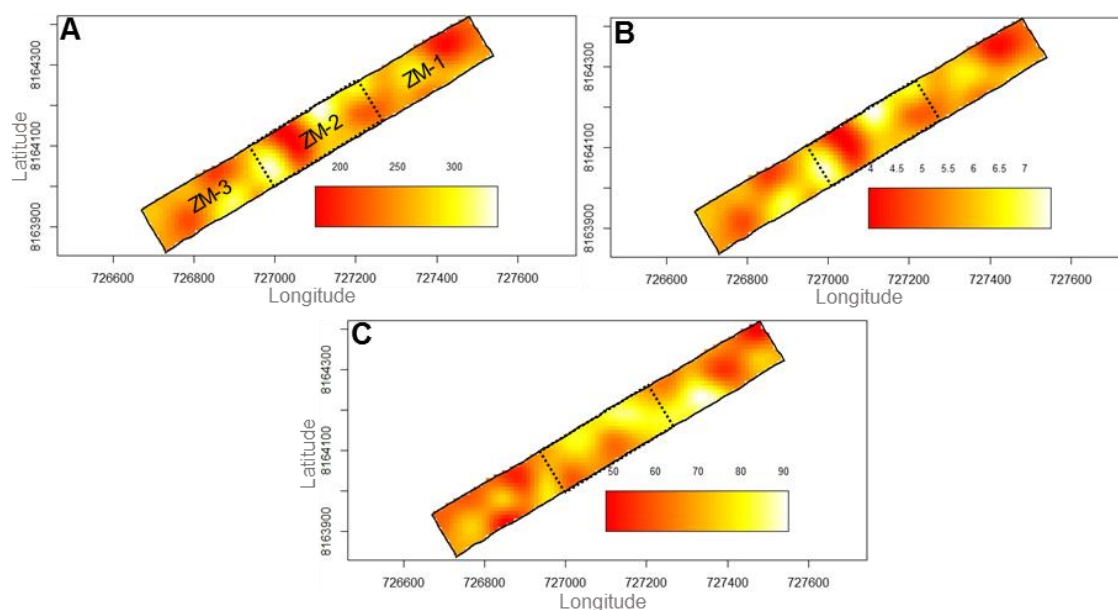
onde se observaram os maiores e menores valores. Igualmente, não se nota uma diferença clara entre as zonas de manejo estabelecidas, observando-se médias de 31,37; 32,37 e 32,40 legumes  $\text{pl}^{-1}$  nas zonas de manejo ZM-1, ZM-2 e ZM-3, respectivamente.

Nas Figuras 9C e 9D são mostrados os modelos digitais do número de sementes por planta e da massa de sementes por planta e nas Figuras 10A e 10B são apresentados os mapas da massa de sementes por metro linear e rendimento. Nesses quatro mapas se observa um comportamento idêntico ao descrito anteriormente nas Figuras 9A e 9B, sendo visíveis uma série de manchas ao longo da faixa que apresentam os menores valores observados e que coincidem em todos os mapas apresentados.

Referente ao rendimento de sementes (Figura 10B), ao igual que os demais componentes do rendimento apresentados anteriormente, não se observa uma diferencia clara entre zonas de manejo, sendo que a ZM-1 apresentou uma média de 5,48  $\text{t ha}^{-1}$  com valor mínimo e máximo de 4,15 e 6,40  $\text{t ha}^{-1}$ , respectivamente. A ZM-2 apresentou média de 5,82  $\text{t ha}^{-1}$  com valor mínimo e máximo de 4,18 e 7,45  $\text{t ha}^{-1}$ , respectivamente, e a ZM-3 apresentou valor médio, mínimo e máximo de 5,76; 4,62 e 6,85  $\text{t ha}^{-1}$ , respectivamente (Tabela 16).

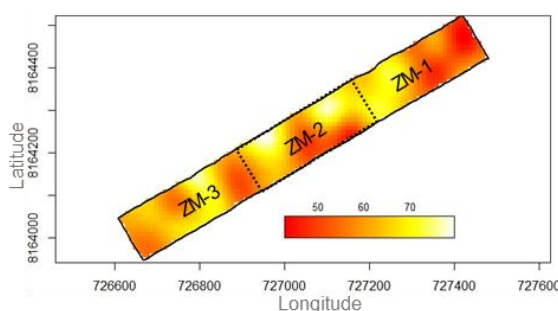
Na Figura 10C é apresentado o modelo digital do vigor das sementes obtido pelo teste de tetrazólio. Nesse mapa pode-se evidenciar uma ligeira tendência a se observar valores maiores na ZM-2, localizada no centro do campo e considerada de oferta ambiental média, do que nas outras duas zonas de manejo. Esse comportamento pode ser corroborado ao observar os valores apresentados na Tabela 17, observando médias de vigor de 69,38%, 73,43% e 66,00% para as zonas ZM-1, ZM-2 e ZM-3, respectivamente. Os respectivos valores mínimo e máximo observados foram de 49% e 88% para a ZM-1, de 61% e 85% para a ZM-2 e de 50% e 78% na ZM-3. (Tabela 17). Mattioni et al. (2011), em um campo de produção de sementes de soja encontrou valores de vigor mínimos, determinados através dos testes de primeira contagem de germinação e envelhecimento acelerado, de 37% e 30% respectivamente, sendo que os valores máximos observados nos mesmos testes foram de 75% e 89%, respectivamente.





**Figura 10.** Modelos digitais obtidos por krigagem das características das plantas e sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, que apresentaram dependência espacial na densidade de semeadura padrão. A) Massa de sementes por metro linear (PS.m<sup>-1</sup>; g m<sup>-1</sup>), B) Rendimento (Rend.; t ha<sup>-1</sup>) e C) Vigor de sementes por tetrazólio (VIGOR; %). ZM-1: Zona de manejo 1, ZM-2: Zona de manejo 2, ZM-3: Zona de manejo 3.

Na Figura 11 é apresentado o mapa da interpolação por krigagem do vigor de sementes na densidade de semeadura menor. Observa-se uma tendência de se encontrar maiores valores e em maior proporção na zona oeste da faixa, a qual corresponde a zona de manejo 3, considerada como de alta oferta ambiental. Os valores médio, mínimo e máximo de vigor observados nas diferentes zonas de manejo foram de 59,62; 46 e 72%, respectivamente para a ZM-1, de 62,31, 46 e 79% para ZM-2 e de 62,54%, 51% e 76% respectivamente para a ZM-3.



**Figura 11.** Modelo digital obtido por krigagem do vigor de sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, na densidade de semeadura menor. ZM-1: Zona de manejo 1, ZM-2: Zona de manejo 2, ZM-3: Zona de manejo 3.

