

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRARIAS**

**VARIABILIDADE ESPACIAL DA PRODUTIVIDADE DA  
SOJA E SUA CORRELAÇÃO COM A QUALIDADE DA  
SEMEADURA**

**WANIELE MARLEY RODRIGUES RIBEIRO**

**DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL  
2021**

**VARIABILIDADE ESPACIAL DA PRODUTIVIDADE DA SOJA E SUA  
CORRELAÇÃO COM A QUALIDADE DA SEMEADURA**

Waniele Marley Rodrigues Ribeiro

Orientador: Prof. Dr. Cristiano Márcio Alves de Souza

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal da Grande Dourados, como  
parte dos requisitos para obtenção do título de  
Engenheiro Agrícola.

Dourados  
Mato Grosso do Sul  
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

R484v Ribeiro, Waniele Marley Rodrigues  
Variabilidade espacial da produtividade da soja e sua correlação com a qualidade da semeadura [recurso eletrônico] / Waniele Marley Rodrigues Ribeiro. -- 2021.  
Arquivo em formato pdf.

Orientador: Cristiano Márcio Alves de Souza.  
TCC (Graduação em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2021.  
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:  
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Glycine max. 2. geoestatística. 3. agricultura de precisão. 4. distribuição de plantas. I. Souza, Cristiano Márcio Alves De. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

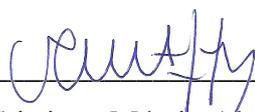
**VARIABILIDADE ESPACIAL DA PRODUTIVIDADE DA SOJA E SUA  
CORRELAÇÃO COM A QUALIDADE DA SEMEADURA**

Por

Waniele Marley Rodrigues Ribeiro

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos exigidos para  
obtenção do grau de Bacharel em ENGENHARIA AGRÍCOLA

Aprovado em: 02 de junho de 2021.



---

Prof. Dr. Cristiano Márcio Alves de Souza  
Orientador – UFGD/FCA



---

Prof. Dr. Sálvio Napoleão Soares Arcoverde  
Membro da banca – UFGD/FCA



---

Eng. Agro. Fernando Mateus Paniagua Mendieta  
Membro da banca – UFGD/FCA

## AGRADECIMENTOS

A Deus acima de tudo, por me conceder saúde, força, e por todas as bênçãos durante toda minha graduação e vida.

Aos meus pais, Maria Rodrigues de Souza e Wanderlei Ribeiro da Silva por sempre me apoiarem nos meus estudos, por sempre fazerem de tudo por mim para que eu alcançasse meus objetivos, e a todos os meus familiares que me deram forças neste momento importante.

Aos meus irmãos, Narley, Wirley e Rhannielly pela paciência, por estarem ao meu lado em todos os momentos e pelos incentivos nas horas difíceis.

Ao meu namorado, Mateus Souza pela paciência, por me ajudar no que era possível, por sempre me incentivar em minhas escolhas e por todo apoio.

Agradeço a todos os professores que me acompanharam ao longo da graduação, em especial ao meu orientador Professor Dr. Cristiano Márcio Alves de Souza pela orientação, por toda paciência e compreensão nos ensinamentos e auxílio na realização deste trabalho.

Ao Dr. Sálvio Napoleão Soares Arcoverde, pela ajuda na execução do trabalho, tanto prático quanto na elaboração da monografia.

Aos amigos que fiz durante o curso, especialmente à Juliana Ribeiro e à Pamela dos Santos, por todos os momentos e companheirismo ao longo dessa jornada.

Ao proprietário da fazenda Santa Ana, por ceder a área para que fosse possível conduzir o estudo.

À FCA/UFGD, em especial ao curso de Engenharia Agrícola, e aos funcionários do departamento, muito obrigado, pois todos de alguma forma contribuíram para minha formação.

## SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS .....	vi
LISTA DE TABELAS .....	viii
RESUMO .....	ix
ABSTRACT .....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Produção de soja.....	3
2.2 Qualidade de semeadura para a soja.....	3
2.3 Agricultura de precisão.....	4
2.4 Variabilidade espacial .....	4
2.5 Geoestatística.....	5
2.6 Geoprocessamento.....	5
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	7
3.1 Local .....	7
3.2 Maquinários agrícolas .....	8
3.3 Amostragem .....	8
3.4 Determinação dos indicadores de qualidade de semeadura.....	9
3.5 Determinação da produtividade da soja .....	9
3.6 Análise dos dados .....	9
3.7 Procedimentos de uso dos softwares Qgis associado ao plugin Smart-map, e Krig-Me	13
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	17
4.1 Variabilidade espacial e zonas de manejo da qualidade de semeadura.....	17
4.2 Variabilidade espacial e geração de zonas de manejo da produtividade.....	24
4.3 Análise do coeficiente Kappa.....	26
5. CONCLUSÕES .....	28
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	29

## LISTA DE FIGURAS

	Página
<b>Figura 1.</b> Talhão Sede, pertencente à Fazenda Santa Ana, Dourados, MS. ....	7
<b>Figura 2.</b> Precipitação pluviométrica e temperaturas do ar por decêndio ocorridas de novembro de 2020 (desenvolvimento inicial) a fevereiro de 2021 (colheita), Dourados, MS. ....	7
<b>Figura 3.</b> Distribuição dos pontos amostrais. ....	8
<b>Figura 4.</b> Tela de entrada de dados do Software Qgis. ....	13
<b>Figura 5.</b> Entrada de dados do plugin Smart-map. ....	14
<b>Figura 6.</b> Definição do polígono de contorno. ....	14
<b>Figura 7.</b> Ajuste de modelo de semivariogramas. ....	15
<b>Figura 8.</b> Tela para seleção da variável para definição da Z.M. ....	15
<b>Figura 9.</b> Tela de definição do número de zonas de manejo utilizando o plugin Smart-Map (A), e a tela de comparação de zonas de manejos do Krig-Me (B). ....	16
<b>Figura 10.</b> Gráfico do semivariograma e gráfico de correspondência da validação cruzada, para espaçamentos falhos (A), normais (B), duplos (C) e número de plantas por metro (D). ....	19
<b>Figura 11.</b> Mapa de distribuição espacial dos espaçamentos normais da semeadura da soja da área estudada. ....	20
<b>Figura 12.</b> Mapa temático da distribuição espacial dos espaçamentos falhos da semeadura da soja. ....	20
<b>Figura 13.</b> Mapa temático da distribuição espacial dos espaçamentos duplos da semeadura da soja. ....	21
<b>Figura 14.</b> Mapa temático da distribuição espacial do estande de plantas da semeadura da soja. ....	21
<b>Figura 15.</b> Índice de performance de fuzzy (FPI) e entropia de classificação normal (NCE) calculados para cada zona de manejo para espaçamentos falhos (A), normais (B), duplos (C) e estande de plantas (D). ....	22
<b>Figura 16.</b> Mapa temático da zona de manejo gerada a partir dos espaçamentos falhos na semeadura da soja para 3 classes. ....	23
<b>Figura 17.</b> Mapa temático da zona de manejo gerada a partir dos espaçamentos normais na semeadura da soja para 6 classes. ....	23
<b>Figura 18.</b> Mapa temático da zona de manejo gerada a partir dos espaçamentos duplos na semeadura da soja para 2 classes. ....	24

<b>Figura 19.</b> Mapa temático da zona de manejo gerada a partir do estande de plantas na semeadura da soja para 2 classes.....	24
<b>Figura 20.</b> Gráfico do semivariograma e gráfico de correspondência da validação cruzada para a produtividade da soja.....	25
<b>Figura 21.</b> Gráfico de FPI e NCE (A) calculados para zonas de manejo da produtividade e mapa temático da zona de manejo da produtividade da soja para 6 classes (B).....	26

**LISTA DE TABELAS**

	Página
<b>Tabela 1.</b> Estatística descritiva dos dados da distribuição longitudinal de plântulas de soja ..	17
<b>Tabela 2.</b> Parâmetros dos semivariogramas ajustados do modelo matemático para a distribuição longitudinal.....	18
<b>Tabela 3.</b> Estatística descritiva dos dados da produtividade da soja ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ), Dourados-MS, 2021 .....	25
<b>Tabela 4.</b> Parâmetros de semivariogramas ajustados do modelo matemático para a produtividade da soja.....	25
<b>Tabela 5.</b> Coeficiente Kappa da comparação dos mapas de produtividade e dos indicadores de qualidade de semeadura com as zonas de manejo em quatro classes.....	26

RIBEIRO, Waniele Marley Rodrigues. **Variabilidade espacial da produtividade da soja e sua correlação com a qualidade da semeadura**. 2021. 32f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS.

## RESUMO

A soja tem se destacado como principal produto da agricultura nas últimas décadas, devido seu crescimento contínuo no mercado. Desta forma, a adequada implantação da cultura é importante para se alcançar uma boa produtividade. Portanto, objetivou-se avaliar a qualidade da semeadura e sua correlação com a variabilidade espacial da produtividade da soja a partir das zonas de manejo. O experimento foi conduzido na fazenda Santa Ana, no município de Dourados-MS. Para a avaliação da qualidade da semeadura, a distribuição dos pontos amostrais foi realizada utilizando uma grade amostral de 83 pontos representando 0,5 ha cada. Os indicadores foram o estande e a distribuição longitudinal de plantas, medida pela porcentagem dos espaçamentos normais, falhos e duplos. A aquisição de dados da produtividade da soja foi realizada por uma colhedora dotada de monitor de colheita. Foi realizada análise estatística descritiva e análise geoestatística dos dados, visando analisar a sua dependência espacial. Foram realizadas gerações de zonas de manejo dos dados de qualidade de semeadura e da produtividade, levando-se em consideração o índice de performance fuzzy e da entropia da partição modificada. Apesar do estande ter sido uniforme, a distribuição longitudinal de plantas em espaçamentos normais foi regular e abaixo do ideal que seria 90%. A produtividade da soja obteve dependência espacial moderada, mas não apresentou correlação e concordância significativa com os indicadores de qualidade de semeadura avaliados.

**Palavras-chave:** *Glycine max*, geoestatística, agricultura de precisão, distribuição de plantas.

RIBEIRO, Waniele Marley Rodrigues. **Spatial variability of soybean yield and its correlation with sowing quality**. 2021. 32p. Monograph (Bachelor of Agricultural Engineering), Federal University of Grande Dourados, Dourados, MS.

### ABSTRACT

Soybean has stood out as the main agricultural product in the last decades, due to its continuous growth in the market. Thus, the proper deployment of the crop is important to achieve good productivity. Therefore, the objective of this work was to evaluate the quality of sowing and its correlation with the spatial variability of soybean yield from management zones. The experiment was conducted on the Santa Ana farm, in the municipality of Dourados-MS. To evaluate the quality of sowing, the distribution of sampling points was performed using a sampling grid of 0.5 ha. The indicators were the stand and the longitudinal distribution of plants, measured by the percentage of normal, poor and double spacing. Soybean yield data were automatically collected by a harvester. Descriptive statistical analysis and geostatistical analysis was performed for the data, aiming to analyze their spatial dependence. Generations of management zones for the sowing quality and yield data were performed, taking into account the fuzzy performance index and the modified partition entropy. Although the stand was uniform, the longitudinal distribution of plants at normal spacing was regular and below the ideal, which would be 90%. Soybean yield was moderately dependent but did not show significant correlation and agreement with the evaluated sowing quality indicators.

