

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA EM CAMPO DE PRODUÇÃO¹

ALEXANDRE GAZOLLA-NETO^{2*}, MARCIABELA CORREA FERNANDES³, ALINE DUARTE GOMES⁴,
GIZELE INGRID GADOTTI⁵, FRANCISCO AMARAL VILLELA⁶

RESUMO - O objetivo do presente trabalho foi identificar e determinar a distribuição espacial da qualidade fisiológica de sementes de soja em um campo de produção com 39 hectares por meio de técnicas de agricultura de precisão. Foram realizadas amostragem de solo e colheita de sementes em pontos georreferenciados para a determinação da fertilidade do solo, qualidade fisiológica das sementes e alcance da dependência espacial. Os resultados foram submetidos às análises de estatística descritiva, correlação linear de Pearson e geoestatística. Os dados apresentaram coeficiente de variação de 1,63% para emergência, 1,74% para germinação, 1,63% para viabilidade, 2,59% para envelhecimento acelerado e 4,28% para vigor avaliado pelo teste de tetrazólio. O pH do solo correlacionou-se negativamente com a germinação, a emergência e a viabilidade. O grid de um ponto por hectare e uma malha de amostragem georreferenciada com espaçamento de 100 metros entre pontos foi eficiente na avaliação da variabilidade espacial. A qualidade fisiológica não é uniforme, particularmente em relação ao vigor, proporcionando melhor diagnóstico por meio de mapas de interpolação. A agricultura de precisão possibilitou determinar a distribuição espacial da qualidade fisiológica de sementes em uma área de produção de sementes de soja, facilitando a tomada de decisão no que refere-se às áreas a serem colhidas.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.) Merrill. Variabilidade espacial. Agricultura de precisão. Produção de sementes. Geoestatística.

SPATIAL DISTRIBUTION OF PHYSIOLOGICAL QUALITY OF SOYBEAN SEED PRODUCTION FIELD

ABSTRACT- The objective of this study was to identify and determine the spatial distribution of the physiological quality of soybean seeds in a field of 39 hectares with production through precision farming techniques. Soil sampling and harvest seeds, georeferenced points for determining soil fertility, seed quality and range of spatial dependence were performed. The results were submitted to analysis of descriptive statistics, Pearson correlation, and geostatistics. The data presented coefficient of variation of 1,63% for emergency, 1,74% for germination, 1,63% for viability, 2,59% for accelerated aging and 4,28% vigor evaluated by the tetrazolium test. Soil pH was negatively correlated with germination, emergence, and viability. The grid point per hectare and a georeferenced grid sampling, spacing of 100 meters between points, was efficient in assessing the spatial variability. Physiological quality is not uniform, particularly in relation of vigor, providing better diagnosis through interpolation maps. Precision agriculture allows one to determine the spatial distribution of seed physiological quality in a production area of soybean seeds, facilitating decision-making, in what refers to the areas to be harvested.

Keywords: *Glycine max* (L.) Merrill. Spatial variability. Precision agriculture. Seed production. Geostatistics.

*Autor para correspondência

¹Recebido para publicação em 15/09/2014; aceito em 21/03/2015.

O trabalho faz parte da Tese de Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes do primeiro autor. O Projeto de Pesquisa foi financiado pelo CNPq.

²Departamento de Fitotecnia, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, UFPel/FAEM. Pelotas (RS); agazolla@gmail.com.

³Departamento de Fitotecnia, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, UFPel/FAEM. Pelotas (RS); marciabelafc@yahoo.com.br.

⁴Centro de Engenharias, UFPel. Pelotas (RS); aline89gomes@hotmail.com.

⁵Centro de Engenharias, UFPel. Pelotas (RS); gizeleingrid@gmail.com.

⁶Departamento de Fitotecnia, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, UFPel/FAEM. Pelotas (RS); francisco.villela@ufpel.edu.br.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o Brasil tem apresentado desempenho crescente em termos de produtividade e produção de grãos de soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. Na safra 2013/2014 a área semeada com esta cultura no Brasil foi de 30.173,1 mil hectares, com uma produtividade média de 2.854 kg ha⁻¹ (CONAB, 2014). A utilização de sementes de soja com alto potencial fisiológico é aspecto importante a ser considerado para o aumento da produtividade dessa cultura. Por isso, o controle de qualidade de sementes deve ser cada vez mais eficiente, incluindo testes que avaliem rapidamente o potencial fisiológico e que permitam diferenciação precisa entre lotes (FESSEL et al., 2010; MINUZZI et al., 2010).

Estudos têm sido realizados com o objetivo de estabelecer correlações entre a produtividade das culturas e propriedades físico-químicas do solo, bem como outras variáveis, estabelecendo os principais fatores de influência (MONDO et al., 2012). Na agricultura de precisão, o solo deixa de ser tratado como homogêneo e a sua variação espacial passa a ser considerada visando a exploração e monitoramento das características produtivas, tornando-se uma estratégia de manejo que busca a racionalização do uso de insumos, tais como agrotóxicos e fertilizantes, associado à preservação dos recursos naturais (MESTAS et al., 2010; SOUZA et al., 2010; RESENDE et al., 2014).