Os resultados observados ao comparar as zonas de manejo dentro das diferentes densidades de semeadura testadas, permitem concluir que as zonas de manejo estabelecidas não tiveram efeito sobre as variáveis estudadas. Isso pode ter acontecido porque não foi considerada a variabilidade temporal do campo estudado, uma vez que o estudo contemplou somente duas safras. Molin (2002) relatou que a correta definição de zonas de manejo deve considerar a consistência temporal da variabilidade espacial, pelo que, o uso de mapas individuais para identificar zonas de manejo é bastante restritiva. Igualmente, Molin (2002), Milani et al. (2006), Suszek et al., (2011) e Santi et al. (2013), estabeleceram que a determinação de zonas de manejo com potenciais de produtividade diferentes deve ser realizada mediante o uso de vários mapas de produtividade, sendo mais eficiente a caracterização da variabilidade das lavouras. Por outro lado, deve-se considerar a situação climática desfavorável vivenciada no final do experimento, a qual influenciou em grande parte os resultados obtidos. Gris et al. (2010) relataram que os efeitos do ambiente durante o desenvolvimento, colheita, beneficiamento e armazenamento de sementes determinam a viabilidade das mesmas, a qual pode ser muito variável dependendo das condições às que a semente seja submetida durante esses períodos, e às características intrínsecas da cultivar. Igualmente, Castro et al. (2016) descreveram que o período entre a maturidade fisiológica e a maturidade de colheita é decisivo para a qualidade fisiológica das sementes, uma vez que nesse tempo podem ocorrer danos por umidade nas sementes devido a variação das condições de umidade relativa. Esses autores também relataram que os danos por umidade são mais fortes nas

regiões tropicais, uma vez que estas apresentam climas úmidos e quentes, o que acelera a deterioração das sementes.

Finalmente, para analisar o campo na sua totalidade, ou seja, observando a três zonas de manejo e as três densidades de semeadura ao mesmo tempo, apresentam-se os resultados da estatística descritiva das características agronômicas de plantas e sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, que apresentaram dependência espacial nas Tabelas 22 e 23. Observa-se que os maiores coeficientes de variação foram apresentados pelas variáveis porcentagem de sementes retidas na peneira de 7,0 mm (P7), 5,5 mm (P5,5) e 5,0 mm (P5), e o dano por umidade de sementes classificadas nas categorias 6-8 no teste de tetrazólio (DU 6-8). Como já foi mencionado anteriormente, nessas variáveis ocorreram muitos zeros dentro das repetições e os valores observados podem ter variações de mais do dobro entre uma repetição e outra, o que explica os altos CV observados.

Na Tabela 24 são apresentados os resultados da análise geoestatística das variáveis que apresentaram dependência espacial na totalidade da área, ou seja, observando o conjunto das três zonas de manejo e as três densidades de semeadura. Observa-se que as variáveis semente retida na peneira 7,0 mm e peso do hectolitro apresentaram uma dependência espacial classificada como forte, uma vez que seus avaliadores de dependência espacial foram menores a 25%, conforme com a classificação de Cambardella et al. (1994). As demais variáveis apresentaram uma dependência espacial moderada, de acordo com a classificação dos autores citados anteriormente.

Referente ao alcance observado nos modelos geoestatísticos ajustados, observa-se que todos são superiores de 45 m, distância mínima entre pontos amostrais, indicando que a malha usada para a amostragem foi adequada. Isso não foi observado na porcentagem de sementes retidas na peneira 7,0 mm, em que o alcance observado foi de 44,32 m, no entanto é um valor muito próximo a distância mínima.

**Tabela 22.** Estatística descritiva das características agrônômicas das plantas e sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, que apresentaram dependência espacial na totalidade do campo em função das diferentes densidades de semeadura usadas. Diâmetro de caule (DC; mm), Peso de mil sementes (PMS; g), Peso do hectolitro (PHL; kg), Semente retida na peneira 7,0 mm (P7; %), Semente retida na peneira 6,0 mm (P6; %), Semente retida na peneira 5,5 mm (P5,5; %), Semente retida na peneira 5,0 mm (P5; %),

Atributo	Densidade	Média	Mediana	Valor		Desvio Padrão	Coeficiente de variação (%)
				Mínimo	Máximo		
DC	Maior	6,52	6,48	5,63	7,57	0,49	7,47
	Padrão	7,16	7,24	5,78	8,07	0,55	7,66
	Menor	7,47	7,54	5,33	8,98	0,71	9,50
	Total	7,05	7,11	5,33	8,98	0,71	10,02
PMS	Maior	174,67	174,52	164,18	189,63	5,69	3,25
	Padrão	168,64	170,07	159,42	177,13	5,36	3,18
	Menor	172,98	172,67	162,00	183,86	5,01	2,90
	Total	172,09	172,54	159,42	189,63	5,8997	3,43
PHL	Maior	67,81	67,77	66,29	69,23	0,75	1,10
	Padrão	69,05	68,96	66,20	72,15	1,18	1,72
	Menor	68,19	68,10	66,34	70,02	0,93	1,36
	Total	68,35	68,20	66,20	72,15	1,0953	1,60
P7	Maior	16,45	15,54	2,19	36,72	6,59	40,03
	Padrão	10,43	10,09	4,19	23,31	4,21	40,43
	Menor	12,03	13,01	5,20	19,37	3,90	32,37
	Total	12,98	13,01	2,19	36,72	5,6281	43,37
P6	Maior	26,98	27,04	17,41	38,80	4,65	17,23
	Padrão	31,40	31,19	13,92	43,26	5,61	17,88
	Menor	29,23	28,86	21,98	39,74	4,33	14,80
	Total	29,20	28,81	13,92	43,26	5,1859	17,76
P5,5	Maior	4,78	4,55	2,07	8,00	1,42	29,58
	Padrão	7,09	6,67	4,21	11,56	1,91	26,94
	Menor	5,79	5,56	3,27	9,11	1,48	25,50
	Total	5,89	5,59	2,07	11,56	1,8635	31,65
P5	Maior	0,56	0,54	0,04	1,20	0,26	45,85
	Padrão	0,96	0,89	0,48	2,19	0,37	38,42
	Menor	0,77	0,74	0,41	1,54	0,25	32,78
	Total	0,76	0,73	0,04	2,19	0,3383	44,28

