

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CAMPUS DE FREDERICO WESTPHALEN- RS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA:
AGRICULTURA E AMBIENTE**

Leila Daiane Almeida dos Santos

**VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO,
PRODUTIVIDADE, E QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTE DE
SOJA**

**Frederico Westphalen, RS
2017**

Leila Daiane Almeida dos Santos

**Variabilidade espacial de atributos químicos do solo, produtividade, e
qualidade fisiológica de semente de soja**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia: Agricultura e Ambiente, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agronomia.**

Orientador: Prof. Dr. Antônio Luis Santi

**Frederico Westphalen, RS
2017**

Leila Daiane Almeida dos Santos

**Variabilidade espacial de atributos químicos do solo, produtividade, e
qualidade fisiológica de semente de soja**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia: Agricultura e Ambiente, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agronomia.**

Aprovado em de janeiro de 2017:

Antônio Luis Santi, Dr. (UFSM)
(Presidente/ Orientador)

Denise Schmidt, Dr^a. (UFSM)

Christian Bredemeier, Dr. (UFRGS)

Frederico Westphalen, RS
2017.

DEDICATÓRIA

*Á minha família, meu tudo, minha base, meu porto seguro, vocês são a luz da minha vida.
Ao seu Manoel meu herói, àquele que me educou com apenas um olhar, e a dona Inês minha rainha, que soube valorosamente refletir em nós, seu caráter e doçura. Meus amados pais e razão pela qual muitas vezes não desisti de tudo, e por quem sinto um amor que às vezes nem cabe em mim, quisera eu eternizar a sua existência para que nunca tivéssemos que nos afastar.
Aos meus três irmãos Érico, Léia e Lilian que jamais esqueçamos os ensinamentos passados por nossos pais, a fé, o amor, a honestidade, o respeito e o perdão.
Á vocês Lucas, Manuela e Mathias meus sobrinhos adorados, que me ensinam todos os dias, que estamos aqui só de passagem e que toda a vez que nos despedimos das pessoas devemos deixá-las com a melhor lembrança nossa e com as palavras mais doces, pois pode ser a nossa última oportunidade de estarmos juntos.*

DEDICO...

Á Deus, que me permite acordar todos os dias e propiciou-me chegar até aqui, fonte de amor e luz, estrela que conduz aonde vai à estrada.

OFEREÇO...

AGRADECIMENTOS

Ao Pai celestial, principio e fim de tudo e por ter me permitido avançar mais esse passo na vida e na carreira profissional.

Ao mestre e nobre orientador Dr. Antônio Luis Santi professor titular do Programa de Pós-Graduação em Agronomia Agricultura e Ambiente, pela orientação e confiança em mim depositada, agradeço também pela oportunidade da convivência diária durante o período de Mestrado e por dividir conosco sua experiência profissional.

À CAPES (Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela concessão da bolsa a qual me deu aporte financeiro possibilitando a realização desse trabalho de pesquisa.

À Universidade Federal de Santa Maria - Campus Frederico Westphalen, por ter-me aberto às portas do saber, no momento em que eu buscava agregar conhecimento e enriquecer minha caminhada profissional em especial aos funcionários Valdecir Jose dos Santos e Adriana Camponogara Aires da Silva que estavam sempre prontos para resolver quaisquer contratemplos que viessem a surgir.

À Sementes Fabris Hulk por “comprar” o meu sonho e sonhar comigo, proporcionando que meu trabalho de pesquisa fosse realizado em seus campos de produção de sementes.

À Ruraltek Planejamento e Assessoria Técnica, na pessoa da Eng. Agrônoma MSc. Ivete Schwantes Baumgratz pela cedência das dependências do laboratório de sementes para realização das minhas análises, bem como, da laboratorista Terezinha Toniollo, que prontamente nos auxiliou, sempre que foi necessário.

Ao LAPSul - Laboratório de Agricultura de Precisão do Sul, por oportunizar, além de conhecimento, possibilidades, amizades e trocas de experiência constantes com todos os seus integrantes, grata por tudo.

Aos lapianos Júnior Melo Damian, Osmar Henrique de Castro Pias, Alencar Zanchi da Fonseca, Romano Dal Bello, Gabriele Santi, Fagner Rontani e William Araldi, pela ajuda na execução do meu trabalho, seja na parte de campo, seja na parte laboratorial.