**Keywords:** *Glycine max*, Geostatistics, Precision agriculture, Plant distribution.

## 1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max*), tem se destacado como o principal produto da agricultura, devido ao fato de seu crescimento ininterrupto no mercado nas últimas décadas, tanto no Brasil quanto no mundo (HIRAKURI e LAZZAROTO, 2014), e devido a isso é uma cultura de grande importância para o Brasil.

De acordo com a Embrapa (2019), na safra de 2018/19 o Brasil era o segundo maior produtor mundial de soja com uma produção de 120,9 milhões de toneladas, ficando atrás apenas dos Estados Unidos que tinha uma produção de 123,7 milhões de toneladas. No entanto, segundo dados da Conab (2020), esta realidade mudou, pois na safra 2019/20 o Brasil passou a ser o maior produtor mundial de soja, tendo um recorde em sua produção estimada em 124,8 milhões de toneladas.

Há diversos fatores que podem influenciar na qualidade da sementeira, tanto da soja quanto de outras culturas, como por exemplo, a velocidade de trabalho da semeadora, pois está relacionado diretamente com a uniformidade de distribuição de sementes no solo. De acordo com Vasconcelos et al. (2018), a velocidade de sementeira tem sido posta como um fator de aumento ou diminuição de produtividade da soja.

Ao se elevar demasiadamente a velocidade de sementeira reduz-se a uniformidade de distribuição, pois a adoção de velocidades entre 4,0 e 6,0 km h<sup>-1</sup> apresentam melhor desempenho em relação a uma boa produtividade da soja, sendo assim velocidades superiores ao limite desse intervalo aumentam espaçamentos falhos e múltiplos, reduzindo assim espaçamentos aceitáveis (REYNALDO et al., 2016).

Balbinot Júnior et al. (2015) observaram aumento da produtividade da soja quando semeada em espaçamento de 0,45 m entre linhas. A porcentagem de sobrevivência de plantas aumentou com a diminuição da densidade da população de plantas, e que o aumento da uniformidade do espaçamento entre plantas contribui para o aumento da produtividade da soja (PROCÓPIO et al., 2013).

A soja possui uma grande capacidade de rendimento de grãos, porém, grande parte dessa capacidade é perdida devido a interações com o ambiente e por competição entre os órgãos por assimilados (FALKOSKI FILHO et al., 2013). Dessa forma, é importante usar ferramentas de localização espacial nos estudos das uniformidades de distribuição de plantas no campo sobre a produtividade da soja.

As técnicas de geoestatísticas são muito indicadas para avaliar a variabilidade espacial da produtividade e dos fatores que a influenciam, permitindo avaliar diferenças entre

plantas, manchas de fertilidade, espaço disponível por plantas e até mesmo características da cultura, como por exemplo, índices de colheita, e a partir disso analisar se há possibilidade de identificar áreas com comportamentos parecidos.

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar a qualidade da semeadura e sua correlação com a variabilidade espacial da produtividade da soja, a fim de obter controle específico dos indicadores que podem comprometer a produtividade da cultura.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Produção de soja**

A soja tem se destacado como principal produto agrícola no Brasil, sendo responsável pelo aumento da colheita nacional dos grãos, e assim sendo o segundo maior produtor e primeiro maior exportador de soja do mundo até 2015 (ESPÍNDOLA e CUNHA, 2015).

De acordo com dados da Conab (2021a), a safra de 2020/2021 teve um crescimento de 16,8% a mais que a safra de 2019/2020. Este crescimento se deve ao fato de a área cultivada ter aumentado, em torno, de 3,9%, o que totalizou 68,5 milhões de hectares em área plantada a mais que o ano anterior, tornando o Brasil o maior produtor de soja mundial.

Segundo Hirakuri e Lazzarotto (2014), diversos são os fatores que contribuem para o aumento da importância da soja no mundo, como por exemplo a oleaginosa como fonte de proteína vegetal sendo utilizado tanto para alimentação quanto humana, seu teor de óleo elevado usado na produção de biocombustíveis geração de tecnologias que contribuem para a expansão da exploração sojícola em diversas regiões do mundo.

### **2.2 Qualidade de semeadura para a soja**

A qualidade da semeadura da soja é um fator importante quando deseja-se obter altas produtividades. Segundo Arcoverde et al. (2017), a qualidade da semeadura está associada à uniformidade da distribuição longitudinal e à população final de plantas. Há outros fatores que podem comprometer a qualidade da semeadura, como por exemplo, velocidade de deslocamento e profundidade de semeadura (SOUZA et al., 2019).

A velocidade da semeadora é um dos fatores que mais influenciam na produtividade, pois está diretamente ligada à distribuição de sementes. Semeadoras em alta velocidade abrem sulcos maiores e revolvem faixas mais largas. Velocidades de semeadura em torno de 3,2 a 7,0 km h<sup>-1</sup> não influenciam na emergência e no número de plantas no campo, no entanto, o aumento da velocidade para 8,6 km h<sup>-1</sup> reduz o número de sementes por metro e, conseqüentemente, a população de plântulas (VIEGAS NETO et al., 2020; SOUZA et al., 2019).

Arcoverde et al. (2016) sugerem que para se obter bons resultados na semeadura, e conseqüentemente na distribuição longitudinal das plantas, é necessário regulagens adequadas e monitoramento durante toda a operação.

### **2.3 Agricultura de precisão**

A agricultura de precisão (A.P.) surgiu buscando melhorar o rendimento da cultura, com técnicas que visam o manejo localizado do cultivo, onde geralmente a forma convencional é a adição de insumos de maneira uniforme aplicando a mesma quantidade em todo solo. E com isso a agricultura de precisão busca corrigir esses tipos de falhas, utilizando diversas ferramentas como por exemplo, os programas SIG (Sistemas de Informações Geográficas) para geração de mapas e seus dados, e assim reduzindo perdas e o custo da cultura (LAMPARELLI, 2016).

No Brasil a A.P. ainda é pouco utilizada, e a maioria de seus usuários são jovens e pelo fato de possuírem mais informações, são mais propensos a utilização de tecnologias. Os meios de informações dos produtores são os consultores, cursos, feiras, entre outros, e com essas informações têm uma noção dos benefícios da A.P., como a redução do impacto ambiental e aumento do rendimento da cultura (BERNARDI e INAMASU, 2014).

De acordo com Cappelli (2004), a agricultura de precisão visa atender a necessidade de cada área da cultura em todo o seu processo produtivo, diferente da agricultura tradicional que uniformiza a utilização de insumos e aplica a mesma quantia em toda a cultura. Porém, é necessário tecnologias mais avançadas e conhecimento de todo o processo para que se tenha sucesso. O seu benefício está totalmente ligado à economia, com a utilização da A.P. reduz a quantidade de insumos utilizados e a produtividade da cultura aumenta.

A agricultura de precisão possui utilização importante no controle de plantas daninhas, pois é capaz de reduzir os gastos no plantio e a quantidade de herbicidas utilizados e, desta forma obter uma lucratividade maior (ROCHA et al., 2015).

### **2.4 Variabilidade espacial**

A variabilidade espacial é uma característica inerente a todos os fenômenos naturais, principalmente quando consideram sistemas dinâmicos e complexos como aquele envolvendo o solo-planta (SILVA et al., 2020). Na sua determinação é usado um conjunto de técnicas de análise do solo para entender as diferenças em toda a área a ser cultivada, desta forma entendendo o solo e descobrindo intervenções eventualmente necessárias em áreas específicas e agindo para se ter uma maior taxa de produtividade, podendo até descartar áreas

com índices de produtividades muito abaixo para uma maior rentabilidade (ACOSTA et al., 2018).

Muito utilizada para entender a necessidade de cada área do solo, a variabilidade espacial tem grande importância em diversos fatores, como por exemplo para o ajuste de práticas de manejo, para a compreensão dos fatores que determinam o potencial produtivo da cultura, para compreender a variabilidade de plantas e escolha de uma área experimental (VIAN et al., 2016).

O estudo da variabilidade espacial do solo é importante, pois consegue-se obter um mapa indicando nas áreas que tenham um índice de produtividade mais ou menos elevado, e assim obtendo maior conhecimento sobre cada região isolada e conseqüentemente um plantio mais racional, buscando uma produtividade maior (CORRÊA et al., 2009).

O estudo da dependência espacial dos espaçamentos normal, falho e duplo e do estande de plantas pode indicar se há qualidade no processo de plantio feito por semeadora-adubadora de precisão (ARCOVERDE et al., 2017).

## **2.5 Geoestatística**

A geoestatística é uma técnica aplicada para a modelagem e o estudo da variabilidade espacial. Utiliza-se dados coletados por ferramentas de precisão com as correspondentes coordenadas geográficas que vão de características físicas até químicas do solo, ou outra característica agrícola de interesse. A partir desses dados pode ser definidos unidades de manejo a partir dos mapas de produtividade gerados (GREGO et al., 2014).

A geoestatística auxilia o produtor a ter um gerenciamento mais consciente, em que o planejamento agrônômico procura entender melhor cada área específica do solo a ser plantada. O uso dessa técnica se torna viável com softwares que entrega uma noção maior sobre a variabilidade espacial, visto que os mapas gerados permitem visualizar as diferenças em toda a área e a partir disso pode tomar decisões em busca de uma melhor produtividade e uma cultura com maior economia (OLIVEIRA et al., 2015).

## **2.6 Geoprocessamento**

Geoprocessamento é um conjunto de tecnologias que consiste em coletar, manipular e analisar dados espaciais. De acordo com Campos et al. (2004), através do

geoprocessamento é possível representar áreas espacialmente através de mapas, utilizando ferramentas SIG, por exemplo.

Segundo Reghini e Cavichioli (2020), para se obter um planejamento adequado na área de estudo é necessário a utilização de geoprocessamento, com o tratamento e análise dos dados obtidos é possível auxiliar o produtor em diversas formas, como por exemplo, na tomada de decisões, no aumento da eficiência, produtividade, controle de pragas dentre outros.

A partir do geoprocessamento associado às técnicas de mapeamento, GPS e outras formas de aquisição de dados, torna-se possível a produção de mapas temáticos quantitativos, sendo possível associar este mapa a um banco de dados, a fim de avaliar melhores formas de planejamento e manejo da área. Uma das principais ferramentas do geoprocessamento é o SIG, que identifica através dos mapas a forma de ocupação das terras. O SIG também é capaz de gerar banco de dados espaciais e gerar ajustes de grandes quantidades de informações (PAZ et al., 2009).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

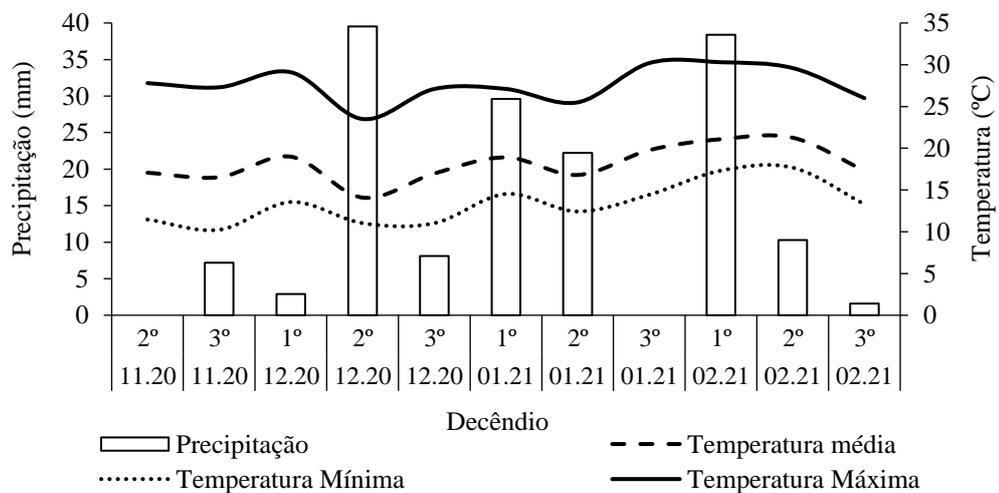
#### 3.1 Local

O trabalho foi realizado no período compreendido entre outubro de 2020 e final de fevereiro de 2021, na Fazenda Santa Ana, Localizada em Dourados-MS, com localização incluída entre as coordenadas 22°20'25.1"S e 54°43'48.4"W. Na Figura 1 está representado o talhão denominado Sede, pertencente à fazenda Santa Ana. Os dados climáticos de temperatura e precipitação no período de condução do experimento encontram-se na Figura 2.