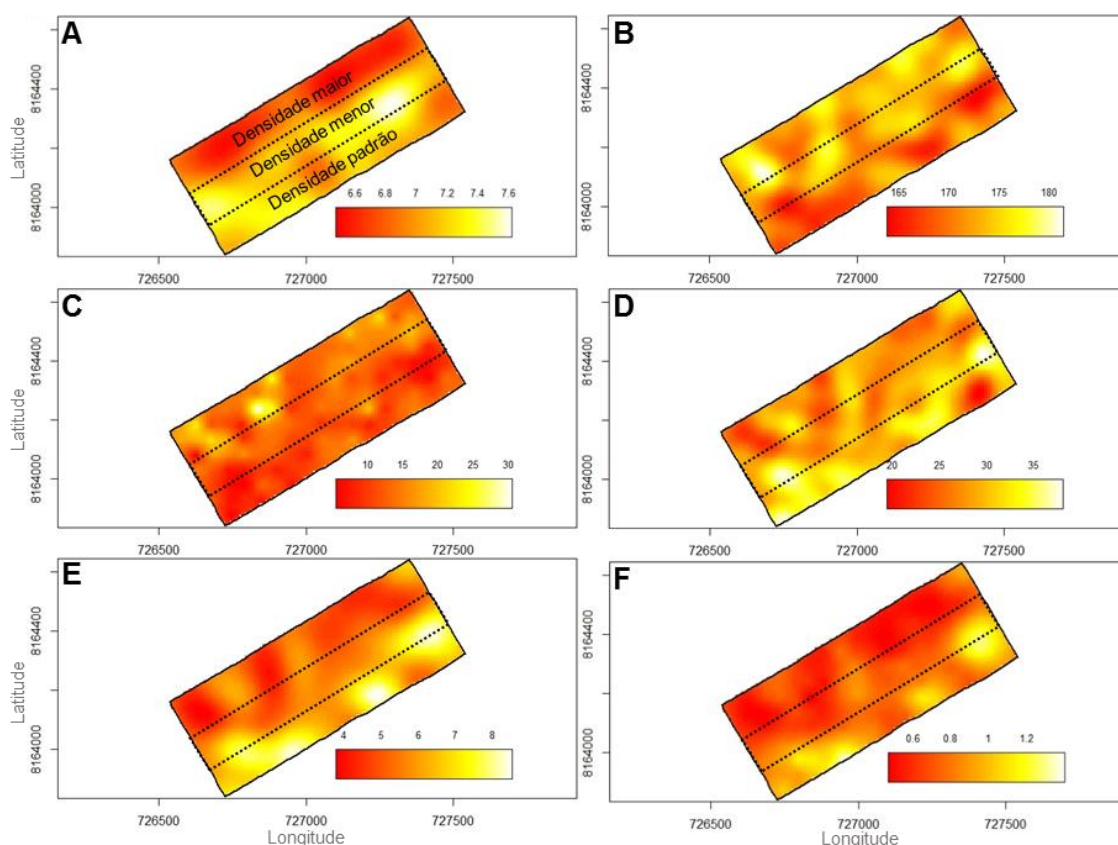
**Tabela 23.** Estatística descritiva da qualidade fisiológica de sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, que apresentaram dependência espacial na totalidade do campo em função das diferentes densidades de semeadura usadas. Vigor de sementes por tetrazólio (VIGOR; %), Viabilidade de sementes por tetrazólio (VIABILIDADE; %) e Dano por umidade nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %).

Atributo	Densidade	Média	Mediana	Valor		Desvio Padrão	Coeficiente de variação (%)
				Mínimo	Máximo		
VIGOR	Maior	59	60	30	81	12,10	20,35
	Padrão	70	71	49	88	9,52	13,70
	Menor	61	63	46	79	8,61	14,00
	Total	63	64	30	88	11,02	17,36
VIABILIDADE	Maior	72	74	46	92	11,20	15,58
	Padrão	83	82	62	98	7,57	9,16
	Menor	75	74	58	90	7,49	10,03
	Total	76	78	46	98	9,98	13,07
DU 6-8	Maior	27	26	7	54	11,11	40,91
	Padrão	17	18	2	37	7,63	44,55
	Menor	25	24	10	42	7,80	30,99
	Total	23	22	2	54	9,94	42,95

**Tabela 24.** Modelos geoestatísticos e avaliador de dependência espacial (ADE) das características das plantas e sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, que apresentaram dependência espacial na totalidade do campo. Diâmetro do caule (DC; mm), Peso de mil sementes (PMS; g), Semente retida na peneira 7,0 mm (P7; %), Semente retida na peneira 6,0 mm (P6; %), Semente retida na peneira 5,5 mm (P5,5; %), Semente retida na peneira 5,0 mm (P5; %), Peso do hectolitro (PHL; kg), Vigor de sementes por tetrazólio (VIGOR; %), Viabilidade de sementes por tetrazólio (VIAB.; %), Dano por umidade nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %).

Atributo	Modelo	Média ( $\mu$ )	Efeito pepita ( $\tau^2$ )	Patamar ( $\sigma^2$ )	Alcance ( $\Phi$ )	ADE (%)
DC	Gaussiano	7,02	0,37	0,13	103,79	73,77
PMS	Gaussiano	172,07	17,25	17,55	69,20	49,57
P7	Exponencial	13,12	4,96	26,48	44,32	15,79
P6	Gaussiano	29,31	10,66	16,79	61,36	38,83
P5,5	Gaussiano	5,93	1,81	1,66	91,77	52,10
P5	Esférico	0,78	0,05	0,06	207,65	46,39
PHL	Esférico	68,37	0,29	0,89	109,67	24,89
VIGOR	Exponencial	61,65	84,47	65,59	337,22	56,29
VIAB.	Exponencial	74,19	74,62	60,38	614,93	55,27
DU 6-8	Esférico	25,43	74,47	47,84	908,49	60,87

Na Figura 12A é apresentado o modelo digital, obtido por krigagem, do diâmetro de caule de plantas de soja, cv. BMX Desafio RR, na totalidade do campo. É visível que os menores valores ocorreram sobre a margem superior do talhão, faixa que corresponde à maior densidade de semeadura utilizada ( $453.000 \text{ pl ha}^{-1}$ ), observando-se valores entre 5,6 e 7,6 mm com média de 6,5 mm (Tabela 22). Nas densidades média ( $394.314 \text{ pl ha}^{-1}$ ) e baixa ( $356.809 \text{ pl ha}^{-1}$ ) não se observaram maiores diferenças, com exceção de uma mancha localizada no centro-leste do talhão que corresponde a densidade de semeadura menor e que apresentou os maiores valores de diâmetro de caule. Em média, a densidade padrão apresentou plantas com diâmetro de caule de 7,16 mm e a densidade menor plantas com diâmetro de caule de 7,42 mm (Tabela 22).



**Figura 12.** Modelos digitais obtidos por krigagem das características agrônômicas das plantas e sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, que apresentaram dependência espacial na totalidade do campo. A) Diâmetro do caule (DC; mm), B) Peso de mil sementes (PMS; g), C) Semente retida na peneira 7,0 mm (P7; %), D) Semente retida na peneira 6,0 mm (P6; %), E) Semente retida na peneira 5,5 mm (P5,5; %) e F) Semente retida na peneira 5,0 mm (P5; %).

Referente ao peso de mil sementes (Figura 12B), observa-se uma tendência de ocorrer menores valores na faixa inferior do campo, a qual corresponde à região semeada com a densidade de semeadura padrão. Isso pode ser corroborado pelos resultados apresentados na Tabela 22, na qual se observa que a densidade de semeadura padrão apresentou uma média de PMS de 168,62 g com valores mínimo e máximo de 159,42 g e 177,13 g, respectivamente, enquanto que as densidades maior e menor apresentaram médias de PMS de 174,67 g e 172,64 g respectivamente. Essa mesma tendência foi evidenciada na porcentagem de sementes retida na peneira 7,0 mm (Figura 12C), em que a densidade maior apresentou uma média de 16,45%, a densidade padrão uma média de 10,43% e a densidade menor uma média de 12,03% (Tabela 22).