Aos colegas de mestrado, Osmar Henrique e Júnior pela amizade, paciência, parceria e por me ensinarem a ser uma pessoa melhor, por me ensinarem que se

erramos, é só tentar novamente, quantas vezes forem necessárias.

Agradeço à minha família por todas as vezes que incansavelmente esteve ao meu lado me incentivando, apoiando e muitas vezes financiando. Que sonhou comigo e que durante essa trajetória nunca me deixou fraquejar, me fornecendo o amor e carinho de que tanto precisei e que fez com que eu não voltasse atrás na decisão que havia tomado, me demitir para fazer mestrado.

A todos vocês meu sincero, **MUITO OBRIGADO.**

EPÍGRAFE

“Um homem pode duvidar do que ouve; pode também duvidar do que vê; só não pode, porém, duvidar do que faz.”

(Seaman Knapp)

RESUMO

VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO, PRODUTIVIDADE, E QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTE DE SOJA

AUTOR: Eng^a. Agr^a. Leila Daiane Almeida dos Santos
ORIENTADOR: Dr. Antônio Luis Santi

A produção de sementes com alto potencial de germinação e vigor além de desejável para a obtenção de campo de produção com qualidade fisiológica diferenciada, agrega valor ao produto e garante a seu lugar no mercado, no entanto, estudos comprovaram a existência de alta variabilidade espacial dos atributos químicos do solo, produtividade e qualidade fisiológica das sementes. Sendo assim, o mapeamento da qualidade fisiológica das sementes e a sua colheita diferenciada podem ser ferramentas valiosas para a obtenção de lotes mais homogêneos e de melhor qualidade. Diante disso, objetivou-se com este estudo avaliar a variabilidade espacial dos atributos do solo, produtividade de grãos e qualidade fisiológica de sementes de soja, assim como, as suas possíveis correlações. Para isso realizou-se a coleta de sementes e de solo seguindo uma malha amostral regular de 100 x 100 m, o equivalente ao grid de 1,0 ha por amostra em uma área de 59 ha localizada no município de Seberi, RS, Brasil, no ano agrícola de 2014/15. As amostras de sementes foram divididas em sementes grandes (>6,5mm) e pequenas (<5,5 mm) e na sequência foram realizadas as análises de potencial fisiológico das sementes. Nas amostras de solo se determinou o teor de argila, pH, P, K, M.O, Al, Ca, Mg, CTC, SB, Cu, Zn, S e B. Ainda se determinou o peso de mil grãos e a produtividade da cultura da soja. Os resultados foram submetidos à análise estatística descritiva, geoestatística e de correlação pela matriz de correlação linear de Pearson. Houve elevada variabilidade espacial da qualidade fisiológica das sementes, sendo que o vigor apresenta maior sensibilidade para ser utilizado na separação de lotes de sementes para a colheita. O tamanho das sementes não interfere na sua qualidade fisiológica. A produtividade de grãos não apresenta relação com a Germinação e vigor das sementes. O boro foi o atributo que melhor se correlacionou com a qualidade fisiológica das sementes.

Palavras-chaves: *Glycine max.* Agricultura de precisão. Germinação. Vigor.

ABSTRACT

SPATIAL VARIABILITY AND INTERACTIONS BETWEEN SOIL ATTRIBUTES, PRODUCTIVITY AND QUALITY PHYSIOLOGICAL SOYBEAN SEED

AUTOR: Eng^a. Agr^a. Leila Daiane Almeida dos Santos
ORIENTADOR: Dr. Antônio Luis Santi

The production of seeds with high potential for germination and vigor, besides being desirable for obtaining a field of production with different physiological quality, adds value to the product and guarantees its place in the market, however, studies have proven the existence of high spatial variability of Soil chemical attributes, seed productivity and physiological quality. Several studies have confirmed the existence of high spatial variability of soil chemical properties, productivity and seed quality. Thus, the mapping of seed quality and its unique collection can be a valuable tool for obtaining more homogeneous lots and better. Therefore, the aim of this study was to evaluate the spatial variability of soil attributes, grain yield and physiological quality of soybean seeds, as well as their possible correlations. For this there was the collection of seeds and soil on a regular sampling grid of 100 x 100 m, equivalent to grid of 1,0 ha per sample in an area of in an area of 77,97 hectares in the municipality of Seberi, RS, Brazil in crop year 2014/15. The seed samples were divided into large (>6,5mm) and small (<5,5 mm) seeds were performed following physiological analyzes of seeds. In soil samples was determined the clay content, pH, P, K, MO, Al, Ca, Mg, CTC, SB, Cu, Zn, S and B. Still determined the thousand grain weight and grain yield soybean crop. The results were submitted to descriptive statistics, geostatistics and correlation by linear correlation matrix of Pearson. There was a high spatial variability of seed quality, and the vigor effect is more sensitive to be used in the separation of seed lots for harvest. The seed size does not affect the physiological quality. The grain yield is not related to the viability and vigor. Boron was the attribute that best correlated with the physiological seed quality.