Fonte: Aplicativo C7 Campeiro Dados.

**Figura 1.** Talhão Sede, pertencente à Fazenda Santa Ana, Dourados, MS.



Fonte: Estação Meteorológica da Embrapa Agropecuária Oeste.

**Figura 2.** Precipitação pluviométrica e temperaturas do ar por decênio ocorridas de novembro de 2020 (desenvolvimento inicial) a fevereiro de 2021 (colheita), Dourados, MS.

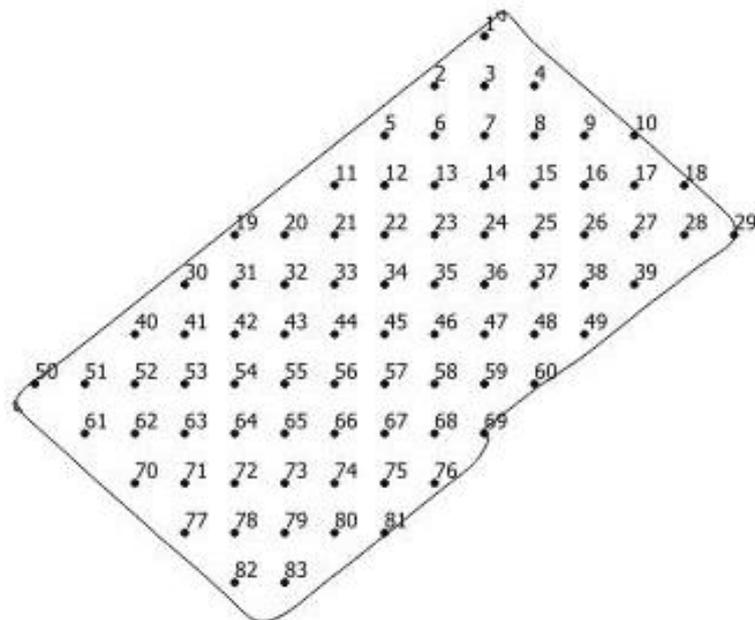
### 3.2 Maquinários agrícolas

A soja foi semeada utilizando regulagem de espaçamento de 0,50 m e 12 sementes viáveis por metro, utilizando a semeadora-adubadora pneumática ESTRELA 30-Stara, com 28 linhas e exigência de potência de 390 cv, e capacidade do depósito de sementes de 2.000 kg para soja, a qual possui controlador TOPPER 550.

A colhedora utilizada foi a S550 da John Deere, com capacidade de depósito de grãos de 8800 L juntamente com plataforma de corte 730FD, que permite o ajuste da barra de corte através da cabine, projetados para reduzir o máximo os índices de perda na colheita, possui ajuste automático em casos de aclive e declive, e geram mapas de precisão de produtividade.

### 3.3 Amostragem

A área avaliada possui um talhão de aproximadamente 40 hectares, onde a malha amostral foi obtida pelo aplicativo C7 GPS Dados<sup>1</sup>. Para realizar a avaliação da semeadura, a distribuição dos pontos amostrais foi realizada com grade regular de 0,5 hectare entre células resultando em 83 pontos amostrais, gerada através do aplicativo C7 GPS Malha<sup>1</sup> como representado na Figura 3.



**Figura 3.** Distribuição dos pontos amostrais.

<sup>1</sup> Criado pelo professor Enio Giotto e equipe (UFSM). Disponível para sistema operacional Android.

### 3.4 Determinação dos indicadores de qualidade de semeadura

Os indicadores de qualidade de semeadura da soja avaliados foram estande inicial, e a distribuição longitudinal de plantas avaliada em espaçamentos normais, falhos e duplos. Estes indicadores foram determinados em 1 metro na linha, em amostragem composta de 3 repetições a cada 0,5 ha.

Para determinação da distribuição longitudinal de plântulas foi medido o espaçamento entre plantas ao redor de cada ponto amostral, com o auxílio de uma trena com resolução de 0,001 m. Para determinação do estande foi contado o número de plantas ao decorrer do mesmo espaço amostral.

Após isto foi determinada a porcentagem de espaçamentos falhos, duplos e normais de acordo com Kurachi et al. (1989), considerando a distância entre plantas ( $X_p$ ) como espaçamento duplo (D) se:  $X_p < 0,5 \times X_{ref}$ ; Normais (A):  $0,5 \times X_{ref} < X_p < 1,5 \times X_{ref}$  e falhos (F):  $> 1,5 \times X_{ref}$ , onde  $X_{ref}$  é o valor do espaçamento de referência obtido a partir da regulagem da semeadora para a operação. O espaçamento de referência foi de 83,3 mm.

### 3.5 Determinação da produtividade da soja

Durante a colheita houve aquisição automática dos dados de produtividade e umidade dos grãos da soja feita pela colhedora (QUEIROZ et al., 2020), para estudo da variabilidade espacial e a geração dos mapas temáticos a serem analisados e confrontados com os indicadores de qualidade de semeadura. A produtividade da soja foi corrigida para 13% de umidade dos grãos.

### 3.6 Análise dos dados

Os dados obtidos foram submetidos à estatística descritiva, calculando-se média, mediana, desvio padrão, variância, coeficiente de variação, com intuito de diferenciar a distribuição dos dados.

A análise de geoestatística foi empregada para avaliar a dependência espacial pelos ajustes de variogramas, obtidos a partir de cálculos das semivariâncias usando a Equação 1 (SILVA et al., 2020).

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(xi) - Z(xi+h)]^2 \quad (1)$$

em que,

- $\hat{\gamma}(h)$  - Semivariância em função da distância de separação (h) entre pares de pontos;
- h - Distância de separação entre pares de pontos, m;
- N(h) - Número de pares experimentais de observações Z(xi) e Z (xi + h) separados por uma distância h.

Foram testados os modelos gaussiano, esférico e exponencial. Foi ajustado o modelo que apresentar a menor soma dos quadrados do resíduo. Após a escolha do modelo, foram determinados os parâmetros: efeito pepita, contribuição da semivariância, patamar e alcance.

O índice de dependência espacial (IDE) foi calculado e classificado, segundo proposta de Cambardella et al. (1994), utilizando a Equação 2 e assumindo os seguintes intervalos: dependência espacial baixa para  $IDE > 0,75$ , moderada para  $0,25 \leq IDE \leq 0,75$  e forte para  $IDE < 0,25$ .

$$IDE = \frac{C_0}{C_0 + C_1} \quad (2)$$

em que,

- IDE - índice de dependência espacial;
- $C_0$  - efeito pepita;
- $C_1$  - contribuição da semivariância.

Uma vez detectada a dependência espacial foi produzido o mapa temático de variabilidade dos dados na área. A interpolação dos dados dos mapas foi realizada utilizando krigagem ordinária (BOTTEGA et al., 2017). Para as estimativas de valores em locais não amostrados foram utilizados até 16 vizinhos próximos e um raio de busca igual a 50% do valor do alcance encontrado no ajuste do variograma, de forma a garantir o intervalo de continuidade espacial.

A análise da variabilidade espacial e a geração de zonas de manejo foram realizadas utilizando o Software Qgis, com o plugin Smart-map. O programa utiliza o algoritmo de classificação *Fuzzy k-means* na análise de agrupamento dos dados e geração das zonas de manejo. O número de zonas de manejo que melhor representam o agrupamento dos dados trabalhados foi definido em função do Índice de Performance Fuzzy (FPI), que estima o grau da separação dos membros em diferentes zonas, e da Entropia da Partição Modificada (MPE), que estima o grau de desorganização criada pelo número de zonas. Estes índices apresentam

valores entre 0 e 1, o número de zonas de manejo ótimo é obtido quando ambos os índices são minimizados (SONG et al., 2009).

Em um primeiro momento foram gerados os mapas de zonas de manejo em função da variabilidade espacial dos indicadores da qualidade de semeadura. Os mapas temáticos foram representativos do agrupamento dos dados em 2, 3, 4 e 5 zonas.

Em seguida à geração das zonas de manejo, suas classes foram comparadas com o mapa de zonas gerado com a produtividade. O coeficiente Kappa foi calculado para avaliar a semelhança entre os mapas, por meio de um teste de hipótese em que se compara o mapa de produtividade e os demais mapas confeccionados dos indicadores de qualidade.

Para sua estimativa, em um primeiro momento foi calculado o erro de concordância entre os mapas de zonas gerados, a fim de se produzir matrizes de erro. De posse dessas matrizes, foi calculado o coeficiente Kappa entre os mapas de zonas de manejo gerados com dados de produtividade e os demais (VALENTE, 2010). Valores de Kappa iguais a zero indicam que os mapas são totalmente diferentes, a semelhança entre os mapas tende a aumentar na medida em que o coeficiente Kappa tende a unidade, representativo de mapas exatamente iguais. Para calcular o coeficiente Kappa foi utilizada a Equação 3 (HUDSON e RAMM, 1987).

$$\hat{K} = \frac{n \sum_{i=1}^c x_{ii} - \sum_{i=1}^c x_{i\oplus} x_{\oplus i}}{n^2 - \sum_{i=1}^c x_{i\oplus} x_{\oplus i}} \quad (3)$$

em que,

$\hat{K}$  - Estimativa do coeficiente Kappa;

$x_{ii}$  - Valor na linha  $i$  e coluna  $i$  (diagonal) da matriz de erros;

$x_{i\oplus}$  - Total da linha  $i$ ;

$x_{\oplus i}$  - Total da coluna  $i$ ;

$n$  - Número total de amostras;

$c$  - Número total de zonas de manejo.

Os valores do coeficiente Kappa obtidos foram submetidos ao teste  $Z$  com nível de significância de 5%. Para o cálculo da estatística  $Z$  foi utilizada a Equação 4 (CONGALTON e MEAD, 1983).

$$Z = \frac{\hat{K}_1 - \hat{K}_2}{\sqrt{\text{var}(\hat{K}_1) + \text{var}(\hat{K}_2)}} \quad (4)$$

em que,

$Z$  - Valor de  $Z$  calculado;

$\hat{K}_1$  - Estimativa do coeficiente Kappa do classificador produtividade (1);

$\hat{K}_2$  - Estimativa do coeficiente Kappa do classificador indicador de qualidade de semeadura (2);

$\text{var}(\hat{K}_1)$  - Variância da estimativa do coeficiente Kappa do classificador entre mapas de zonas de manejo, dito 1;

$\text{var}(\hat{K}_2)$  - Variância da estimativa do coeficiente Kappa do classificador entre mapas de zonas de manejo, dito 2.