O uso de amostragem aleatória que utiliza a média para caracterizar determinado fator da produção é insuficiente para caracterizar como a sua variabilidade espacial pode melhorar a eficiência do sistema de produção das culturas (AMADO et al., 2007; SOUZA et al., 2008).

A produção de sementes envolve a necessidade de um sistema otimizado e produtivo, aliado ao produto de elevada qualidade, sendo preferidos solos naturalmente férteis. A disponibilidade de áreas com estas características, no entanto, não sempre ocorre, resultando na necessidade da utilização de solos com média a baixa fertilidade (PESKE et al., 2012). Neste contexto, mapas de distribuição espacial das características do solo mostram a acentuada variabilidade de ambiente que as plantas podem encontrar em uma lavoura (MONDO et al., 2012).

Para Mattioni et al. (2011), a variabilidade representada por mapas de interpolação é uma ferramenta de gestão de qualidade na produção de sementes que permite o estabelecimento de áreas a serem colhidas e descartadas dentro de um campo de produção. Essa ferramenta associada com testes rápidos de avaliação da qualidade fisiológica, como a viabilidade e o vigor pelo teste de tetrazólio, permite a identificação de áreas aptas para a produção de sementes.

Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi identificar e determinar a distribuição espacial da qualidade fisiológica de sementes de soja em um campo de produção com 39 hectares por meio de técnicas de agricultura de precisão.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em um campo de produção de sementes de soja no município de São Gabriel (RS) (latitude 30° 19' 55'' S, longitude 54° 11' 06'' W) em uma área de 39 ha na safra 2012/2013. As análises de qualidade das sementes foram realizadas no Laboratório Didático de Análise de Sementes do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, da Universidade Federal de Pelotas.

Com base no mapa de contorno da área foram distribuídos pontos de monitoramento espacializados de 100 x 100 metros, caracterizando um ponto amostral central por hectare com quatro subpontos distribuídos em um raio de 15 m, a partir do ponto central, com um ângulo entre eles de 90° (Figura 1). Os pontos amostrais centrais foram definidos com base na metodologia de amostragem sistemática, seguindo uma malha regular de amostragem, cujos pontos são demarcados em uma rota de caminhamento pré-definida e com base no contorno do campo de produção (MATTIONI et al., 2011).

Foi empregada a semeadura direta na palha, no dia 05 de novembro de 2012, utilizando uma semeadora equipada com sulcador tipo facão e sistema de distribuição de sementes tipo disco perfurado. A máquina foi regulada para distribuir 15 sementes por metro linear e espaçamento entre linhas de 0,45 m. A adubação de base consistiu em uma dose fixa de 160 kg ha⁻¹ de adubo NPK de formulação 2-20-20. E utilizada a cultivar TEC 5936 IPRO.

A avaliação dos atributos do solo (matéria orgânica, pH, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro, boro, cobre, manganês e zinco) foi conduzida de acordo com CQFS RS/SC (2004). A amostragem do solo foi realizada com pá de corte na direção transversal às linhas de adubação (CQFS RS/SC, 2004), sendo este procedimento realizado 30 dias antes da semeadura da soja. E coletadas subamostras de solo de zero a 10 cm de profundidade em cinco pontos, sendo que as cinco subamostras formaram a amostra média do ponto. Para demarcação dos locais para coleta das amostras de solo e demais variáveis em estudo foi considerado um ponto de monitoramento central, onde foi coletada uma subamostra e as outras quatro coletadas em quatro raios de 15 m a partir do ponto central, sendo o ângulo entre dois raios consecutivos de 90° (Figura 1).