Keywords: Glycine max. Precision agriculture. Germination. Vigor.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise estatística descritiva dos dados de produtividade, germinação e vigor de sementes de soja coletados em malha amostral de 100 x 100 m. Seberi - RS, 2015.....	33
Tabela 2 - Análise estatística descritiva dos atributos químicos do solo coletados em malha amostral de 100 x 100 m. Seberi - RS, 2015.....	366
Tabela 3 - Análise geoestatística dos dados de produtividade, germinação e vigor de sementes de soja amostrados em malha amostral de 100 x100 m, segregadas em duas peneiras, Seberi – RS, Brasil.....	399
Tabela 4 - Análise geoestatística dos atributos químicos do solo amostrados em malha amostral de 100 x100 m, Seberi – RS, Brasil.....	40
Tabela 5 - Correlação de Pearson entre os atributos entre os parâmetros produtivos, germinação e vigor de sementes segregada em duas peneiras, Seberi, RS, 2015.	41
Tabela 6 - Correlação linear de Pearson entre os atributos químicos do solo, parâmetros produtivos, germinação e vigor de sementes segregada em duas peneiras, Seberi, RS, 2015.....	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Teste de germinação das sementes de <i>Glycine max</i>	22
Figura 2 – Localização da área experimental.....	26
Figura 3 – Detalhes da localização dos pontos amostrais utilizados no estudo. Seberi – RS, 2015.	28
Figura 4 – Mapas temáticos dos atributos fósforo (mg dm ⁻³), potássio (mg dm ⁻³), pH, saturação por bases (%), cálcio (Cmolc dm ⁻³), magnésio (Cmolc dm ⁻³) e CTC (Cmolc dm ⁻³) ativa do solo, amostrados em malha amostral 100 x 100 m, Seberi – RS, 2015.....	466
Figura 5 – Mapas temáticos dos atributos matéria orgânica (%), alumínio (mg dm ⁻³), zinco (mg dm ⁻³), cobre (mg dm ⁻³), boro (mg dm ⁻³), enxofre (mg dm ⁻³) e argila do solo amostrados em malha amostral 100 x 100 m, Seberi – RS, 2015.	477
Figura 6 – Mapas temáticos de germinação (%), vigor (%), sementes mortas (%) e plântulas anormais (%) de sementes de soja segregados em duas peneiras amostrados em malha amostral 100 x 100 m, Seberi – RS, 2015.	488
Figura 7 – Mapa temático de produtividade de grãos e de delimitação de duas zonas de manejo para colheita diferenciada (ZCD) em função da germinação de sementes.....	50