A variância da estimativa do coeficiente Kappa foi estimada de acordo com a Equação 5 descrita por HUDSON e RAMM (1987).

$$\text{var}(\hat{K}) = \frac{1}{n} \left[ \frac{\theta_1(1-\theta_1)}{(1-\theta_2)^2} + \frac{2(1-\theta_1)(2\theta_1\theta_2 - \theta_3)}{(1-\theta_2)^3} + \frac{(1-\theta_1)^2(\theta_4 - 4\theta_2^2)}{(1-\theta_2)^4} \right] \quad (5)$$

Os termos  $\theta_1$ ,  $\theta_2$ ,  $\theta_3$ , e  $\theta_4$  foram determinados por meio das Equações 6 a 9:

$$\theta_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^c x_{ii} \quad (6)$$

$$\theta_2 = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^c x_{i\oplus} x_{\oplus i} \quad (7)$$

$$\theta_3 = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^c x_{ii} (x_{i\oplus} + x_{\oplus i}) \quad (8)$$

$$\theta_4 = \frac{1}{n^3} \sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^c x_{ij} (x_{j\oplus} + x_{\oplus j})^2 \quad (9)$$

em que,

$x_{ij}$  - Valor na linha  $i$  e coluna  $j$  da matriz de erros;

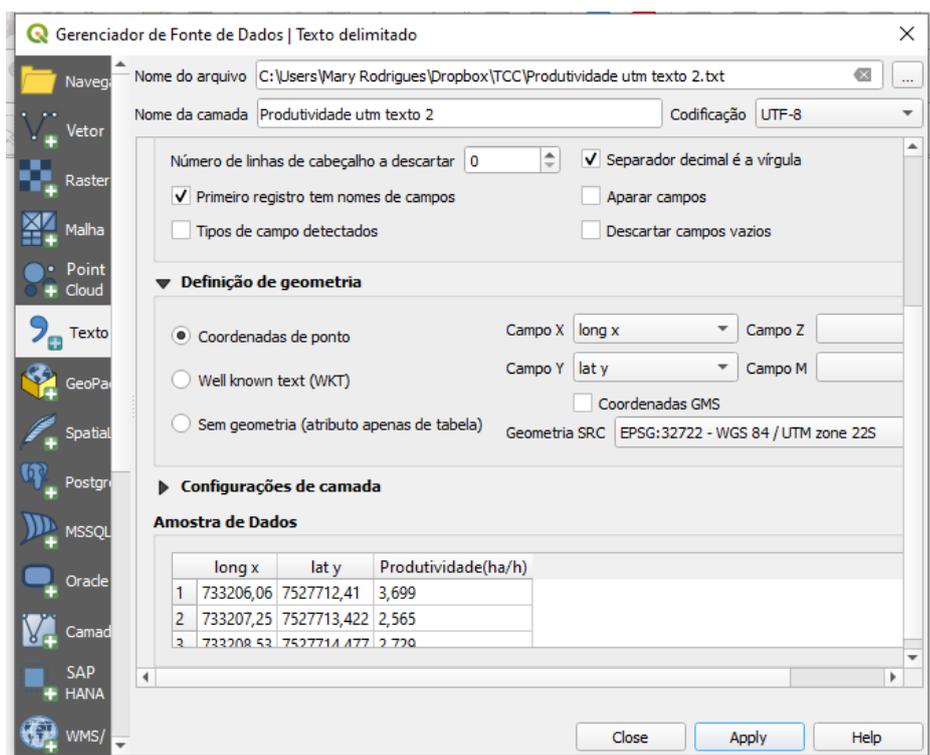
$x_{j\oplus}$  - Total da linha  $j$ ; e

$x_{\oplus j}$  - Total da coluna  $j$ .

Para a escolha de qual mapa de zonas de manejo melhor representa a produtividade, os valores de Kappa significativos foram classificados de acordo com limiares propostos por Landis e Koch (1977). Os autores classificam como ruins valores do coeficiente Kappa entre 0,00 e 0,19, razoável entre 0,20 e 0,39, bom entre 0,40 e 0,59, muito bom entre 0,60 e 0,79 e excelente quando o valor for maior ou igual a 0,80.

### 3.7 Procedimentos de uso dos softwares Qgis associado ao plugin Smart-map, e Krig-Me

Para importar os dados para análise geoespacial basta clicar em “Adicionar camada de texto delimitada”, onde na tela pode-se selecionar o arquivo com os dados (formato .txt ou .csv) e configure o tipo de separação de colunas (Figura 4).

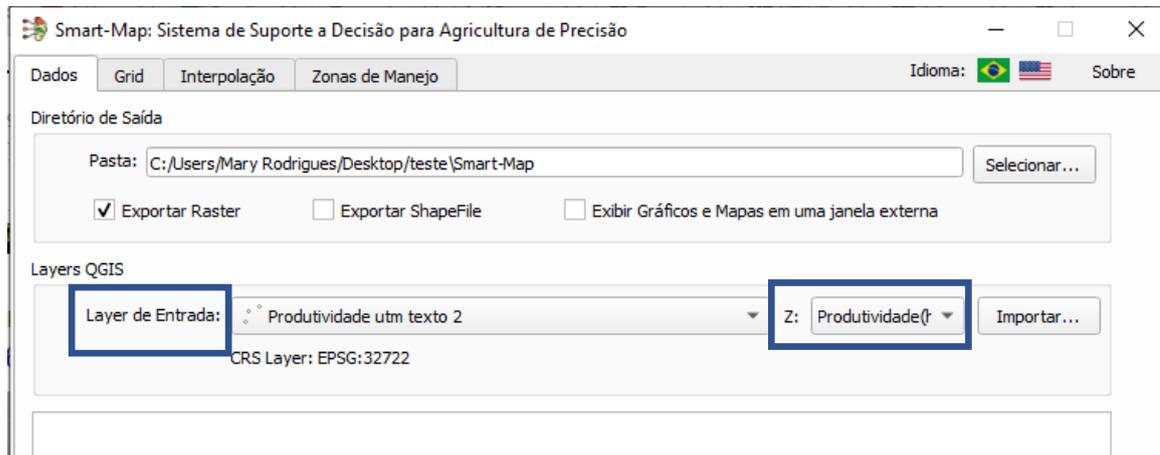


**Figura 4.** Tela de entrada de dados do Software Qgis.

Após carregado os dados a serem analisados é necessário inserir o contorno da área de estudo, o qual deverá estar em formato shapefiles. Basta clicar na opção adicionar camada vetorial, e inserir.

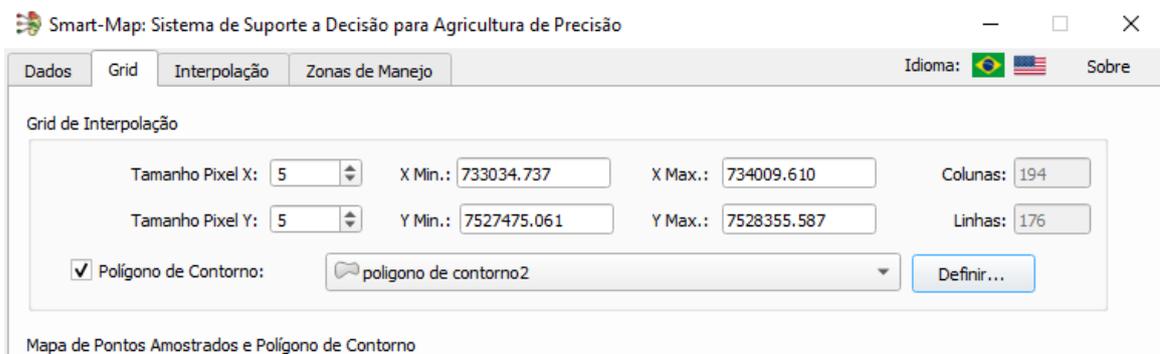
Com o plugin Smart-map já instalado, basta apenas clicar no ícone do plugin que aparece na tela inicial do Qgis. Para iniciar a análise, é necessário selecionar o arquivo de

entrada dos dados e a variável a ser analisada, após isto basta clicar em importar como demonstrado na Figura 5.



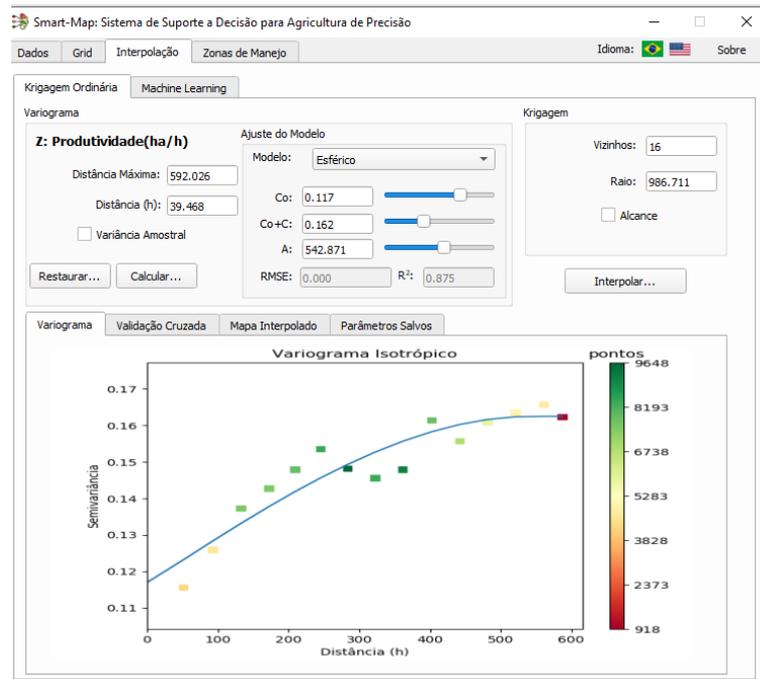
**Figura 5.** Entrada de dados do plugin Smart-map.

Ao carregar os dados, clica-se no menu “Grid” é necessário marcar o ícone de “polígono de contorno” e selecionar o contorno da área a partir dos dados carregados e clicar em definir (Figura 6).



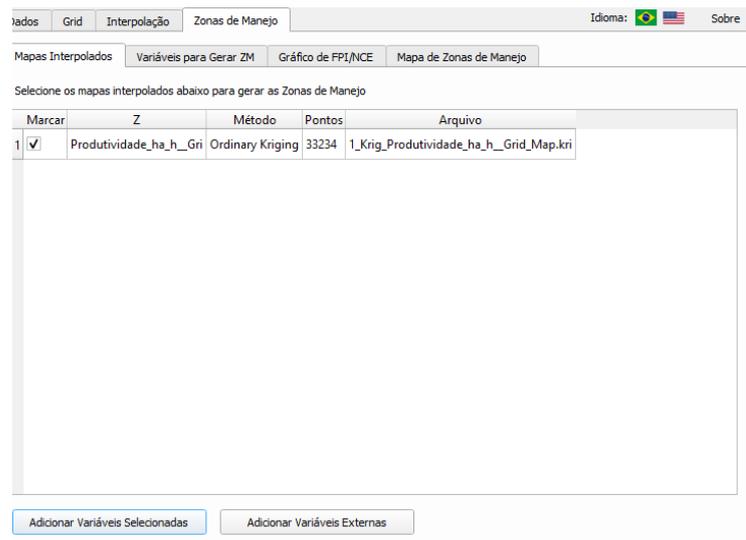
**Figura 6.** Definição do polígono de contorno.

Após isto clica-se no menu “Interpolação” e em seguida no botão “calcular”. Feito isso é carregado os modelos de semivariogramas. O plugin permite ao usuário ajustar um modelo para o maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ) (Figura 7).