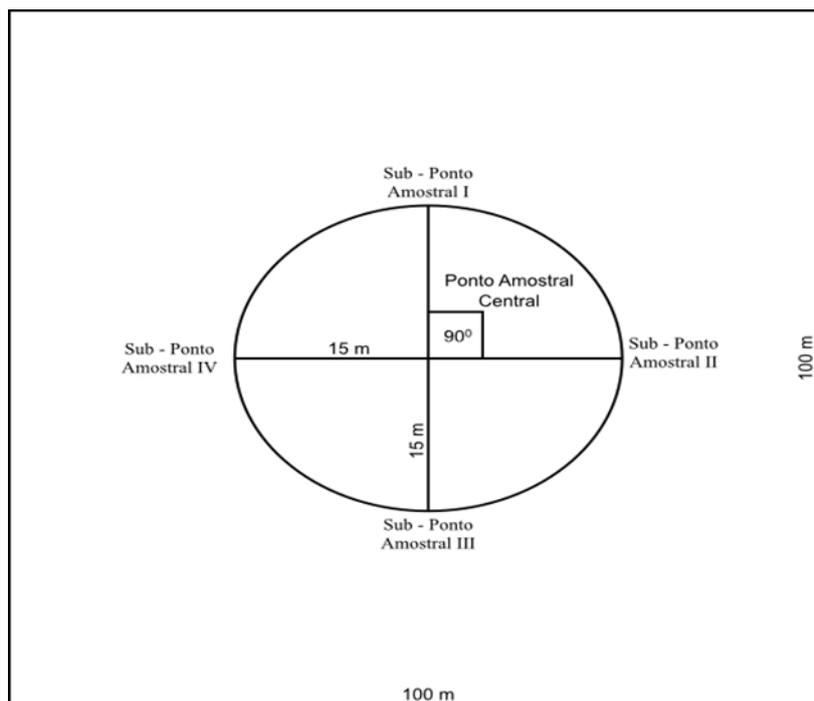


Figura 1. Diagrama de demarcação do ponto amostral central e subpontos amostrais dentro do campo de produção, safra 2012/2013.

Para a determinação da qualidade das sementes produzidas no campo foi realizada a colheita das amostras, coletando as plantas em cinco parcelas de 1 m² cada, sendo que as cinco subamostras formaram a amostra média do ponto. A colheita foi realizada no dia 28 de março de 2013, na qual as plantas tiveram as vagens separadas, sofrendo, posteriormente, debulha manual, obtendo-se as amostras de sementes de todos os pontos da malha de amostragem. As amostras foram submetidas ao processo de secagem artificial em estufa com circulação forçada de ar a temperatura de 30°C até atingirem teor de água de 12%.

Os dados climáticos (radiação solar, umidade relativa do ar e temperatura do ar e do solo) entre a semeadura e a colheita foram monitorados e analisados durante todo o ciclo da cultura através de uma estação climática automática presente no centro da área de produção.

Para a determinação da qualidade fisiológica das sementes foram realizadas as seguintes avaliações:

Teste de germinação (G): conduzido em oito subamostras de 50 sementes, as quais foram dispostas em rolos formados por três folhas de papel germitest, umedecidas com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco e os rolos transferidos para câmara de germinação tipo BOD a 25°C e período luminoso de 12 horas. Quanto às avaliações estas foram efetuadas no oitavo dia após a semeadura e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais (BRASIL, 2009).

Velocidade de germinação (VG): obtida a

partir de contagens diárias das sementes germinadas (protrusão radicular mínima de 3 a 4 mm). As contagens foram realizadas até a obtenção do número constante de sementes germinadas e posteriormente calculada a velocidade de germinação. Os resultados foram expressos em dias (NAKAGAWA, 1999).

Emergência de plântulas (E): a emergência das plântulas foi realizada com oito subamostras de 50 sementes para cada ponto amostral, distribuídas em sulcos de 1,0 m de comprimento, profundidade de 2,5 cm e espaçamento entre linhas de 0,5 m. A semeadura foi realizada em canteiros com areia lavada no interior casa de vegetação telada, na época recomendada para a semeadura da cultivar. As contagens realizadas diariamente no mesmo horário, a partir do momento que os epicótilos romperam a superfície da areia até 14 dias após a semeadura, sendo então calculada a porcentagem de emergência de plântulas (NAKAGAWA, 1999).

Velocidade de emergência (VE): realizada conjuntamente com o teste de emergência plântulas em areia, sendo realizadas contagens diárias a partir do dia em que a primeira plântula emergiu até alcançar o número constante de plântulas emergidas e calculada a velocidade de emergência. Os resultados foram expressos em dias (NAKAGAWA, 1999).

Teste de tetrazólio: foram utilizadas duas subamostras de 50 sementes, dispostas entre três folhas de papel germitest umedecido com água destilada e pré-condicionadas por 16 horas em câmara incubadora (tipo BOD) a 25°C. Decorrido este período, as sementes foram transferidas para copos plásticos, com volume de 50 mL, sendo totalmente submersas em solução de tetrazólio (0,075%) e mantidas

a 40° C por 180 minutos no interior da BOD. Após a coloração e a lavagem em água corrente as sementes foram separadas em classes de 1 a 8. A viabilidade (VBT) foi representada pela soma das porcentagens de sementes pertencentes às classes de 1 a 5, o nível de vigor (VT) pelas classes de 1 a 3 e a não viabilidade pelas classes de 6 a 8. O potencial de vigor e viabilidade foram expressos em porcentagem (FRANÇA NETO et al., 1999).

Envelhecimento acelerado (EA): foram utilizadas caixas plásticas do tipo gerbox como compartimento individual, em cujo interior ocorreu a adição de 40 mL de água. As sementes foram colocadas em camada única sobre uma tela acondicionada dentro da caixa gerbox e mantidas a 41° C durante 48 horas. Posteriormente, conduziu-se o teste de germinação, realizando uma única contagem no quinto dia. Os resultados foram expressos em porcentagem (MARCOS FILHO, 2005).