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 IMPORTÂNCIA DA SOJA.....	14
2.2 HISTÓRICO DO CULTIVO DA SOJA.....	15
2.3 A SEMENTE COMO PRINCIPAL INSUMO.....	16
2.4 INFLUÊNCIA DO TAMANHO DAS SEMENTES NA GERMINAÇÃO, VIGOR E PESO DE MIL SEMENTES (PMS).....	17
2.5 AGRICULTURA DE PRECISÃO (AP).....	17
2.6 VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS.....	20
2.7 VARIABILIDADE ESPACIAL DA QUALIDADE DA SEMENTE.....	21
2.8 RELAÇÃO ENTRE ATRIBUTOS DO SOLO, PRODUTIVIDADE E QUALIDADE FISIOLÓGICA DA SEMENTE.....	24
3 MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	26
3.2 AMOSTRAGEM DE SOLO.....	27
3.3 MANEJO DA CULTURA DA SOJA.....	28
3.4 COLHEITA DAS SEMENTES DE SOJA.....	29
3.5 ANÁLISES DE QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS SEMENTES.....	29
3.6 ANÁLISES DOS DADOS.....	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1 ESTATÍSTICA DESCRITIVA DA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS SEMENTES DA SOJA.....	32
4.2 ANÁLISE GEOESTATÍSTICA DOS ATRIBUTOS DE SOLO E PLANTA.....	38
4.3 CORRELAÇÕES ENTRE OS ATRIBUTOS DO SOLO COM A PRODUTIVIDADE E QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS SEMENTES.....	40
4.4 MAPAS TEMÁTICOS DOS ATRIBUTOS DO SOLO, PRODUTIVIDADE E QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS SEMENTES.....	45
5 CONCLUSÕES	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max*) é a principal *commoditie* agrícola produzida no Brasil, a qual abrangeu no ano agrícola de 2015/2016 área superior a 33 milhões de ha, com uma produtividade média de 2,900 Kg ha⁻¹ (CONAB, 2016). O aumento produtivo da cultura está atrelado a utilização de sementes de qualidade, sendo assim, é fundamental estudos que busquem a utilização de tecnologias nos campos de produção para melhorar os lotes de sementes produzidas. As principais características que se busca em sementes de soja são alto potencial germinativo e vigor, sendo que essas características proporcionam maior velocidade de germinação, melhor distribuição horizontal do estande, uniformidade de crescimento e maior produtividade de grãos (SCHUCH et al., 2009; SANTOS et al., 2011; GAZZOLA-NETO et al. 2015).

Vários estudos têm demonstrado a existência de elevada variabilidade espacial de alguns atributos do solo e do ambiente (MONDO et al., 2012; CHERUBIN et al., 2014; 2015; PIAS, 2016), assim como a produtividade das culturas (SANTI et al., 2012). Sendo assim, o manejo dos campos de produção a partir dos seus dados médios pode refletir em manejo inadequado para boa parte do talhão.

Dessa forma, vislumbra-se a possibilidade de utilização de ferramentas de agricultura de precisão (AP), para determinar a distribuição espacial da qualidade fisiológica das sementes em área de produção (MONDO et al., 2012; GAZZOLA-NETO et al. 2015), possibilitando que se realize a colheita diferenciada de subáreas da lavoura, de acordo com o seu potencial, obtendo-se, conseqüentemente, lotes mais homogêneos e de maior valor comercial (MATTIONI et al., 2011).

A AP pode ser descrita como um conjunto de tecnologias e procedimentos que visam a evolução dos sistemas de produção no que tange principalmente a uma maior eficiência do uso de recursos, redução dos impactos ambientais e aumentos de produtividade de grãos (MONDO et al., 2012).

Não se tem na literatura dados sobre o efeito do tamanho das sementes sobre seu potencial fisiológico, sendo facilmente encontrado resultados contraditórios. Autores como Scheeren et al. (2010) afirmam que sementes maiores apresentam melhores desempenhos, já há trabalhos em que sementes menores se

sobressaem (COSTA et al., 2004) e outros em que o tamanho da semente não apresenta efeito sobre a viabilidade e vigor das sementes (AVILA et al., 2008).

A hipótese desse estudo é de que subáreas mais férteis e produtivas podem resultar em sementes de maior potencial fisiológico. Diante disso, objetivou-se avaliar a variabilidade espacial de atributos do solo, produtividade de grãos, qualidade fisiológica e tamanho de sementes de soja, assim como as suas correlações.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 IMPORTÂNCIA DA SOJA

A cultura da soja é atualmente a principal oleaginosa cultivada a nível mundial. Devido a alta demanda de óleo vegetal e a fontes de proteínas para a fabricação de rações, observa-se constantemente elevação da sua área cultivada, que atingindo aumentos de 329% nos últimos 32 anos, chegando à área total próxima a 32 milhões de hectares no Brasil, devendo-se esse expressivo aumento, principalmente, ao cultivo no Centro Oeste. A cultura apresenta ampla adaptação climática e de características de solo muito distintas. Ao longo dos últimos 40 anos no Brasil, as culturas como trigo e milho tem aumentado menos de um terço da produção da cultura da soja (EMBRAPA, 2008).