**Figura 7.** Ajuste de modelo de semivariogramas.

No submenu é possível visualizar o gráfico de validação cruzada, e para realizar a interpolação dos dados basta apenas clicar no botão “interpolar”. Após realizada a modelagem do Variograma e efetuada a Krigagem, foi possível realizar a delimitação de zonas de manejo, para isso, bastou-se clicar em “Zonas de manejo → Mapas interpolados” e selecionar a variável que foi interpolada e clicar no botão “Adicionar variáveis selecionadas” (Figura 8).



**Figura 8.** Tela para seleção da variável para definição da Z.M.

Posteriormente o plugin direciona para a aba “variáveis para gerar Z.M.” e em seguida basta clicar em Gráfico NPI/FPE, e clicar no botão calcular. Então o programa começa a calcular o número ideal de zonas de manejo. Após gerado o gráfico clicar no menu “Mapa de zonas de manejo”. O plugin já define o número ideal de zonas de manejo e gera o mapa, porém é possível ajustar a quantidade de Z.M e gerar novas mapas de acordo com a necessidade. Após a decisão da quantidade de número de zonas de manejo, basta clicar em “Gerar” (Figura 9A).

Para comparar os mapas de produtividade com os mapas dos indicadores de qualidade de semeadura foi usado o procedimento “Validação de zonas de manejo” (Figura 9B) do programa computacional Krig-Me (VALENTE, 2010). O mapa de produtividade foi considerado a variável classificada e os indicadores como as zonas de manejo. Utilizou-se o teste Z, a 5% de probabilidade, na comparação entre as Z.M.

(A)

	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Somatório
ZM 1	824	44	569	874	2311
ZM 2	248	476	737	655	2116
ZM 3	1272	199	2093	1461	5025
ZM 4	1608	853	1998	2044	6503
Somatório	3952	1572	5397	5034	5437
Kappa (k) =	0,08	Ruim	Significativo ao nível de 95%		
Variância (k) =	2,79E-05				
Z calculado =	14,99252				

(B)

**Figura 9.** Tela de definição do número de zonas de manejo utilizando o plugin Smart-Map (A), e a tela de comparação de zonas de manejos do Krig-Me (B).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Variabilidade espacial e zonas de manejo da qualidade de semeadura

Na Tabela 1 encontram-se apresentados os valores de média, desvio padrão, coeficiente de variação, valor mínimo, valor máximo, e coeficiente de curtose da distribuição longitudinal de plântulas de soja. Observa-se que, para o estande e distribuição longitudinal os valores de média e mediana encontram-se próximos, porém suas variâncias, com exceção do estande, possuem valores muito altos. Considerando a meta de 12 plantas por metro, o estabelecimento da cultura contou com a emergência de 92,3% das plantas esperadas.

**Tabela 1.** Estatística descritiva dos dados da distribuição longitudinal de plântulas de soja

Parâmetros	Estande (plantas m <sup>-1</sup> )	Distribuição longitudinal		
		Normal (%)	Falho (%)	Duplo (%)
Média	11,07	68,09	21,58	11,38
Moda	11,00	70,00	18,18	0
Mediana	11,00	70,00	18,18	10,00
D.P.	1,75	14,35	15,20	8,47
C.V.	15,79	62,63	21,18	73,31
Variância	3,09	206,03	231,14	71,76
Mínimo	7	18,20	0	0
Máximo	15	93,30	78,60	36,40
Distorção	-0,13	-0,55	1,14	0,56
Curtose	-0,17	0,71	1,78	0,07

D.P.: Desvio padrão; C.V.: Coeficiente de variação

Para verificação da normalidade dos dados (Tabela 1) foi utilizado o coeficiente de curtose (define a forma de distribuição dos dados) que apresentou valores próximos a zero, o que significa que as variáveis apresentam distribuição próxima a normal, pois de acordo com Albiero et al. (2012), valores que encontram-se no intervalo de -2 e 2 estão dentro da normalidade, onde os valores positivos representam distribuições concentradas em torno da média, e os valores negativos distribuições achatadas em relação à média, ou seja, todos os dados de distribuição longitudinal estão concentrados em torno da média.

A média para distribuição longitudinal de plantas em espaçamentos normais ficou em torno de 68,09%, o que significa que a semeadora possui um desempenho regular, que fica entre 50% a 75% (VALE, 2007). A porcentagem média de espaçamentos falhos ficou em torno de 21,58%, o que pode levar a ocorrência de plantas daninhas nos espaços falhos e assim

competir com a cultura principal pela disponibilidade de água, luz e outros fatores, o que pode levar a uma queda na produtividade final.

Na análise de geoestatística (Tabela 2), um dos parâmetros a ser observado é o alcance da dependência espacial, pois representa a distância dentro da qual os valores de um determinado atributo são iguais entre si (DALCHIAVON e CARVALHO, 2012). Desta forma, o espaçamento normal possui o maior alcance entre os indicadores analisados, enquanto o espaçamento duplo o menor alcance. O modelo esférico foi selecionado para representar todas os indicadores de qualidade de semeadura, com coeficientes de determinação superiores a 0,74.

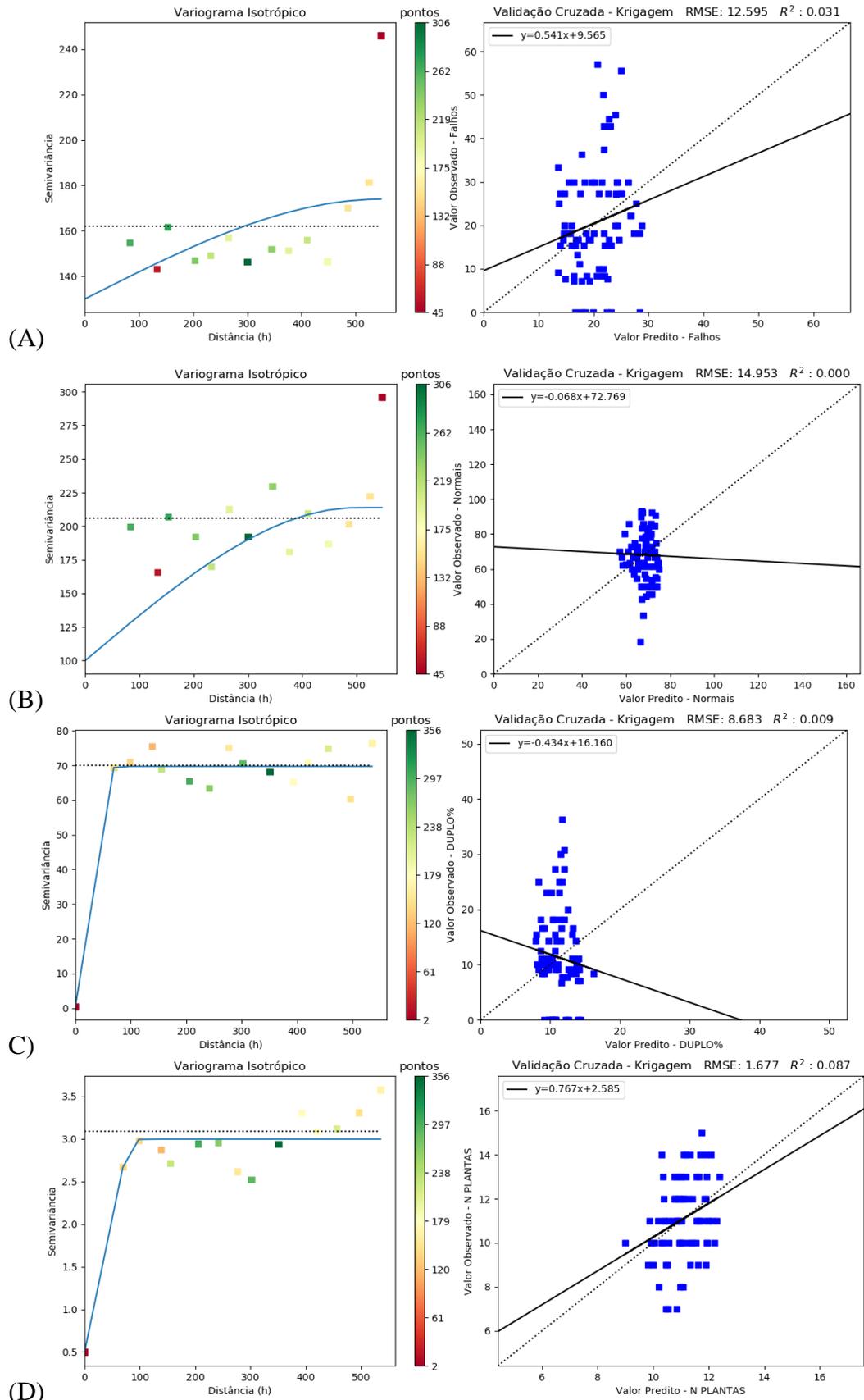
**Tabela 2.** Parâmetros dos semivariogramas ajustados do modelo matemático para a distribuição longitudinal

Distribuição longitudinal	Parâmetros do ajuste					
	Modelo	C <sub>0</sub>	C <sub>0</sub> +C <sub>1</sub>	A	r <sup>2</sup>	IDE
Normal		100,00	213,80	500,00	0,74	0,47
Falho	Esférico	129,90	173,92	546,44	0,79	0,74
Duplo		0,45	73,64	73,64	0,94	0,01
Estande		0,50	2,99	100,82	0,85	0,17

C<sub>0</sub>: efeito pepita; C<sub>0</sub>+C<sub>1</sub>: patamar; A: Alcance; r<sup>2</sup>: coeficiente de determinação; IDE: índice de dependência espacial.

Observando os dados da Tabela 2, nota-se que os espaçamentos normais e falhos possuem dependência espacial moderada, uma vez que seu IDE está entre 0,25 e 0,75, enquanto o estande e os espaçamentos duplos possuem dependência espacial forte, com IDE inferior a 0,25, e ambos apresentam maiores valores de alcance.

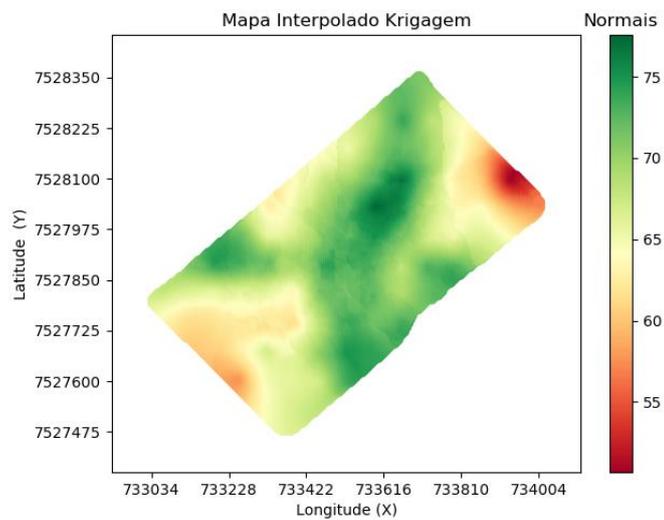
Na Figura 10 estão representados os gráficos de semivariogramas e validação cruzada para os espaçamentos normais, falhos e duplos, e número de plantas por metro, gerados usando o software Qgis.