Nas Figuras 12D, 12E e 12F são apresentados os modelos digitais das variáveis porcentagem de sementes retidas na peneira 6,0; 5,5 e 5,0 mm, respectivamente. Observa-se uma tendência, mais clara nas Figuras 12E e 12F, de se encontrar maiores porcentagens sobre a margem sul do talhão, correspondente à região que foi semeada com a densidade de semeadura padrão. Esse resultado é confirmado pelos valores apresentados na Tabela 22, na qual se observa que a densidade de semeadura padrão apresentou as maiores porcentagens médias dessas três variáveis, quando comparada com as outras densidades de semeadura. Igualmente, observa-se uma tendência da densidade de semeadura maior de apresentar os menores valores de porcentagem de retenção de sementes nos três tamanhos mencionados anteriormente, resultado que pode ser confirmado pelos valores médios apresentados na Tabela 22. Por outro lado, referente à porcentagem de sementes retida na peneira 7,0 mm (Figura 12C), observou-se que a densidade de semeadura maior apresentou a maior porcentagem de sementes retidas, seguida pela densidade menor e depois a padrão (Tabela 22). Por tanto, visando a diminuição da produção de sementes de tamanho 7,0 e 5,0 mm, as quais não tem muita aceitação no mercado, recomenda-se ao produtor de sementes usar uma densidade de semeadura de 400.000 pl ha<sup>-1</sup>, para produzir sementes da cultivar de soja BMX Desafio RR, nas condições de clima vivenciadas.

Referente ao peso do hectolitro (Figura 13A), observa-se uma tendência dos maiores valores ocorrerem na faixa inferior do campo, e ao analisar essa figura junto

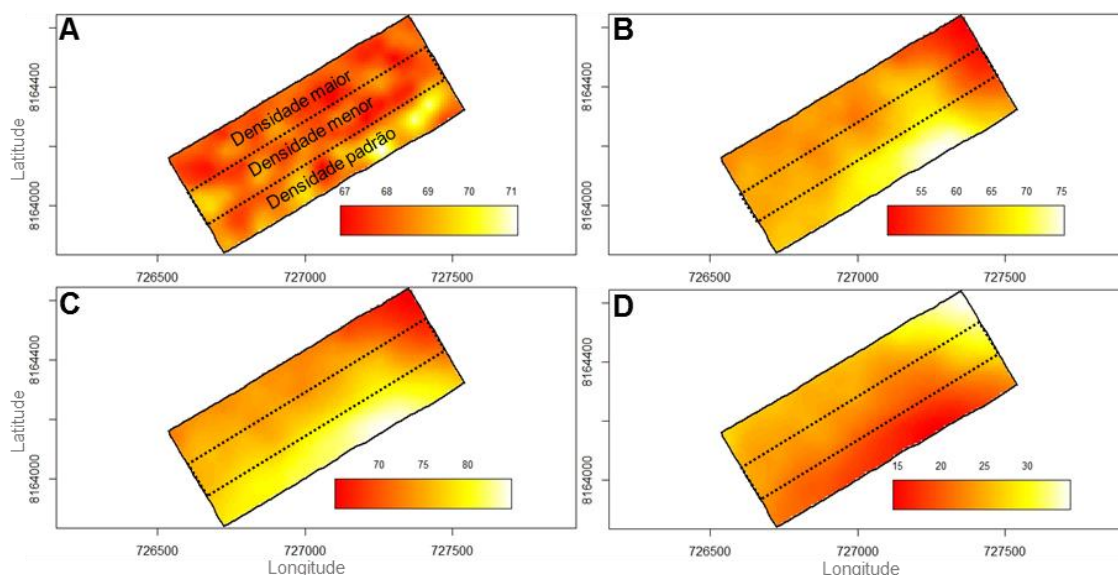
com os resultados apresentados na Tabela 22, pode se observar que a densidade de semeadura padrão, localizada na faixa inferior do campo, apresentou uma média de peso de hectolitro de 69,05 kg, enquanto que as densidades de semeadura maior e menor apresentaram médias de 67,81 e 68,19 kg, respectivamente. Analisando esses resultados em conjunto com o PMS e a soma das porcentagens de sementes retidas nas peneiras 7,0 e 6,0 mm, observou-se a mesma tendência descrita anteriormente, em que, na densidade maior, no volume de 100 litros (um hectolitro) cabe um menor número de sementes, por causa do maior espaço intersticial, com maior PMS fazendo o PHL menor. Pelo contrário, na densidade padrão, em um hectolitro cabe um número maior de sementes (menor espaço intersticial) com PMS menor, fazendo com que o PHL seja maior. Finalmente a densidade de semeadura menor apresenta um comportamento similar ao da densidade de semeadura maior devido a que as duas densidades registraram valores de PMS e de P7+P6 similares.

Referente a qualidade fisiológica das sementes, mensurada através do teste de tetrazólio, observa-se que na região norte do campo ocorreram os menores valores de vigor (Figura 13B) e viabilidade (Figura 13C) e na região sul-leste se observaram os maiores valores. Esses dois mapas apresentaram uma distribuição de cores exatamente inversa ao mapa apresentado na Figura 13D, o qual corresponde à porcentagem de sementes mortas por causa do dano por umidade. Isso sugere que o fator que mais influenciou a qualidade fisiológica das sementes foi o ambiente, devido às chuvas (Figura 7), o que concorda com o relatado por Costa et al. (2003), que mostraram que a qualidade de sementes é grandemente afetada pela deterioração por umidade, danos mecânicos e deterioração por percevejos.