O agronegócio é atualmente a balança mais positiva da economia brasileira, sendo a soja a principal *commoditie* que é exportada. Os Estados Unidos é o maior produtor da cultura, porém o Brasil vem logo em segundo lugar, com grandes chances de se tornar o maior produtor da cultura nos próximos anos, devido à grande fronteira agrícola ainda explorada pela pecuária e que está muitas vezes sendo subutilizada (OJIMA e ROCHA, 2005). Já no ano de 2008 Embrapa (2008) citou que o Brasil teria condições de duplicar a sua produção de soja que na época era de 58 milhões de toneladas. Avaliando-se a produção da última safra 2015/16 a produção atingida foi de 95,5 milhões de toneladas (CONAB, 2016) percebe-se a grande evolução.

A produtividade média do país alcançada na última safra foi de 2.882 kg ha⁻¹ (2015/16), no entanto, em alguns estados a média chegam a 3.340 kg ha⁻¹, como é o caso de Santa Catarina, demonstrando o potencial de aumento produtivo da cultura. De maneira geral, a produtividade se elevou consideravelmente nos últimos 30 anos, partindo de 1.674 kg ha⁻¹ em 1983/84 para 2.882 kg ha⁻¹ (2015/16), resultando em um aumento produtivo de 72% (CONAB, 2016). O aumento de produtividade se deve muito a avanços genéticos, disponibilização de cultivares adaptadas a microclimas, melhorias no manejo de doenças e pragas, além do manejo da fertilidade do solo que é essencial no Brasil devido à predominância de Latossolos, que são naturalmente, muito pobres do ponto de vista da fertilidade, devido à alta Intemperização dos mesmos (BISSANI et al., 2008).

2.2 HISTÓRICO DO CULTIVO DA SOJA

Descrever o histórico de uma cultura é um pouco difícil e muitas informações são bastante imprecisas, pois se perdeu muitos acontecimentos que com certeza mereciam terem sido registrados que serviriam para entender melhor como cada etapa se sucedeu. Acredita-se que o local de origem da soja seja a costa leste da Ásia, na China principalmente, aonde essa cultura vegetava espontaneamente (NEVES, 2011). Porém, o cultivo na época foi muito distinto da que se tem hoje. Acredita-se que a soja cultivada atualmente é descendente de cruzamentos naturais de espécies espontâneas, sendo seus descendentes domesticados e melhorados inicialmente por cientistas da China (EMBRAPA, 2004).

A soja teve a sua primeira experiência de inserção em outros países durante século XVIII, inicialmente na Europa, porém em virtude do clima frio não houve boa adaptação da cultura (NEVES, 2011). Na sequência, em 1804, a cultura foi testada nos Estados Unidos, sendo cultivada inicialmente como forrageira (FEDERIZZI, 2005). No Brasil, a sua importação ocorreu no ano de 1882, na Bahia, sendo testada como uma planta de cobertura. Porém, os primeiros relatos de sucesso no seu cultivo ocorrem em 1901 no Estado do Rio Grande do Sul, em que as condições climáticas foram preferíveis para a cultura (EMBRAPA, 2004).

A expansão dos cultivos ocorreu a partir do ano de 1970, devido à grande demanda por óleo vegetal e por fontes de proteínas para os animais (EMBRAPA, 2004). Somente a partir desta data a soja tornou-se a principal cultura de grãos do país, ultrapassando a cultura do milho. Atualmente, devido aos esforços de pesquisa realizados, ela está em praticamente todos os estados do Brasil (FREITAS, 2013).

O custo da semente em termos percentuais teve um aumento de 100% nas últimas dez safras, mas manteve-se abaixo dos demais insumos (fertilizantes, herbicidas, inseticidas e fungicidas) que aumentaram 200%, conforme relata Baruffi & Peske (2016). Em contrapartida, quando analisados os custos com sementes, observa-se incremento expressivo, comparando-se a safra 2010/11 com a safra 2014/15, quando houve incremento de 70%, e quando considerado a participação da semente no custo total de produção da cultura da soja, verifica-se oscilação de 13 e 18% (BARUFFI & PESKE, 2016). Isso tudo fortalece a máxima de que a semente é o insumo mais barato dentro do sistema de produção e o único organismo vivo lançado ao solo e que, portanto, deve possuir a maior atenção e qualidade possível.

A utilização de sementes de qualidade é um fator que tem contribuído significativamente para o aumento da produtividade da cultura da soja (BARUFFI & PESKE, 2016).