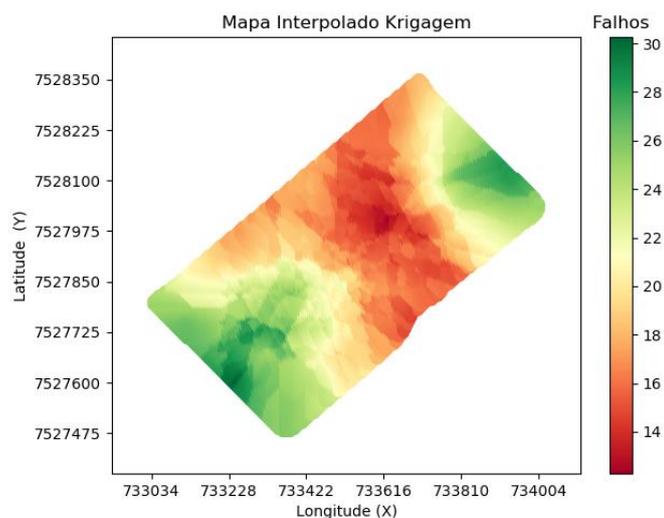
**Figura 10.** Gráfico do semivariograma e gráfico de correspondência da validação cruzada, para espaçamentos falhos (A), normais (B), duplos (C) e número de plantas por metro (D).

Após a definição dos semivariogramas, foi realizada a Krigagem ordinária dos dados de espaçamentos normais, falhos e duplos, e estande conforme pode ser visto nas Figuras 11, 12, 13 e 14, respectivamente.

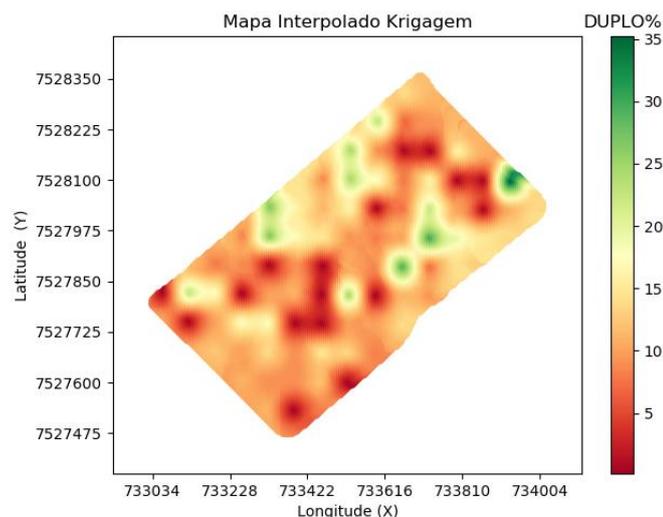
Observando o mapa temático interpolado dos espaçamentos normais (Figura 11) nota-se a maior predominância dos espaçamentos normais em torno de 65% a 70% e em segundo em torno de 70% a 75%, o que não é tão significativo devido o valor esperado dos espaçamentos normais serem entre 90% e 100% em se tratando de semeadora-adubadora pneumática.



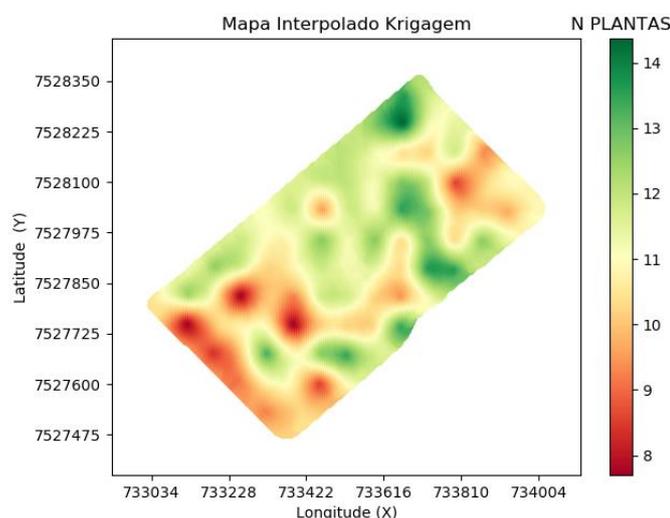
**Figura 11.** Mapa de distribuição espacial dos espaçamentos normais da semeadura da soja da área estudada.



**Figura 12.** Mapa temático da distribuição espacial dos espaçamentos falhos da semeadura da soja.



**Figura 13.** Mapa temático da distribuição espacial dos espaçamentos duplos da semeadura da soja.

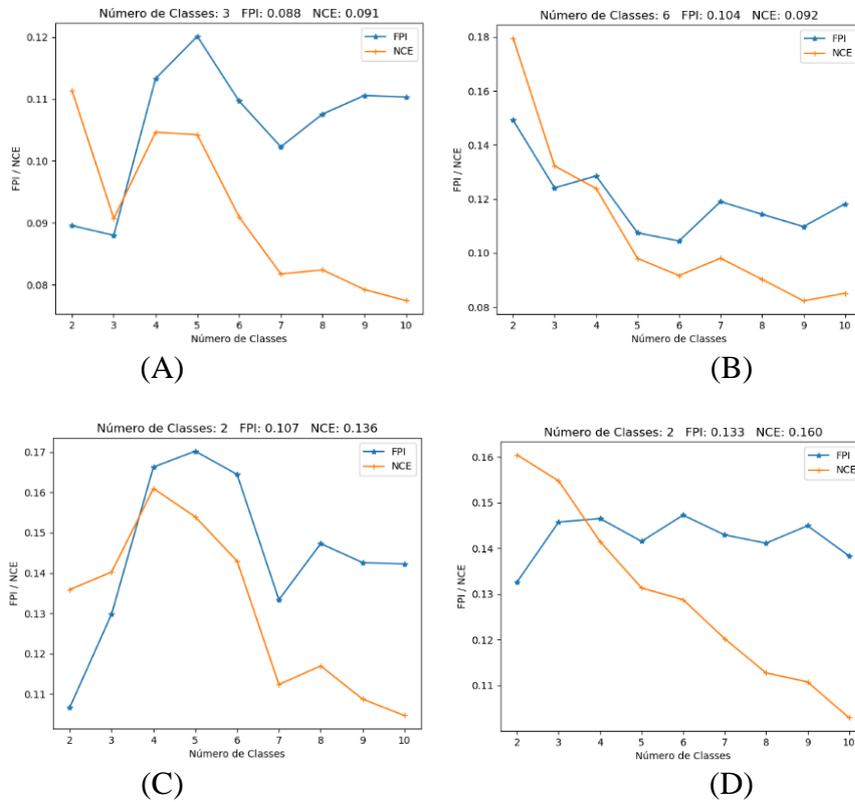


**Figura 14.** Mapa temático da distribuição espacial do estande de plantas da semeadura da soja.

Observando os mapas temáticos de espaçamentos normais (Figura 11) e falhos (Figura 12) nota-se que, onde há maior quantidade de espaçamentos normais é onde há menor predominância dos espaçamentos falhos, o que já era esperado visto que ambos são inversamente proporcionais, desta forma esperava-se que houvesse uma relação entre os mapas temáticos de espaçamento duplos (Figura 13) e estande de plantas (Figura 14), ou seja onde possuísse maior predominância de plantas por metro seria onde houvesse maior porcentagem de espaçamentos falhos, o que não ocorreu apenas observando os mapas temáticos.

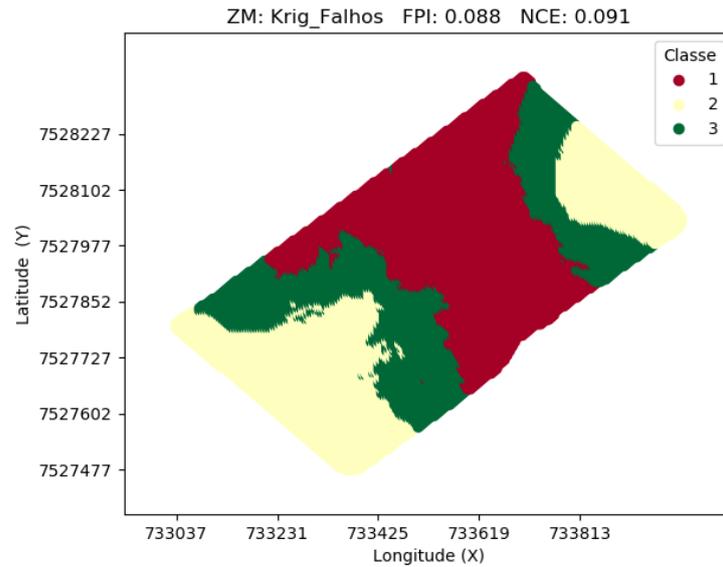
A Figura 15 mostra o índice de performance fuzzy (FPI) e a entropia de classificação normal (NCE) versus uma série de classes na análise de agrupamentos para gerar zonas de manejo dos espaçamentos falhos, normais e duplos. O FPI e o MPE diminuíram com o aumento do número de classes de espaçamentos falhos. Os mínimos valores de FPI e MPE

observados para a geração das zonas de manejo com base no espaçamento falhos, normais e duplos demonstraram zonas de manejo de três, sete e duas classes, respectivamente.

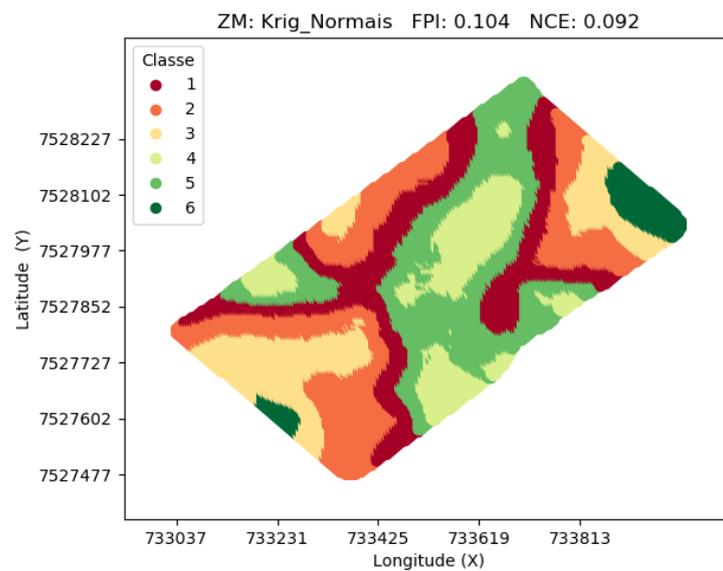


**Figura 15.** Índice de performance de fuzzy (FPI) e entropia de classificação normal (NCE) calculados para cada zona de manejo para espaçamentos falhos (A), normais (B), duplos (C) e estande de plantas (D).

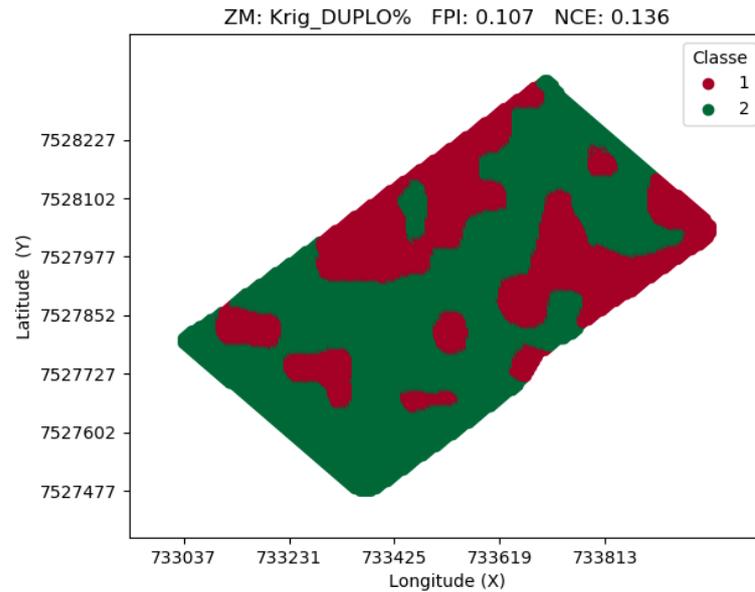
As Figuras 16, 17, 18 e 19 mostram os mapas temáticos dos espaçamentos falhos, normais, duplos e estande de plantas para as classes selecionadas por análise de agrupamentos dos dados para a geração das zonas de manejo.