Os resultados foram submetidos a análise de estatística descritiva, correlação linear de Pearson e geoestatística. O método geoestatístico de interpolação utilizado na elaboração dos modelos digitais foi a krigagem, empregando raio máximo de pesquisa de 100 metros. A elaboração dos modelos digitais (mapas) realizada por meio do *software* “Sistema Agropecuário CR - Campeiro 7” (GIOTTO, et al., 2004). O semivariograma foi estimado pela seguinte

expressão:

$$y(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

em que N(h) é o número de pares experimentais de dados separados por uma distância h; Z(x_i) é o valor determinado em cada ponto amostrado; e Z(x_i + h) é o valor medido em um ponto mais uma distância h.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cultivar TEC 5936 IPRO completou o ciclo em 115 dias, entre a emergência e a maturidade fisiológica, e 123 dias entre a emergência e a colheita, sendo as sementes colhidas com umidade média de 17%.

Os dados de precipitação pluviométrica, radiação solar, umidade relativa do ar e temperatura do ar e do solo estão presentes na Figura 2. Estas variáveis apresentam efeitos importantes sobre o crescimento e o desenvolvimento das plantas de soja, além de influenciar a qualidade fisiológica e sanitária das sementes (ARANGO et al., 2006; PINTO et al., 2007; PINTO et al., 2009; FORTI et al., 2010).

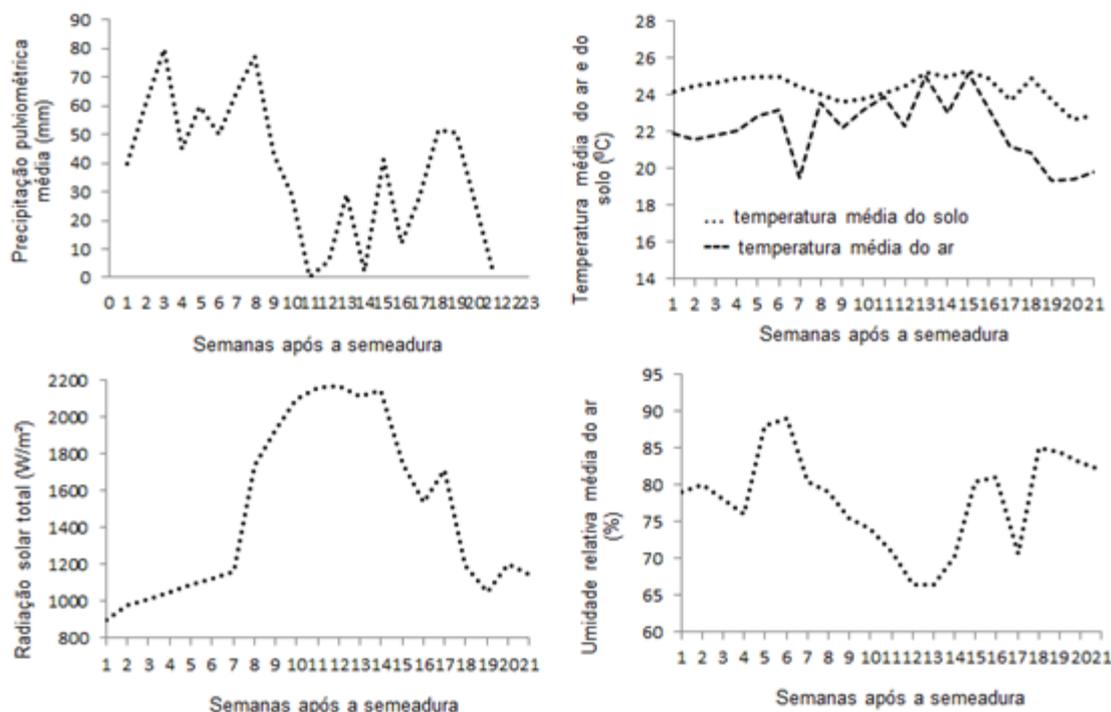


Figura 2. Precipitação pluviométrica, radiação solar, umidade relativa do ar e temperatura do ar e do solo, da semeadura até a colheita do campo de produção de sementes de soja, São Gabriel (RS), safra 2012/2013.