Sabidamente as empresas do agronegócio, estão inseridas em um ambiente altamente competitivo e inovador, repleto de riscos e incertezas crescentes, especialmente às produtoras de sementes, vem sendo desafiadas a buscar estratégias competitivas, tanto à nível interno (criação e execução), quanto à nível externo em relação à concorrência. Levando em conta, o cenário no qual os produtos, os preços e a qualidade se assemelham cada vez mais, inclusive com relação a semente, se faz necessária a gestão dos profissionais envolvidos visando a qualificação dos mesmos (KOHLS & CANEVER, 2011).

2.3 A SEMENTE COMO PRINCIPAL INSUMO

Pressupõe-se que com a revolução industrial, a produção de sementes sofreu significativo avanço, e juntamente com a intensificação do comércio de sementes, surgem problemas, como adulterações, havendo a necessidade de os produtores serem especializados na produção de sementes com boa qualidade (CARVALHO & NAKAGAWA, 2012). Deste modo, a produção de sementes de soja no Brasil torna-se altamente tecnicada, objetivando ofertar um insumo de alta qualidade, o que incide na utilização de práticas de manejo desde a implantação do campo de produção ao armazenamento. Contudo, a qualidade de sementes inicia no campo de produção. Nesse sentido, as atividades agrícolas podem ser consideradas como uma indústria a céu aberto, onde a produção e qualidade da semente são diretamente afetadas pelas condições ambientais ocorridas ao longo do desenvolvimento da cultura (VERAGARA et al., 2016).

A comprovação de que a qualidade é um fator relevante reside nos benefícios do uso de sementes de alta qualidade, logicamente a cultivar continua com destaque no que tange resistências, adequação ambiental, ciclo, potencial de produtividade e genética, mas a não utilização de sementes de alta qualidade afeta negativamente a produtividade, podendo atingir mais de 30%, considerada uma magnitude alta para qualquer análise que se deseja realizar (PESKE et al., 2016), visto que o permitido atualmente na legislação é apenas 20% de plântulas anormais ou sementes mortas, ou seja, um poder germinativo bom é >80%.

No entanto, em contrapartida, as condições ambientais são fatores inerentes ao ano agrícola, variando de regionalmente e sendo determinado por fenômenos climáticos. Tais condições influenciam diretamente o desenvolvimento da cultura, afetando a qualidade das sementes e refletindo em ganhos ou perdas, com destaque para a ocorrência de chuvas após a maturidade fisiológica e a demora na colheita, ocasionando a deterioração de campo. Ressaltando-se que esse tipo de dano pode ser minimizado pela colheita antecipada das sementes, assim que atingirem 18% de umidade e com secagem artificial, o que se reverte em lotes de sementes com maior qualidade fisiológica (germinação e vigor), (VERAGARA et al., 2016).

Neste sentido, algumas considerações são de fundamental importância, como, por exemplo, há uma tendência de incremento de produtividade quando se utiliza sementes com elevada qualidade, considerando que não se tem perdas iniciais na emergência, garantindo homogeneidade no estande da lavoura. A semente é um insumo de baixo custo considerando sua importância e é um fator de construção de rendimentos sendo sua participação considerada adequada nos custos de produção. (BARUFFI & PESKE, 2016).

2.4 INFLUÊNCIA DO TAMANHO DAS SEMENTES NA GERMINAÇÃO, VIGOR E PESO DE MIL SEMENTES (PMS)

Sementes de soja com alta germinação e vigor proporcionam a obtenção de maiores produtividades (SCHEEREN et al., 2010). Sendo assim, estudar se o tamanho da semente interfere ou não na produtividade ou no potencial fisiológico pode ser uma ferramenta auxiliar na tomada de decisão. Entretanto, a maioria dos estudos não tem procurado definir limites que caracterizem sementes de diferentes tamanhos, o que dificulta a interpretação dos resultados, bem como o estabelecimento de bases consistentes para a classificação dos lotes por diferenças de tamanho (COSTA & FILHO, 2011).