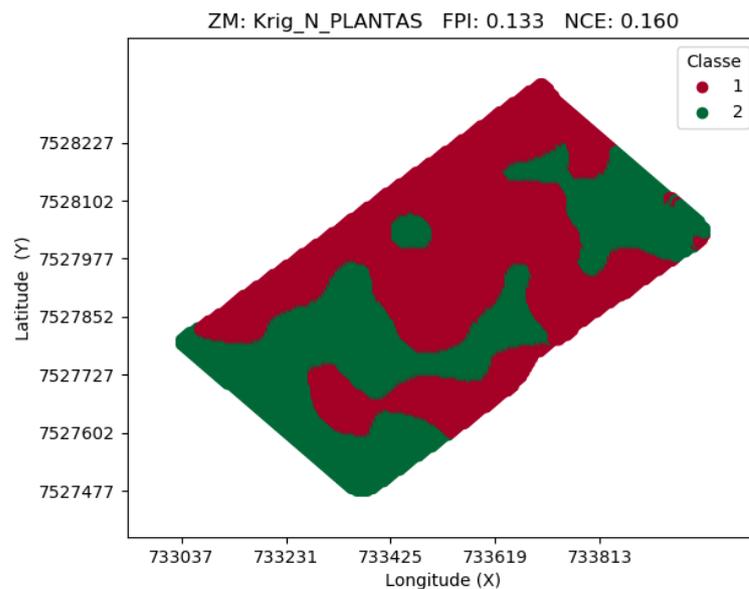
**Figura 16.** Mapa temático da zona de manejo gerada a partir dos espaçamentos falhos na semeadura da soja para 3 classes.



**Figura 17.** Mapa temático da zona de manejo gerada a partir dos espaçamentos normais na semeadura da soja para 6 classes.



**Figura 18.** Mapa temático da zona de manejo gerada a partir dos espaçamentos duplos na semeadura da soja para 2 classes.



**Figura 19.** Mapa temático da zona de manejo gerada a partir do estande de plantas na semeadura da soja para 2 classes.

#### 4.2 Variabilidade espacial e geração de zonas de manejo da produtividade

Na Tabela 3 estão apresentados os dados da análise descritiva para produtividade da soja, onde nota-se que a média e a mediana apresentam valores próximos e variância com valor baixo, porém os dados não estão dentro da normalidade, já que o coeficiente de curtose apresenta valor superior a 2.

**Tabela 3.** Estatística descritiva dos dados da produtividade da soja ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ), Dourados-MS, 2021

Média	Mediana	D.P.	Variância	Mínimo	Máximo	Distorção	Curtose
3,84	3,98	0,50	0,45	0,60	6,18	-1,34	3,18

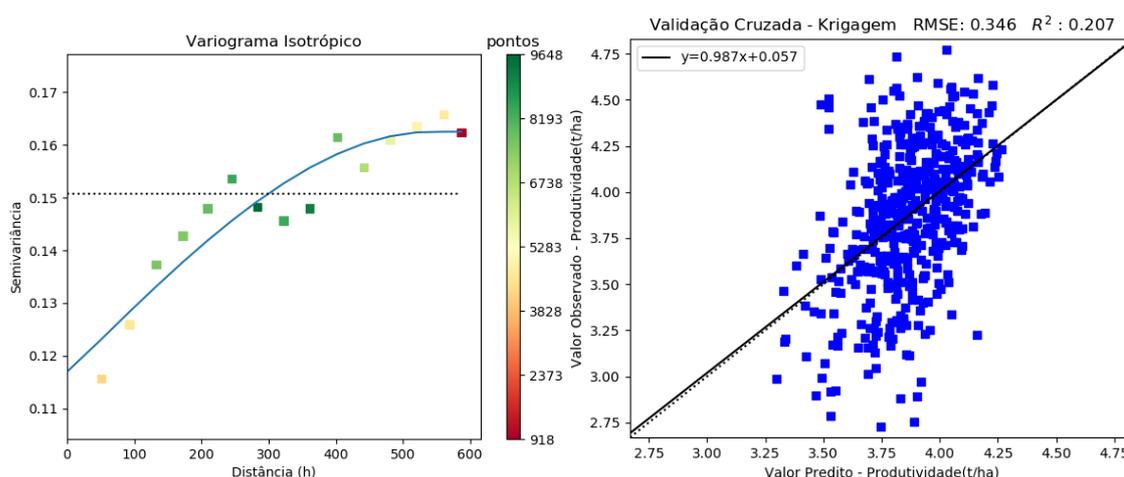
D.P. – desvio padrão.

Levando em consideração que a produtividade média da soja no Brasil está em torno de  $3,52 \text{ Mg ha}^{-1}$  (CONAB, 2021b), pode-se afirmar que a produtividade média obtida na área de estudo é maior que a produtividade nacional e que apesar da grande quantidade de espaçamentos falhos e duplos a produção não foi comprometida.

A partir dos valores da análise geoestatística, presentes na Tabela 4, nota-se que a produtividade possui uma dependência espacial moderada, estando seu IDE entre  $0,25 \leq \text{IDE} \leq 0,75$ . O gráfico do semivariograma e o gráfico de correspondência da validação cruzada estão apresentados na Figura 20. O modelo ajustado ao semivariograma foi considerado válido por apresentar coeficiente de determinação de 0,88.

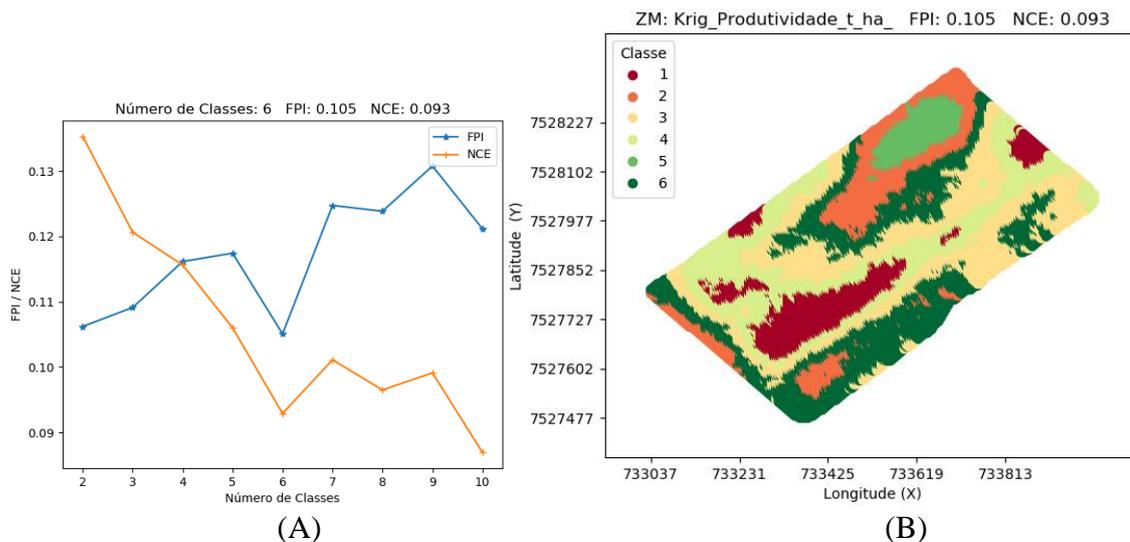
**Tabela 4.** Parâmetros de semivariogramas ajustados do modelo matemático para a produtividade da soja

Modelo	Parâmetros do ajuste				
	Co	Co+C	A	R <sup>2</sup>	IDE
Esférico	0,117	0,162	542,87	0,88	0,72



**Figura 20.** Gráfico do semivariograma e gráfico de correspondência da validação cruzada para a produtividade da soja.

Os gráficos de FPI e NCE calculados para zonas de manejo da produtividade e o mapa temático da zona de manejo da produtividade da soja para 6 classes estão apresentados na Figura 21.



**Figura 21.** Gráfico de FPI e NCE (A) calculados para zonas de manejo da produtividade e mapa temático da zona de manejo da produtividade da soja para 6 classes (B).

Observando os mapas temáticos das zonas de manejo da distribuição longitudinal e estande de plantas, nota-se que visualmente não é possível estabelecer uma relação entre eles e o mapa temático da produtividade da soja, desta forma torna-se necessário realizar a análise do coeficiente Kappa, o qual avalia a semelhança entre os mapas (erros e acertos entre mapas classificados).

### 4.3 Análise do coeficiente Kappa

Na Tabela 5 estão os coeficientes de concordância Kappa obtidos da comparação entre as classificações obtidas para as zonas de manejo com quatro classe para espaçamentos falhos, normais, duplos e o estande de plantas, em relação ao mapa da zona de manejo da produtividade com quatro classes.

**Tabela 5.** Coeficiente Kappa da comparação dos mapas de produtividade e dos indicadores de qualidade de semeadura com as zonas de manejo em quatro classes

Parâmetro	Estande	Normais	Duplos	Falhos
Kappa (k)*	0,08	0,09	0,06	0,09
Variância (k)	0,000028	0,000027	0,000026	0,000028
Z calculado	15,0	17,0	12,8	17,7

\*Significativo a 5% de probabilidade.

Pode-se observar a partir dos dados da Tabela 5 que os coeficientes Kappa das zonas de manejo de todas as variáveis comparadas com as zonas de manejo da produtividade

apresentam-se abaixo de 0,19, o que de acordo com Landis e Koch (1977) é classificado como ruim.

Desta forma, pode-se afirmar que não há correspondência entre os indicadores de qualidade de semeadura e a produtividade da soja, resultado semelhante foi encontrado por Grubert (2016), que constatou que a produtividade da soja não apresentou correlação significativa com a distribuição longitudinal de plantas.

A não correspondência da Zona de manejo da produtividade com as zonas de manejo dos indicadores de qualidade, por ter ocorrido devido a outros fatores que podem comprometer a produtividade, como por exemplo, o clima, a variabilidade e fertilidade do solo em determinadas regiões.

## 5. CONCLUSÕES

A maior parte da área possui distribuição longitudinal com espaçamentos normais, que ficou em média de 69%, ou seja, uma média regular, porém distante do ideal que seria de 90%, isto ocorreu em virtude da quantidade elevada de espaçamentos falhos e duplos.

A produtividade da soja, os espaçamentos falhos e normais possuem dependência espacial moderada, enquanto o estande e espaçamentos duplos classificados como dependência espacial forte.