Os resultados da emergência de plântulas em areia, germinação em papel e viabilidade pelo teste de tetrazólio (VBT) estão apresentados na Tabela 1 conjuntamente com EA, VT, VG. Os valores médios

de germinação, viabilidade e emergência em campo foram superiores a 90%, com coeficiente de variação inferior a 1,74%. De maneira semelhante, os dados médios de envelhecimento acelerado e vigor pelo

teste de tetrazólio foram de 94 e 92%, respectivamente, evidenciando a elevada qualidade fisiológica das sementes. Em estudo semelhante, Mondo et al. (2012) obtiveram média de germinação de 87,67% e valores máximo e mínimo de 98 e 73%, respectivamente, e um CV de 7,25%. Os resultados obtidos neste estudo podem estar relacionados às condições climáticas favoráveis ocorridas nos estádios R7 e R8,

associado à colheita com umidade de 17% e posterior secagem artificial seguida pela trilha manual das sementes. Após a maturidade fisiológica as sementes desligam-se fisiologicamente da planta-mãe, ficando expostas a condições de ambiente, muitas vezes desfavoráveis (PESKE et al., 2012), sendo recomendável proceder o início da colheita de sementes de soja com teor de água entre 18 a 17%.

Tabela 1. Valores máximos, mínimos, médios, desvio padrão (DP), coeficiente de variação (CV), alcance e grau de dependência espacial (GDE) dos atributos de qualidade de sementes de soja.

	Máximo	Mínimo	Média	DP (%)	CV (%)	Alcance (m)	GDE
G (%)	99,00	92,00	96,49	1,68	1,74	200	63,85
VBD (%)	99,00	93,00	96,28	1,57	1,63	300	48,98
E (%)	98,00	90,00	95,44	1,55	1,63	200	59,97
EA (%)	97,00	88,00	94,00	2,44	2,59	200	53,73
VT (%)	99,00	85,00	92,48	4,05	4,28	200	54,02
VG (dias)	2,28	1,48	1,90	0,24	12,46	200	53,85
VE (dias)	2,90	2,22	2,40	0,16	6,62	700	28,03
pH	5.20	4.00	4.67	0,28	5,97	200	51,96

G = germinação em papel; VBD = viabilidade pelo teste de tetrazólio; E = emergência; EA = envelhecimento acelerado; VT = vigor pelo teste de tetrazólio; VG = velocidade de germinação; VE = velocidade de emergência; e pH = pH do solo.

Na análise do grau de dependência espacial das variáveis em estudo utilizou-se a classificação de Cambardella et al. (1994), ao definir que valores de $(C0/ C0+C1)100$, inferiores a 25%, apresenta grau de dependência espacial forte, entre 25 e 75% grau moderado, e superiores a 75% grau fraco. O grau de dependência espacial das variáveis apresentou dependência espacial moderada, com valores entre 48,98 para viabilidade pelo teste de tetrazólio e 59,97 para a emergência, exceto a velocidade de emergência, que atingiu 28,03.

A análise dos resultados do alcance obtidos para as variáveis germinação, viabilidade e vigor pelo teste de tetrazólio, emergência, envelhecimento acelerado, velocidade de germinação e emergência demonstram que o grid de amostragem de um ponto por hectare foi eficiente para obtenção de amostras representativas e estimação da qualidade das sementes e da produtividade. Resultados semelhantes foram obtidos por Mattioni et al. (2011). O alcance representa a zona de influência de uma observação, refletindo o grau de homogeneidade entre as amostras, de forma que quanto maior for o valor mais homogêneo será o processo em estudo (ANDRIOTTI, 2013). Neste contexto, valores de

alcance são fundamentais no planejamento de futuras amostragens, permitindo dimensionar grades e estimar o número de pontos a serem amostrados (SOUZA et al., 2006).

Os resultados da avaliação do potencial fisiológico das sementes pela interpolação dos mapas de distribuição espacial para as variáveis, germinação, emergência de plântulas, velocidade de emergência, viabilidade e vigor pelo teste de tetrazólio e envelhecimento acelerado apresentaram pronunciada diferenciação dentro da área de produção (Figura 3). Estes resultados evidenciam a distribuição desuniforme da qualidade fisiológica de sementes na área de produção. Resultados semelhantes foram obtidos por Mattioni et al. (2011) e Mondo et al. (2012). De acordo com Peske et al. (2012), durante o processo de deterioração das sementes a perda da capacidade de germinação é o último evento antes da morte da semente. Em contrapartida, os testes de vigor baseiam-se em eventos que ocorrem anteriormente. Os testes de vigor permitem, segundo Mattioni et al. (2011), um melhor diagnóstico espacial da qualidade fisiológica das sementes, apresentando maior sensibilidade no diagnóstico da deterioração.