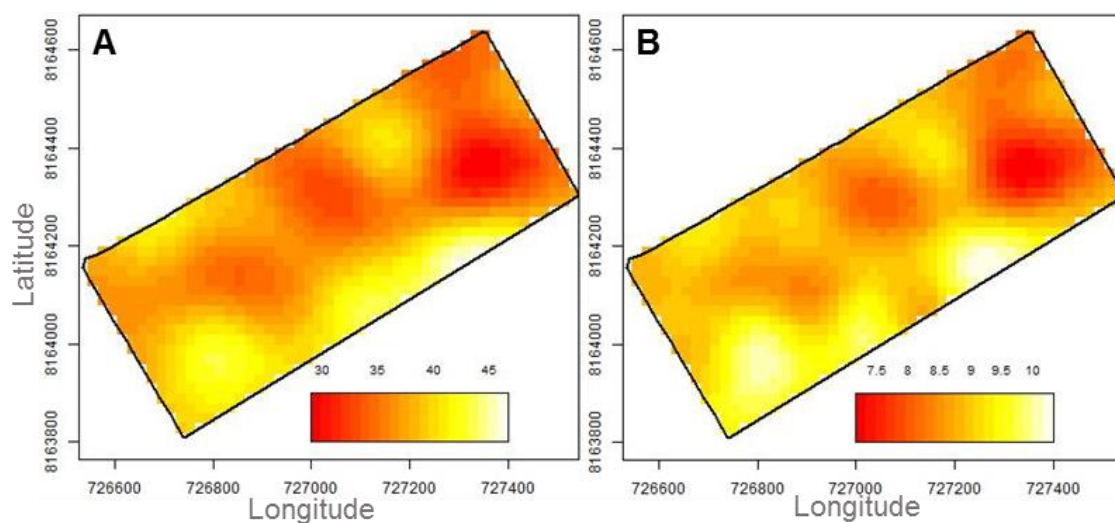
Por outro lado, vale a pena ressaltar que, ao comparar os mapas de vigor e viabilidade de sementes com os mapas de matéria orgânica e capacidade de troca de cátions citados nas Figuras 3B e 3C do primeiro capítulo, e que são citados neste capítulo novamente nas Figuras 14A e 14B, é possível observar uma distribuição espacial similar em todos os mapas, sugerindo que o conteúdo de matéria orgânica no solo influencia a qualidade fisiológica das sementes produzidas, sendo que nos locais onde se registraram os maiores valores de matéria orgânica e CTC do solo também se registraram os maiores valores de vigor e viabilidade de sementes. Mondo et al. (2012) observaram uma alta correlação positiva entre o conteúdo de matéria



orgânica no solo e a germinação de sementes de soja produzidas, enquanto que Mattioni et al. (2013) observaram esse mesmo comportamento entre a CTC e a germinação das sementes.



**Figura 13.** Modelos digitais obtidos por krigagem das características agrônômicas das plantas e sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, que apresentaram dependência espacial na totalidade do campo. A) Peso do hectolitro (PHL; kg), B) Vigor de sementes por tetrazólio (VIGOR; %), C) Viabilidade de sementes por tetrazólio (VIABILIDADE; %) e D) Dano por umidade nas classes 6 até 8 no teste de tetrazólio (DU 6-8; %).



**Figura 14.** Modelos digitais obtidos por krigagem dos atributos de solo A) Matéria Orgânica (MO; g dm<sup>-3</sup>) e B) Capacidade de Troca de Cátions (CTC; cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>).

Para finalizar, é importante ressaltar que a viabilidade média de sementes observada no campo não atingiu 80% (Tabela 23) e que o valor mínimo de germinação para comercialização de sementes de soja no Brasil é de 80% (BRASIL, 2013). Igualmente, a porcentagem de sementes que apresentaram dano por umidade foi de 92,33% em média, enquanto que a porcentagem de sementes inviáveis por causa do dano por umidade foi de 23,13% em média (Tabela 23), observando-se valores máximos de até 54% em alguns locais do campo (Tabela 23). Considerando os resultados apresentados anteriormente, a Agropastoril Jotabasso LTDA – Sementes Seriema tomou a decisão de descartar o campo objeto de estudo para a produção de sementes de soja na safra 2015/2016. Como mencionado anteriormente, esses resultados observados se devem à alta precipitação e variação de umidade relativa registrada no campo dias antes da colheita (Figura 7).

Em resumo, pode-se observar que as densidades de semeadura usadas no experimento não apresentaram diferenças quando comparadas dentro da zona de manejo considerada como de média oferta ambiental. Também se observou que o rendimento de sementes foi similar nas três zonas de manejo, sendo que nas zonas consideradas de alta e baixa oferta ambiental, as plantas de soja modificaram seus componentes de rendimento, principalmente o peso de mil sementes e as proporções de tamanho de sementes produzidas, para compensar as mudanças na densidade de semeadura. Por outro lado, se observou que as zonas de manejo estabelecidas não apresentaram diferenças quando comparadas dentro da densidade de semeadura maior, enquanto que, dentro da densidade da semeadura padrão, observou-se que a zona de manejo considerada como de média oferta ambiental apresentou maiores valores de vigor e viabilidade. Já na densidade de semeadura menor, essa mesma resposta foi observada para a zona de manejo considerada como de alta oferta ambiental. No entanto, esses resultados devem ser observados cuidadosamente, uma vez que foi evidente que a qualidade fisiológica das sementes foi altamente influenciada pelo ambiente. Finalmente, observando o campo como um todo, constatou-se que o rendimento de sementes foi similar no talhão inteiro, sendo que as plantas compensaram as diferenças em densidade de semeadura e zonas de manejo, modificando o peso de mil sementes e as quantidades de sementes produzidas de cada tamanho. Referente à qualidade fisiológica das sementes produzidas, também se observou que a precipitação e a umidade relativa tiveram grande influência sobre

a mesma. No entanto, observou-se que o conteúdo de matéria orgânica (MO) e a CTC do solo também tem relação com o vigor e a viabilidade de sementes, sendo que a qualidade fisiológica mostrou uma tendência de ser maior nas áreas onde conteúdos de MO e CTC foram maiores.

#### **4. Conclusões**

A produtividade e qualidade fisiológica das sementes de soja produzidas atingem patamares similares independente das zonas de manejo.

A densidade de semeadura influencia os componentes de rendimento das plantas de soja, no entanto a produtividade não é afetada.

A variabilidade espacial observada da qualidade fisiológica das sementes é influenciada maiormente pela chuva e umidade relativa registrada no campo e não pelas zonas de manejo ou densidades de semeadura.

## **Considerações Finais**

Analisando os resultados do estudo, pode-se inferir que o campo de produção de sementes estudado, mesmo apresentando aparência homogênea, possui variabilidade espacial de atributos de solo como conteúdo de fósforo, matéria orgânica, areia, argila e capacidade de troca de cátions, os quais, junto com o clima presente na região, provocaram a variabilidade espacial da produtividade e da qualidade fisiológica de sementes de soja. Essas características, no seu conjunto, permitiram estabelecer três zonas de manejo, diferenciadas pela sua oferta ambiental, as quais foram objeto de estudo no segundo ano do experimento.

Por outra parte, analisando o comportamento das plantas de soja dentro das diferentes zonas de manejo e densidades de semeadura estabelecidas na safra 2015/2016, foi possível observar que as características agronômicas peso de mil sementes, tamanho de semente e número de vagens por planta, são os componentes de rendimento que as plantas de soja modificam em maior intensidade para compensar as mudanças da população e do ambiente, conseguindo assim expressar seu maior potencial de rendimento. Também se observou que o clima, mais especificamente a precipitação e a variação de umidade relativa, foi o maior responsável pelos resultados da qualidade fisiológica obtidos no segundo ano de experimento.