Segundo alguns autores, sementes com maior tamanho apresentam maiores conteúdos de reserva, embrião mais bem formados e, conseqüentemente, podem resultar em plântulas com maior desenvolvimento inicial e mais bem nutridas, atingindo maiores produtividades, principalmente em algumas condições de estresse (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000; SOLTANI et al., 2002; PADUA et al., 2010). Por

outro lado, sementes pequenas apresentam uma germinação mais rápida, com sistema radicular mais desenvolvido, sendo a hipótese para isso a menor necessidade de água para a germinação, podendo, essa classe ser favorecida em condições de déficit hídrico (SUNG, 1992; COSTA et al., 2004). Além disso, sementes pequenas geram menores custos de transporte, inoculação e tratamento fitossanitário (AVILA et al., 2008).

Contudo, Pereira et al. (2013) concluíram que sementes de soja com maior tamanho e sob condições ideais de umidade apresentam uma velocidade de germinação superior e originam plantas mais vigorosas. Esses mesmos autores, observaram que, sob potencial osmótico de -0,2 MPa, sementes de soja com tamanho menor originam plântulas com hipocótilo e radícula com comprimentos mais longos. Por fim, constaram que qualidade fisiológica das sementes de soja é prejudicada por estresses hídricos -0,1 e -0,2 MPa.

Por outro lado, sementes de tamanho médio podem ter sua qualidade comprometida, por danos mecânicos que podem ser causados graças a forças consideráveis que são aplicadas sobre as sementes, especialmente quando passam pelo cilindro trilhador e o côncavo. Esse fato fica comprovado quando sementes retidas em peneiras próximas a média (5,4 mm), ao final de oito meses de armazenamento, apresentaram maior potencial fisiológico que as sementes "grandes" (retidas em peneira 6,5 mm) e sementes "pequenas" (retidas em peneira 4,5 mm), confirmando que há maiores probabilidades de redução no potencial fisiológico conforme a distância em relação à média aumenta (COSTA & FILHO, 2011).

Alguns estudos demonstraram que o tamanho das sementes não influenciou a germinação e vigor, peso de 1000 sementes e produtividade (COSTA et al., 2004; AVILA et al., 2008). Nesse sentido, Jauer et al. (2002) citam que outras características, como a pureza física, a uniformidade, o potencial genético, a ausência de danos e a ausência de patógenos podem se sobrepôr ao efeito do tamanho das sementes.

Contudo, mesmo que o tamanho das sementes não altere a germinação e vigor, a classificação das mesmas, ainda é interessante para a uniformização e padronização dos lotes, melhorando a precisão das semeadouras (KRZYZANOWSKI et al., 1991; (LIMA, 1996). Sendo assim, há necessidade de estudos mais aprofundados sobre o assunto, realizados a campo que identifiquem

as características do local de cultivo para o real entendimento da influência do tamanho de sementes nas qualidades fisiológicas das sementes (LIMA & CARMONA, 1999).

A classificação de sementes é um tema de permanente interesse para agricultores, entidades produtoras de sementes e pesquisadores, pois, contribui para ressaltar algumas características físicas dos lotes, garantindo um produto homogêneo e com aparência favorável para a comercialização, bem como, facilitando o estande populacional adequado (COSTA & FILHO, 2011). De acordo com Krzyzanowski et al. (1991) e Carvalho & Nakagawa (2000), a classificação de semente pode servir de estratégia para elevação da produtividade, já que o tamanho afeta germinação, vigor e produtividade.

2.5 AGRICULTURA DE PRECISÃO (AP)

A premissa ainda utilizada de manejar áreas agrícolas e entendê-las como homogêneas, levando em conta o conceito da necessidade média para a aplicação dos insumos (fertilizantes, defensivos, água, e até sementes), faz com que sejam atendidas apenas as necessidades parciais da lavoura, não considerando as necessidades específicas de cada gleba, contribui-se para a obtenção de lavouras com produtividade heterogênea. A AP prevê a reversão deste quadro, permitindo a aplicação de insumos agrícolas nos locais corretos, nas quantidades requeridas e no tempo adequado, respeitando as diferenças das zonas de manejo (MOLIN et al., 2015).

Esta ferramenta tem como conceito principal a aplicação de insumos no local correto, no momento adequado, nas quantidades e/ou doses de insumos necessários à produção agrícola, para áreas cada vez menores e mais homogêneas, tanto quanto a ferramenta e os custos envolvidos permitam (DOBERMANN e PING, 2004). A AP é uma ferramenta de manejo da propriedade na qual os produtores são capazes de identificar a variabilidade dentro de um campo por meio da delimitação de zonas de manejo com diferentes potenciais produtivos e, então, manejar essa variabilidade para aumentar a produtividade e ou reduzir custos de produção, gerando maiores lucros por área e redução dos impactos no ambiente (SANTI et al., 2012).