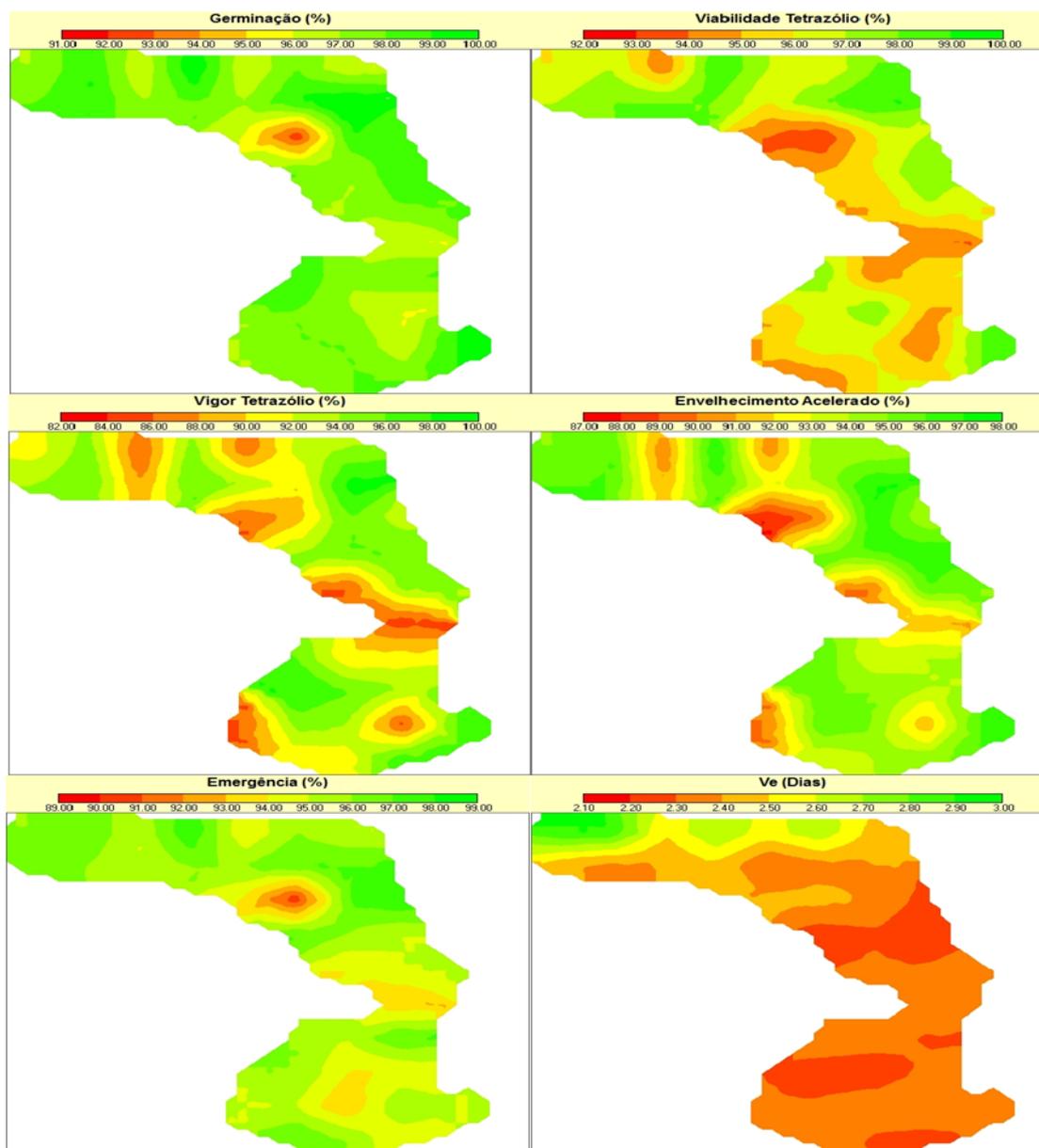


Figura 3. Mapas de variabilidade espacial de germinação, emergência, velocidade de emergência (Ve) envelhecimento acelerado, vigor e viabilidade pelo teste de tetrazólio, na área de produção de sementes de soja, safra 2012/2013.

Os mapas da variabilidade espacial dos resultados dos testes de envelhecimento acelerado, vigor pelo teste de tetrazólio e velocidade de emergência proporcionaram adequado diagnóstico da qualidade fisiológica das sementes, demonstrando sensibilidade na identificação de variações dentro do campo de produção. A interação dos resultados da variabilidade espacial dessas variáveis, associado ao mapeamento georreferenciado, proporcionou o mapeamento de regiões com sementes de alto e baixo vigor dentro do campo de produção (Figura 3). Sementes com baixo vigor podem provocar reduções na velocidade de emergência, uniformidade, emergência total, tamanho inicial das plântulas e estabelecimento

de estandes adequados (SCHUCH et al., 2009; SANTOS et al., 2011), fatores os quais podem reduzir o acúmulo de matéria seca e, conseqüentemente, a produtividade (KOLCHINSKI et al., 2005).

O pH do solo apresentou coeficiente de variação de 5,97%, com amplitude de valores entre 4 e 5,2 e média de 4,67, condição de pH inferior a faixa recomendada para a cultura da soja. O grau de dependência espacial e o alcance para esta variável foram 51,96 e 200 m, respectivamente (Tabela 1). Os valores recomendados de pH para a cultura da soja situa-se entre 5,5 a 6, considerando que nestas condições ocorrem: a) neutralização do alumínio tóxico; b) eliminação da toxicidade de manganês; c) melhor

aproveitamento dos nutrientes do solo; d) condições adequadas para os processos naturais, como a liberação de nutrientes contidos na matéria orgânica e a fixação de nitrogênio atmosférico (CQFS RS/SC, 2004).