Desta maneira, foi possível observar que a implementação de sistemas de agricultura de precisão em campos de produção de sementes é uma ferramenta útil que oferece respaldo na hora de tomada de decisões, por exemplo, na discriminação de áreas com maior ou menor potencial de produção de sementes de alta qualidade fisiológica, como foi mostrado na Figura 7 do capítulo 1 deste trabalho.

Outro ponto que deve ser destacado é que a colaboração da empresa privada é fundamental para a viabilização de pesquisas na área de agricultura de precisão, uma vez que se deve considerar o tamanho dos experimentos, do maquinário requerido, da logística que envolve a execução dos experimentos e a experiência profissional, que muitas vezes fica distante da universidade.

Finalmente, sugere-se a implementação de novos experimentos em campos de produção de sementes, usando sistemas de agricultura de precisão, que levem em consideração outros fatores, como a variação espacial e temporal do clima, das pragas e doenças, com o objetivo de validar a tecnologia e permitir a sua consolidação como ferramenta de gerenciamento e tomada de decisões, tanto técnicas quanto financeiras.

## Referências

- ABREU, S.L.; REICHERT, J.M.; SILVA, V.R.; REINERT, D.J.; BLUME, E. Variabilidade espacial de propriedades físicohídricas do solo e da produtividade e qualidade de grãos de trigo agroecológico em argissolo franco arenoso sob plantio direto. **Ciência Rural**, v.33, n.2, p.275-282, 2003.
- ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, v.31, n.6, p.1075-1084, 2001.
- BARNI, N.A.; GOMES, J.E.S.; GONÇALVES, J.C. Efeito da época de semeadura, espaçamento e população de plantas sobre o desempenho da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), em solo hidromórfico. **Agronomia Sulriograndense**, v.21, n.2, p.245-296, 1985.
- BOX, G. E. P.; COX, D. R. An analysis of transformations (with discussion). **Journal of the Royal Statistical Society Series B**, v.26, n.2, p.211-252. 1964.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa 45 de 17 de setembro de 2013. Brasília: Mapa/ACS, 2013.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 852 - Art. 1º Criar a Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão – CBAP. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 21 set. 2012. Seção 1, n. 184. Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do42.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do42.htm)>. Acesso em 04 jan. 2017.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009.
- CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.L.; TURCO, R.F.; KONOPKA, A.E. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.58, n.5, p.1501-1511, 1994.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4 ed. Jaboticabal. FUNEP, 2000. 588p.
- CARVALHO, L.C.; BUENO, R.C.O.F.; CARVALHO, M.M.; FAVORETO, A.L.; GODOY, A.F. Novas técnicas de arranjos de semeadura na cultura da soja. **Enciclopédia Biosfera – Centro científico conhecer**, v.9, n.17, p.1974-1954, 2013.
- CASTRO, E.M.; OLIVEIRA, J.A.; LIMA, A.E.; SANTOS, H.O.; BARBOSA, J.I.L. Physiological quality of soybean seeds produced under artificial rain in the pre-harvest period. **Journal of Seed Science**, v.38, n.1, p.14-21. 2016.
- CAVALCANTE, E.G.S.; ALVES, M.C.; PEREIRA, G.T.; SOUZA, Z.M. Variabilidade espacial de MO, P, K e CTC do solo sob diferentes usos e manejos. **Ciência Rural**, v.37, n.2, p.394-400, 2007.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos - Safra 2015/2016, décimo segundo levantamento - setembro de 2016**. Brasília, Conab, 2016. 182p. Disponível em:

[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16\\_09\\_09\\_15\\_18\\_32\\_boletim\\_12\\_setembro.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_09_09_15_18_32_boletim_12_setembro.pdf). Acesso em 04 jan. 2017.

COPELAND, L. O.; MC. DONALD, M. B. **Principles of seed science and technology**. 4th ed. Chapman & Hall, New York, p. 467, 2001.

CORÁ, J.E.; ARAUJO, A.V.; PEREIRA, G.T.; BERALDO, J.M.G. Assessment of spatial variability of soil attributes as a basis for adoption of precision agriculture in sugarcane plantations. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.1013-1021, 2004.

COSTA, N.P.; MESQUITA, C.M.; MAURINA, A.C.; FRANÇA-NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; HENNING, A.A. Qualidade fisiológica, física e sanitária de sementes de soja produzidas no Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, v.25, n.1, p.128-132, 2003.

CRUZ, S.C.S.; SENA-JUNIOR, D.G.; SANTOS, D.M.A.; LUNEZZO, L.O.; MACHADO, C.G. Cultivo de soja sob diferentes densidades de semeadura e arranjos espaciais. **Revista de Agricultura Neotropical**, v.3, n.1, p.1–6, 2016.

EMBRAPA SOJA. **Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil 2012 e 2013**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 261p.

EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de Produção de Soja, Região Central do Brasil**. 2004. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/index.htm>. Acesso em 04 jan. 2017.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed., Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006. 306p.

FRAISSE, C.W. Agricultura de Precisão – **A tecnologia de GIS/GPS chega às fazendas**. 1998. Disponível em: <http://www.fatorgis.com.br>. Acesso em 04 jan. 2017.

FRANÇA-NETO, J. B. Qualidade fisiológica da semente. In: FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. **Qualidades fisiológica e sanitária de sementes de soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, (EMBRAPA-CNPSO. Circular Técnica, 9), p.5-24. 1984.

FRANÇA-NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; HENNING, A.A.; A importância do Uso de Semente de Soja de Alta Qualidade. **Informativo ABRATES**. v.20, n.1, p.037-038. Londrina, 2010.

GAZOLLA-NETO, A.; FERNANDES, M.C., VERGARA, R.O., GADOTTI, G.I.; VILLELA, F.A. Spatial distribution of the chemical properties of the soil and of soybean yield in the field. **Revista Ciência Agronômica**, v.47, n.2, p.325-333, 2016.

GRIS, C.F.; VON PINHO, E.V.R.; ANDRADE, T.; BADONI, A.; CARVALHO, M.L.M. Qualidade fisiológica e teor de lignina no tegumento de sementes de soja convencional e transgênica RR submetidas a diferentes épocas de colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n.2, p.374-381, 2010.

GUEDES FILHO, O. **Variabilidade espacial e temporal de mapas de colheita e atributos do solo em um sistema de semeadura direta**. 2009. 97f. Dissertação.



(Mestrado em agricultura tropical e subtropical) – Curso de Pós-Graduação em Agricultura Tropical e Subtropical, Instituto Agronômico, Campinas, 2009.

GUIMARÃES, F.S.; REZENDE, P.M.; CASTRO, E.M.; CARVALHO, E.A.; ANDRADE, M.J.B.; CARVALHO, E.R. Cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] para cultivo de verão na região de Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.4, p.1099-1106, 2008.

HEIFFIG, L.S. **Plasticidade da cultura da soja (*Glycine max* (L) Merrill) em diferentes arranjos espaciais**. 2002. 85f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - ESALQ. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

INAMASU, R. Agricultura de precisão. **Revista XXI – Ciência para a vida**. Segunda edição, 2013.