A zona de manejo da produtividade da soja não apresentou correlação e concordância significativa quando comparada às zonas de manejo dos indicadores de qualidade de semeadura avaliados.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA, J.J.B.; CABRERA, M.G.; BRAS, R.F.; GONZÁLES, J.D.; CHAMORRO, S.M.; ESCOBAR, J. Variabilidade espacial da produtividade, perdas na colheita e lucratividade da cultura de soja. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v.10, p.27-46, 2018.  
<http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n120181050>
- ALBIERO, D.; MACIEL, A.J.S.; MILAN, M.; MONTEIRO, L. de A.; MION, R.L. Avaliação da distribuição de sementes por uma semeadora de anel interno rotativo utilizando média móvel exponencial. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.43, n.1, p.86-95, 2012.  
<http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/1496/655>
- ARCOVERDE, S.N.S.; SOUZA, C.M.A. de.; CORTEZ, J.W.; MACIAK, P.A.G.; NAGAHAMA, H.J. Qualidade e variabilidade espacial na semeadura do milho de segunda safra. **Energia na Agricultura**, v. 32, n. 4, p. 386-392, 2017.  
<http://dx.doi.org/10.17224/EnergAgric.2017v32n4p386-392>
- ARCOVERDE, S.N.S.; SOUZA, C.M.A. de.; CORTEZ, J.W.; GUAZINA, R.A.; MACIAK, P.A.G. Qualidade do processo de semeadura da cultura do milho de segunda safra. **Engenharia na Agricultura**, v.24, p.383-392, 2016.  
<https://doi.org/10.13083/reveng.v24i5.709>
- BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCOPIO, S. O.; COSTA, J. M.; KOSINSKI, C. L.; PANISON, F.; DEBIASI, H., FRANCHINI, J. C. Espaçamento reduzido e plantio cruzado associados a diferentes densidades de plantas em soja. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina-PR, v. 36, n. 5, p.2977-2986, 2015. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n5p2977>
- BERNARDI, A. C. C.; INAMASU, R. Y. Adoção da agricultura de precisão 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. 559-577.  
<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1003522/1/CAP60.pdf>
- BOTTEGA, E.L.; QUEIROZ, D.M.; PINTO, F.A.C.; SOUZA, C.M.A. de; VALENTE, D.S.M. Precision agriculture applied to soybean: Part I - Delineation of management zones. **Australian Journal of Crop Science**, v.11, p.573-579, 2017.  
<https://doi.org/10.21475/ajcs.17.11.05.p381>
- CAMBARDELLA, C.A.; MOOMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEM, D.L.; TURVO, R.F.; KONOPA, A.E. Field scale variability of soil properties in central Iowa soil. **Soil Science Society of America Journal**, v.47, p.1501-1511, 1994.  
<https://doi.org/10.2136/sssaj1994.03615995005800050033x>
- CAMPOS, S.; ARAÚJO JÚNIOR, A.A.; BARROS, Z.X.; CARDOSO, L.G.; PIROLI, E.L. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao uso da terra em microbacias hidrográficas, Botucatu – SP. **Revista Engenharia Agrícola**, v.4, n.2, p.431-435, 2004.  
<https://doi.org/10.1590/S0100-69162004000200023>

- CAPPELLI, N.L. **Agricultura de precisão** - Novas tecnologias para o processo produtivo. 2004. <https://www.fsantos.utad.pt/bibliografia/NT040224-02.pdf>. Acesso em 20 de maio de 2021.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v.7 - Safra 2019/20 - Décimo segundo levantamento, Brasília, p. 1-68, setembro 2020. <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 15 set. 2020.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v.8, safra 2020/21, n.7, sétimo levantamento, 2021a. <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em 02 maio 2021.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v.8, safra 2020/21, n.8, oitavo levantamento, 2021b. <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 08 junho 2021.
- CONGALTON, R.G.; MEAD, R.A. A quantitative method to test for consistency and correctness in photointerpretation. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v.49, n.1, p.69-74, 1983.
- CORRÊA, A. N.; TAVARES, M. H. F.; URIBE-OPAZO, M. A. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo e seus efeitos sobre a produtividade do trigo. **Semina: Ciências Agrárias**, v.30, n.1, p.81-94, 2009. <https://www.redalyc.org/pdf/4457/445744091010.pdf>
- DALCHIAVON, F.C.; CARVALHO, M.P. Correlação linear e espacial dos componentes de produção e produtividade da soja. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, p.541-552, 2012. <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/10329/WOS000307002600011.pdf>
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Soja em números (Safra 2018/19)**. 2019. <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em 15 set. 2020.
- ESPÍNDOLA, C.J.; CUNHA, R.C. A dinâmica geoeconômica recente da cadeia produtiva da soja no Brasil e no mundo. **Geotextos**, v.11, p.217-238, 2015. <https://periodicos.ufba.br/index.php/geotextos/article/view/12692>
- FALKOSKI FILHO, J.; GARDIANO, C. G.; OLIVEIRA, G. M.; CAMARGO, L. C. M.; BALAN, M. G.; SAAB, O. J. G. A. Rendimento de grãos de soja em diferentes arranjos espaciais. **Revista Agrarian**, Dourados, v.6, n.19, p.107-109, 2013. <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/1305>
- GREGO, C. R.; OLIVEIRA, R. P. de; VIEIRA, S. R. Geoestatística aplicada a agricultura de precisão. In: BERNARDI, A. C. de C.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A. V. de; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (Ed.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014b. cap. 5, p. 74-83. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1002010/1/4221.pdf>. Acesso em 06 maio 2021.

- GRUBERT, D. A da V. **Distribuição longitudinal e produtividade de soja em sistema de integração lavoura-pecuária**. 2016. 22p. (Monografia de Graduação em Agronomia), Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, SC.  
[https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/165420/tcc\\_vfinal%20daniel%20grubert.pdf](https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/165420/tcc_vfinal%20daniel%20grubert.pdf). Acesso em 26 maio 2021.
- HIRAKURI, M.H.; LAZZAROTTO, J.J. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro**. Londrina, Embrapa Soja. 2014.  
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/104753/1/O-agronegocio-da-soja-nos-contextos-mundial-e-brasileiro.pdf>. Acesso em: 11 set. 2020.
- HUDSON, W.D.; RAMM, C.W. Correct formulation of the kappa coefficient agreement. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**. v.53, p.421-422. 1987.
- KURACHI, S.A.H.; COSTA, J.A.S.; BERNARDI, J.A.; COELHO, J.L.D.; SILVEIRA, G.M. Avaliação tecnológica de semeadoras e/ou adubadoras: tratamento de dados de ensaio e regularidade de distribuição longitudinal de sementes. **Bragantia**, Campinas, v.48, n.2, p.249-262, 1989. <https://doi.org/10.1590/S0006-87051989000200011>
- LAMPARELLI, R.A.C. **Agricultura de precisão**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2016. [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/contag01\\_72\\_711200516719.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/contag01_72_711200516719.html). Acesso em: 18 maio 2021.
- LANDIS, J.R.; KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33, n.1, p.159-174, 1977.
- OLIVEIRA, R. P.; GREGO, C. R.; BRANDÃO, Z. N. Geoestatística aplicada na Agricultura de Precisão utilizando o Vesper. 23. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2015.  
[https://www.researchgate.net/profile/Ziany-Brandao/publication/303983590\\_Geoestatistica\\_aplicada\\_na\\_Agricultura\\_de\\_Precisao\\_utilizando\\_o\\_VESPER/links/576154f808ae244d0372c391/Geoestatistica-aplicada-na-Agricultura-de-Precisao-utilizando-o-VESPER.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ziany-Brandao/publication/303983590_Geoestatistica_aplicada_na_Agricultura_de_Precisao_utilizando_o_VESPER/links/576154f808ae244d0372c391/Geoestatistica-aplicada-na-Agricultura-de-Precisao-utilizando-o-VESPER.pdf) Acesso em: 20 maio 2021.
- PAZ, M.R.; FRANÇA, F.A.; LOCH, C. A importância da adoção de técnicas de geoprocessamento no planejamento agroecológico de propriedades rurais familiares. **Cadernos de Agroecologia**, v.4, n.1, 2009.
- PROCÓPIO, S. O.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON, F. Plantio cruzado na cultura da soja utilizando uma cultivar de hábito de crescimento indeterminado. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v.56, n.4, p.319-325, 2013. <http://dx.doi.org/10.4322/rca.2013.048>
- QUEIROZ, D.M. de; VALENTE, D.S.M; COELHO, A.L. de F. Sensores e atuadores. In: QUEIROZ, D.M. de; VALENTE, D.S.M.; PINTO, F. de A.C.; BORÉM, A. **Agricultura digital**. Viçosa: UFV, p.136-159, 2020.
- REGHINI, F.L.; CAVICHIOLI, F.A. Utilização de geoprocessamento na agricultura de precisão. **Revista Interface Tecnológica**, v.17, n.1, p.329-339, 2020.  
<https://doi.org/10.31510/infa.v17i1.750>

- REYNALDO, É.F.; MACHADO, T.M.; TAUBINGER, L.; QUADROS, D. Influência da velocidade de deslocamento na distribuição de sementes e produtividade de soja. **Engenharia na Agricultura**, v.24, n.1, p.63-72, 2016.
- ROCHA, F.; OLIVEIRA NETO, A. M.; BOTTEGA, E.L.; GUERRA, N.; ROCHA, R.; VILAR, C. Mapeamento de plantas daninhas utilizando técnicas de agricultura de precisão. **Planta Daninha**, v.33, n.1, p.157-164, 2015. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582015000100018>
- SILVA, S. de A.; LIMA, J.S. de S.; SANTOS, N.T. Análise das variabilidades especial e temporal. In: QUEIROZ, D.M. de; VALENTE, D.S.M.; PINTO, F. de A.C.; BORÉM, A. **Agricultura digital**. Viçosa: UFV, p.45-65, 2020.
- SONG, X.; WANG, J.; HUANG, W.; LIU, L.; YAN, G.; PU, R. The delineation of agricultural management zones with high resolution remotely sensed data. **Precision Agriculture**, v.10, p.471-487, 2009.
- SOUZA, C.M.A. de; RAFULL, L.Z.L.; ARCOVERDE, S.N.S.; BOTTEGA, E.L.; ORLANDO, R.C. Desempenho de semeadora-adubadora de milho de segunda safra em semeadura direta. **Agrarian**, v.12, p.346-353, 2019. <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/7965/5343>
- VALE, W. G. do. Análise de desempenho de uma semeadora-adubadora de semeadura direta no Norte Fluminense. 2007. 88p. (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ. <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp034284.pdf>
- VALENTE, D.S.M. Desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão para definir zonas de manejo em cafeicultura de precisão. UFV, Viçosa, MG. 2010. 120p. <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/674>
- VASCONCELLOS, J. P. R.; REIS, R. B.; REZENDE, R. M.; REZENDE, R. A. L. S.; CARVALHO, A. F. S. de. Influência da velocidade de semeadura na produtividade do trigo. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v.16, n.3, p.1-7, 2018. <http://periodicos.unincor.br/index.php/revistaunincor/article/view/5601>
- VIAN, A.L.; SANTI, A.L.; AMADO, T.J.C.; CHERUBIN, M.R.; SIMON, D.H.; DAMIAN, J.M.; BREDEMEIER, C. Variabilidade espacial da produtividade de milho irrigado e sua correlação com variáveis explicativas de planta. **Ciência Rural**, v.46, n.3, p 464-471, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20150539>. Acesso em 05 jun. 2021.
- VIEGAS NETO, A.L.; SOUZA, C.M.A. de; ARCOVERDE, S.N.S.; LIMA JUNIOR, I.D.S. de; PILETTI, L.M.M. da S. Seeder-fertilizer performance with two furrowing mechanisms and sowing speed. **Revista Agrogeoambiental**, v.12, n.2, 2020. <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v12n220201447>