A análise de correlação linear de Pearson demonstrou reduzidas correlações entre os atributos químicos do solo e potencial fisiológico de sementes

(Tabela 2). Por sua vez, a germinação, a emergência e a viabilidade pelo teste de tetrazólio apresentaram correlação negativamente com o pH do solo. Avaliando a variabilidade espacial da produtividade e qualidade fisiológica de sementes de soja em área de produção, obtiveram reduzidas correlações entre os atributos químicos do solo e potencial fisiológico de sementes (MONDO et al., 2012).

Tabela 2. Correlação linear de Pearson entre os atributos do solo e fatores que determinam a qualidade fisiológica das sementes de soja.

Atributos do Solo	Atributos da Qualidade						
	G (%)	E (%)	VBD (%)	VE (dias)	VG (dias)	VT (%)	EA (%)
Matéria Orgânica	-0,0003 ^{NS}	-0,1747 ^{NS}	0,0172 ^{NS}	-0,2211 ^{NS}	-0,1333 ^{NS}	-0,0668 ^{NS}	-0,0572 ^{NS}
pH	0,5249 ^{**}	-0,3628 ^{**}	-0,3735 ^{**}	-0,0586 ^{NS}	0,0966 ^{NS}	-0,1515 ^{NS}	-0,2286 ^{NS}
P (cmolc.dm ⁻³)	0,0745 ^{NS}	-0,1374 ^{NS}	-0,2341 ^{NS}	-0,1623 ^{NS}	0,2443 ^{NS}	-0,2717 ^{NS}	-0,1497 ^{NS}
K (mg.dm ⁻³)	0,1236 ^{NS}	-0,2826 ^{NS}	-0,1746 ^{NS}	-0,0567 ^{NS}	-0,0334 ^{NS}	-0,0433 ^{NS}	-0,0637 ^{NS}
Ca (cmolc.dm ⁻³)	0,1091 ^{NS}	-0,2419 ^{NS}	-0,2454 ^{NS}	-0,0567 ^{NS}	0,1444 ^{NS}	-0,1064 ^{NS}	-0,0848 ^{NS}
Mg (cmolc.dm ⁻³)	0,1983 ^{NS}	-0,2240 ^{NS}	-0,2697 ^{NS}	-0,1004 ^{NS}	0,0215 ^{NS}	-0,0148 ^{NS}	-0,0508 ^{NS}
Fe (mg.dm ⁻³)	0,1576 ^{NS}	-0,0020 ^{NS}	0,0626 ^{NS}	0,1739 ^{NS}	0,1461 ^{NS}	-0,0264 ^{NS}	0,1115 ^{NS}
B (mg.dm ⁻³)	0,0025 ^{NS}	-0,0209 ^{NS}	-0,1264 ^{NS}	0,2530 ^{NS}	0,1515 ^{NS}	-0,2070 ^{NS}	-0,0347 ^{NS}
Cu (mg.dm ⁻³)	0,1821 ^{NS}	-0,0545 ^{NS}	-0,0066 ^{NS}	-0,0057 ^{NS}	0,0717 ^{NS}	-0,0266 ^{NS}	0,0980 ^{NS}
Mn (mg.dm ⁻³)	0,1474 ^{NS}	0,0278 ^{NS}	0,0956 ^{NS}	0,1919 ^{NS}	-0,1764 ^{NS}	-0,0267 ^{NS}	0,0401 ^{NS}
Zn (mg.dm ⁻³)	0,0031 ^{NS}	-0,0215 ^{NS}	-0,0884 ^{NS}	0,0237 ^{NS}	-0,0660 ^{NS}	-0,0724 ^{NS}	-0,0273 ^{NS}
G (%)	1	0,8437 ^{**}	0,7036 ^{**}	0,0403 ^{NS}	-0,1251 ^{NS}	0,5903 ^{**}	0,7423 ^{**}
E (%)	-	1	0,5571 ^{**}	0,1339 ^{NS}	-0,1362 ^{NS}	0,4994 ^{**}	0,6402 ^{**}
VBD (%)	-	-	1	0,0607 ^{NS}	0,3134 ^{NS}	0,3362 ^{NS}	0,6327 ^{**}
VE (dias)	-	-	-	1	0,0761 ^{NS}	-0,1398 ^{NS}	0,0343 ^{NS}
VG (dias)	-	-	-	-	1	-0,3255 ^{NS}	-0,2603 ^{NS}
VT (%)	-	-	-	-	-	1	0,9008 ^{**}
EA (%)	-	-	-	-	-	-	1

^{NS}Não significativo; *significativo a 5% de probabilidade; e **significativo a 1% de probabilidade.