INAMASU, R.Y.; BERNARDI, A.C.C. Agricultura de precisão. In: BERNARDI, A.C.C.; NAIME, J.M.; RESENDE, A.V.; BASSOI, L.H.; INAMASU, R.Y. (ed). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília DF: Embrapa, 2014. p.21-33.

KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S. T. Vigor de sementes e competição intra-específica em soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p.1248-1256, 2005.

LUZ, M. L. G. S.; LUZ, C. A. S.; GADOTTI, G. I. Introdução ao conceito de Agricultura de Precisão. In.: LUZ, M. L. G. S.; LUZ, C. A. S.; GADOTTI, G. I. (Eds.). **Agricultura de Precisão**, 1a Ed., Pelotas, p. 01 – 12. 2013.

MACHADO, P.L.O.A.; BERNARDI, A.C.C.; ALENCIA, L.I.O.; MOLIN, J.P.; GIMENEZ, L.M.; SILVA, C.A.; ANDRADE, A.G.A.; MADARI, B.E.; MEIRELLES, M.S.P.M. Mapeamento da condutividade elétrica e relação com a argila de Latossolo sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.6, p.1023-1031, 2006.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2 ed. Londrina: ABRATES, 2015. 659 p.

MATTIONI, N. M. **Variabilidade espacial da qualidade fisiológica de sementes de soja estimada pela condutividade elétrica massal e individual**. 2013. 93f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.

MATTIONI, N.M.; BECHE, M.; ZEN, H.D. Semente na medida certa. **Revista SEEDnews**. n.2. ano XVIII. P.34-36. Pelotas. 2014.

MATTIONI, N.M.; SCHUCH, L.O.B.; VILLELA, F.A. Variabilidade espacial da produtividade e da qualidade de sementes de soja em um campo de produção. **Revista Brasileira de Sementes**, v.33, n.4, p.608-6015, 2011.

MATTIONI, N.M.; SCHUCH, L.O.B.; VILLELA, F.A.; MERTZ, L.M.; PESKE, S.T. Soybean seed size and quality as a function of soil compaction. **Seed Science and Technology**, v. 40, n. 3, p. 333-343, 2012.

MATTIONI, N.M.; SCHUCH, L.O.B.; VILLELA, F.A.; ZEN, H.D.; MERTZ, L.M. Fertilidade do solo na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, n.4, p.656-661, 2013.

MAUAD, M.; SILVA, T. L. B.; ALMEIDA NETO, A. I.; ABREU, V. G. Influência da densidade de semeadura sobre características agronômicas na cultura da soja. **Revista Agrarian**, v.3, n.9, p.175-181, 2010.

McBRATNEY, A.; WHELAN, B.; ANCEV, T. Future Directions of Precision Agriculture. **Precision Agriculture**, v. 6, p. 7-23, 2005.

MILANI, L.; SOUZA, E.G.; URIBE-OPAZO, M.A.; GABRIEL FILHO, A.; JOHANN, J.A.; PEREIRA, J.O. Unidades de manejo a partir de dados de produtividade. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.28, n.1, p.591-598, 2006.

MOLIN, J. P. Definição de unidades de manejo a partir de mapas de produtividade. **Engenharia Agrícola**, v.22, n.1, p.83-92, 2002.

MONDO, V.H.V.; GOMES JUNIOR, F.G.; PINTO, T.L.F.; MARCHI, J.L.; MOTOMIYA, A.V.A.; MOLIN, J.P.; CICERO, S.M. Spatial variability of soil fertility and its relationship with seed physiological potential in a soybean production area. **Revista Brasileira de Sementes**, v.34, n.2, pp-193-201, 2012.

MONTANARI, R.; PEREIRA, G.T.; MARQUES JÚNIOR, J.; SOUZA, Z.M; PAZETO, R.J.; CAMARGO, L.A. Variabilidade espacial de atributos químicos em Latossolo e Argissolos. **Ciência Rural**, v.38, n.5, p.1266-1272, 2008.

ODA-SOUZA, M.; BARBIN, D.; RIBEIRO-JUNIOR, P.J.; STAPE, J.L. Aplicação de métodos geoestatísticos para identificação de dependência espacial na análise de dados de um ensaio de espaçamento florestal em delineamento sistemático tipo leque. **Revista Árvore**, v.32, n.3, p.499-509, 2008.

PANOZZO, L.E.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T.; MIELEZRSKI, F.; PESKE, F.B. Comportamento de plantas de soja originadas de sementes de diferentes níveis de qualidade fisiológica. **Revista da FZVA**, v.16, n.1, p-32-41. 2009.

PIRES, J.L.F.; COSTA, J.A.; THOMAS, A.L.; MAEHLER, A.R. Efeito de populações e espaçamentos sobre o potencial de rendimento da soja durante a ontogenia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.8, p.1541-1547, 2000.

PEIXOTO, C.P.; CÂMARA, G.M.S.; MARTINS, M.C.; MARCHIORI, L.F.C.; GUERZONI, R.A.; MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja: I. Componentes da produção e rendimento de grãos. **Scientia. Agrícola**, v.57, n.1, p-89-96. 2000.

PEREZ, N.B.; NEVES, M.C.; SISTI, R.N.; NUNES, C.L.R.; LEITÃO, F.M.L. Condutividade elétrica do solo e produtividade: Uso no sistema de integração Lavoura-Pecuária para determinar zonas de manejo durante o cultivo da soja. In: BERNARDI, A.C.C.; NAIME, J.M.; RESENDE, A.V.; BASSOI, L.H.; INAMASU, R.Y. (ed). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília DF: Embrapa, 2014. p.252-259.

PESKE, S.T.; BARROS, A.C.S.A.; SCHUCH, L.O.B. Produção de sementes. In: PESKE, S.T.; VILLELA, F.A.; MENEGHELLO, G.E. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas: UFPel, 2012. p.14-113.

R CORE TEAM. **R - A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. 2015. Disponível em: <<http://r-project.org>>. Acesso em: 17 ago. 2016.

RESENDE, A.V.; HURTADO, S.M.C.; VILELA, M.F.; CORAZZA, E.J.; SHIRATSUCI, L.S. Aplicações da agricultura de precisão em sistemas de produção de grãos no Brasil. In: BERNARDI, A.C.C.; NAIME, J.M.; RESENDE, A.V.; BASSOI, L.H.; INAMASU, R.Y. (ed). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília DF: Embrapa, 2014. p.194-208.

RIBEIRO JR., P.J.; DIGGLE, P.J. geoR: A package for geostatistical analysis. **R-NEWS**, v.1, n.2. 2001. Disponível em: <<http://cran.r-project.org/doc/Rnews>>. Acesso em: 17 ago. 2016.

RODRIGUES JUNIOR, F.A.; VIEIRA, L.B.; QUEIROZ, D.M. de.; SANTOS, N.T. Geração de zonas de manejo para cafeicultura empregando-se sensor SPAD e análise foliar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.8, p. 778-787, 2011.