CONCLUSÕES

O grid de um ponto por hectare e uma malha de amostragem georreferenciada com espaçamento de 100 metros entre pontos apresenta eficiência na avaliação da variabilidade espacial da qualidade fisiológica de sementes de soja.

A qualidade fisiológica em diferentes posições em campo de produção de sementes de soja não é uniforme, particularmente em relação ao vigor, proporcionando melhor diagnóstico por meio de mapas de interpolação.

A utilização de técnicas de agricultura de precisão possibilita determinar a distribuição espacial da qualidade fisiológica de sementes em uma área de produção de sementes de soja, o que pode facilitar a tomada de decisão, no que refere-se às áreas a serem

colhidas.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pela concessão de bolsa de doutorado ao primeiro autor.

E à empresa Sementes Lannes pela disponibilização da área de produção de sementes de soja para a pesquisa e apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

AMADO, T. J. C. et al. Variabilidade espacial e temporal da produtividade de culturas sob sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**,

Brasília, v. 42, n. 8, p. 1101-1110, 2007.

ANDRIOTTI, J.L.S. **Fundamentos de estatística e geoestatística**. São Leopoldo: Unisinos, 2003. 165 p.
ARANGO, M. R. et al. Description of the environmental damage on soybean seeds (*Glycine Max* (L.) Merrill). **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 34, n. 1, p. 133-141, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SDA/ACS, 2009. 399 p.

CAMBARDELLA, C. A. et al. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, n. 5, p. 1501-1511, 1994.

Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos - Safra 2013/14**. Décimo Segundo Levantamento, Setembro 2014. Brasília, 2014. p. 1-127. 2014.

Comissão de química e fertilidade do solo - CQFS-RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre, SBRS - Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2004. 400 p.

FESSEL, S. A. et al. Teste de condutividade elétrica em sementes de soja armazenadas sob diferentes temperaturas. **Bragantia**, São Paulo, v. 69, n. 1, p. 207-214, 2010.

FORTI, V. A.; CICERO, S. M.; PINTO, T. L. F. Avaliação da evolução de danos por “umidade” e redução do vigor em sementes de soja, cultivar TMG113-RR, durante o armazenamento, utilizando imagens de raios x e testes de potencial fisiológico. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 3, p. 123-133, 2010.

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; COSTA, N. P. **The tetrazolium test for soybean seeds**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1998. 72 p. (EMBRAPA-CNPo. Documentos, 116).

GIOTTO, L.; ROBAINA, A. D.; SULZBACH, L. A **Agricultura de precisão com o sistema CR campeiro 5**, Manual do Usuário, 2004. 330p.

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.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p.

MATTIONI, N. M.; SCHUCH, L. O. B.; VILLELA, F. A. Variabilidade espacial da produtividade e da qualidade das sementes de soja em um campo de produção. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 4, p. 608-615, 2011.

MESTAS, R. M. et al. Variabilidad espacial de los atributos físico-hídricos del suelo y de la productividad del cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L) irrigado bajo un sistema de siembra directa. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 33, n. 1, p. 307-313, 2010.

MONDO, V. H. V. et al. Spatial variability of soil fertility and its relationship with seed physiological potential in a soybean production area. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 193-201, 2012.

MINUZZI, A. et al. Qualidade de sementes de quatro cultivares de soja, colhidas em dois locais no estado de Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 176-185, 2010.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Ed. ABRATES, 1999, p. 20-24.

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**. 3ª edição. Pelotas: Ed. Universitária, 2012, cap. 1, p. 13-100.

PINTO, T. L. F.; CICERO, S. M.; FORTI, V. A. Avaliação de danos por umidade, em sementes de soja, utilizando a técnica de análise de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 29, n. 3, p. 31-38, 2007.

PINTO, T. L. F. et al. An assessment of mechanical and stink bug damage in soybean seed using X-ray analysis test. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 37, n. 1, p. 110-120, 2009.

RESENDE, A. V. et al. Aplicações da agricultura de precisão em sistemas de produção de grãos no Brasil. In: BERNARDI, A. C. C. et al. **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília: Ed. Embrapa, 2014, cap. 2, p. 192-339.

SANTOS, J. F. et al. Avaliação do potencial fisiológico de lotes de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 4, p. 743-751, 2011.

SOUZA, Z. M. et al. Otimização amostral de atributos de latossolos considerando aspectos solo-relevos.

Ciência Rural, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 829-836, 2006.

SOUZA, G. S. et al. Variabilidade espacial de atributos químicos em um Argissolo sob pastagem. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 4, p. 589-596, 2008.

SOUZA, C. M. A. et al. Espacialização de perdas e da qualidade do feijão em colheita semimecanizada. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 2, p. 201-208, 2010.

SCHUCH, L. O. B.; KOLCHINSKI, E. M.; FINATTO, J. A. Qualidade fisiológica da semente e desempenho de plantas isoladas em soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 144-149, 2009.