SÁ, M. E. Importância da adubação na qualidade de sementes. In: SÁ, M. E.; BUZZETTI, S. (Ed.). **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. p. 65-98.

SANTI, A.L.; AMADO, T.J.C.; EITELWEIN, M.T.; CHERUBIN, M.R.; SILVA, R.F.; ROS, C.O. Definição de zonas de produtividade em áreas manejadas com agricultura de precisão. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, n.3, p.510-515, 2013.

SARMENTO, M.B.; SILVA, C.S. Nutrientes minerais e qualidade fisiológica de sementes. In: SARMENTO, M.B.; SILVA, C.S.; VILLELA, F.A. (Ed). **Temas especiais em ciência e tecnologia de sementes**. Pelotas: Ed. Dos autores, 2010. p.62-86.

SCHEEREN, B.R.; PESKE, S.T.; SCHUCH, L.O.B.; BARROS, A.C.A. Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n.3, p.35-41. 2010.

SILVA, A.P.; LIBARDI, P.L.; VIEIRA, S.R. Variabilidade espacial da resistência a penetração de um Latossolo Vermelho-Escuro ao longo de uma transeção. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**. v.13, p.1-5, 1989.

SOUZA, Z.M.; SILVA, M.L.S.; GUIMARÃES, G.L.; CAMPOS, D.T.S.; CARVALHO, M.P.; PEREIRA, G.T. Variabilidade espacial de atributos físicos em um latossolo vermelho distrófico sob semeadura direta em Selvíria-MS. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**. n.25. p.699-707. 2001.

SUSZEK, G.; SOUZA, E.G.; OPAZO, M.A.U.; NÓBREGA, L.H.P. Determination of management zones from normalized and standardized equivalent productivity maps in the soybean culture. **Engenharia Agrícola**, v.31, n.5, p.895-905, 2011.

TOURINO, M.C.C.; REZENDE, P.M. de; SALVADOR, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agronômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.8, p.1071-1077, 2002.

VAZQUEZ, G.H.; CARVALHO, N.M.; BORBA, M.M.Z. Redução na população de plantas sobre a produtividade e a qualidade fisiológica da semente de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.30, n.2, p.1-11, 2008.

VIEIRA, S.R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.; V.H.; SCHAEFER, G.R., (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v.1. p.1-54.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed). **Applications of soil physics**. New York: Academic, 1980. p.319-344.

## Apêndice A: Fotos do experimento



Figura 1. Equipamento usado para a amostragem de solo na safra 2014/2015.



Figura 2. Campo de produção de sementes de soja, cv. BMX Desafio RR na safra 2015/2015 em estágio fenológico R6.





Figura 3. Características agronômicas de soja, cv. BMX Desafio RR na safra 2015/2015 em estágio fenológico R6.



Figura 4. Campo de produção de sementes de soja, cv. BMX Desafio RR na safra 2015/2015 em estágio fenológico R8.



Figura 5. Amostras de plantas coletadas no campo de produção de sementes de soja, cv. BMX Desafio RR na safra 2015/2015 antes da debulha.



Figura 6. Trator e semeadora usados na implantação do experimento na safra 2015/2016.





Figura 7. Monitor da semeadora acoplado na cabine do trator para configurar as diferentes densidades de semeadura.



Figura 8. Campo de produção de sementes de soja, cv. BMX Desafio RR na safra 2015/2015 em estágio fenológico R7.





Figura 9. Campo de produção de sementes de soja, cv. BMX Desafio RR na safra 2015/2015 na maturidade de colheita.

## **Apêndice B: Descrição da Empresa Agropastoril Jotabasso LTDA. – Sementes Seriema**

A empresa foi criada em 1940 por João Basso no distrito rural de Comandá (RS) pertencente ao município de Santo Ângelo (RS). A expansão para o Centro-Oeste deu-se na década de 1970, quando seus filhos adquiriram áreas nos estados de Mato Grosso do Sul, na localidade de Ponta Porã, e posteriormente em Mato Grosso, em Rondonópolis.

Desde então, suas duas unidades somam mais de 28 mil hectares de lavoura, nos quais são cultivados soja, milho e sorgo, entre outros. Um dos grandes trunfos está no acompanhamento rigoroso das áreas, realizado por uma equipe altamente especializada, aliado a utilização de softwares de alta tecnologia.

Em 1980, teve início a produção de sementes e o investimento em laboratórios, pesquisa e desenvolvimento, além do aumento da planta industrial para produção e armazenamento. Visando acompanhar a inovação tecnológica no setor de sementes, a Jotabasso foi uma das pioneiras no estado a estabelecer parcerias com empresas de genética. Hoje, trabalha com marcas reconhecidas como GDM, Embrapa, Monsoy e Soytech. Ainda com o objetivo de aumentar a transparência e profissionalizar o negócio, começou o processo de governança corporativa, no início dos anos 2000.

A missão da empresa é prover matérias primas para a agroindústria, inovação tecnológica em sementes e serviços verticalizados, enquanto que a sua visão é ser a empresa referência no mercado, com mentalidade inovadora, competitiva, capitalizada, e com resultados, proporcionando satisfação e orgulho para quem nela participa.

A companhia pratica agricultura de baixo carbono, utilizando plantio direto em 100% da sua área. Também tem práticas de integração lavoura-pecuária e fertirrigação, utilizando dejetos de suinocultura nos seus campos. O beneficiamento e tratamento industrial de sementes são realizados dentro das normas exigidas pelos órgãos públicos, com mínimo dano ao meio ambiente e respeitando sempre a segurança e integridade dos trabalhadores.

A empresa também oferece aos seus sócios a oportunidade de compensar sua pegada ecológica (consumo de carbono) a cada ano com a atividade de reflorestamento com espécies nativas em suas propriedades. Também possui Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN), áreas privadas que têm como objetivo a preservação da biodiversidade. O Parque Ecológico João Basso conta com 3.624 hectares de matas, rios, cachoeiras e veredas em um único local. O parque é uma reserva particular do patrimônio nacional, reconhecida pelo Ibama em 1997, localizado dentro da Fazenda Verde, de propriedade da Jotabasso.

### **Apêndice C: Características da cultivar de soja BMX Desafio RR**

A cultivar pertence ao grupo de maturação 7.4 e apresenta uma alta exigência a fertilidade. Caracteriza-se por ter alto potencial produtivo, por apresentar alta resposta à época de semeadura e população e por possuir uma excelente sanidade foliar para mancha alvo, sendo uma cultivar indicada para ambientes de alta tecnologia.

A BMX Desafio RR é de crescimento indeterminado, de porte médio, com um PMS de 170 g, baixo índice de ramificação e resistente ao acamamento. A cultivar é resistente ao cancro da haste e moderadamente resistente à mancha olho de rã e pústula bacteriana, no entanto é suscetível a nematoides de galha e cisto.