Entretanto, AP não está relacionada apenas ao emprego de máquinas e

tecnologias sofisticadas, podendo ser conceituada como sendo uma ferramenta de gerenciamento do sistema solo-planta-atmosfera que leva em consideração a variabilidade espacial e temporal de cada fator envolvido no sistema produtivo (MONTANARI et al., 2012). Dessa forma, a utilização da AP propicia a otimização do uso dos recursos e aumento da produtividade das culturas, resultando em maior lucratividade para os produtores e redução dos impactos ambientais gerados pela agricultura (MALLARINO e WITTRY, 2004; NANNI et al., 2011; FERRAZ et al., 2012).

A partir do uso correto da AP e da identificação da variabilidade espacial dos fatores de produção, algumas variações de atributos do solo, como níveis de fertilidade, compactação, aplicação de defensivos, população de plantas, entre outros fatores que afetam a produção agrícola, pode ser minimizada (MONTOVANI, 2000). Se a variabilidade das zonas de manejo for mensurada, estes dados poderão ser usados para otimizar o manejo da área tornando, assim, o conhecimento da variabilidade espacial a chave para o uso efetivo da tecnologia de AP.

2.6 VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS

No manejo do solo a partir da agricultura de precisão (AP), o solo deixa de ser tratado como homogêneo e passa-se a considerar a variabilidade espacial de cada nutriente, visando o monitoramento e determinação do efeito dos níveis dos nutrientes nas características produtivas das culturas, tornando-se uma estratégia de manejo que busca a racionalização do uso de insumos como agrotóxicos e fertilizantes além da preservação dos recursos naturais (MESTAS et al., 2010).

Uma das principais ferramentas de AP utilizada pelos produtores é a amostragem georreferenciada de solo em grades amostrais (CHERUBIN et al., 2015; SOARES FILHO e CUNHA, 2015), as quais permitem que se delinieie a variabilidade espacial dos atributos químicos do solo, possibilitando a aplicação de fertilizantes a taxa variada visando reduzir essa variabilidade e/ou elevar os níveis dos elementos acima dos níveis críticos pré-estabelecidos (FERRAZ et al., 2012).

Vários trabalhos realizados comprovaram a existência de alta variabilidade espacial de alguns elementos como o fósforo e potássio (MALLARINO e WITTRY, 2004; CHERUBIM et al., 2015; PIAS, 2016), obtendo-se coeficientes de variação muito elevados (>60%).

Em trabalho semelhante ao presente estudo realizado em São Paulo, Mondo et al. (2012) observaram efeitos significativos dos teores de matéria orgânica, Mn e Cu sobre a germinação das sementes. Farinelli et al. (2006) observaram que a aplicação de nitrogênio em feijão aumentou linearmente a qualidade das sementes produzidas. Já em estudo realizado por Crusciol et al. (2003) não foi detectado melhorias na qualidade das sementes pela aplicação de nitrogênio. Sendo assim, é fundamental confirmar essas informações em outras regiões com características de solo e clima distintos.

2.7 VARIABILIDADE ESPACIAL DA QUALIDADE DA SEMENTE

A comercialização, as exportações, fiscalização e a legislação de sementes encontram-se respaldados nos testes realizados nos laboratórios de análise de sementes seguindo metodologias determinadas na RAS - Regras para Análise de Sementes e fundamentadas pelo Decreto no 5.153, de 24 de julho de 2004 que aprova o regulamento da Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003 que dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas, além de estar baseadas nas Instruções Normativas pertinentes (LIMA JÚNIOR, 2010).

Nesse contexto é importante citar a Instrução Normativa 11 de 2007 (IN 11/2007), destinada a estabelecer o Regulamento Técnico da Soja, definindo o seu padrão oficial de classificação, com os requisitos de identidade e qualidade intrínseca e extrínseca, a amostragem e a marcação ou rotulagem entre outros, e que define como qualidade, conjunto de parâmetros ou características extrínsecas ou intrínsecas de um produto ou um processo, que permitem determinar as suas especificações quali-quantitativas, mediante aspectos relativos à tolerância de defeitos, medida ou teor de fatores essenciais de composição, características organolépticas, fatores higiênico sanitários ou tecnológicos.

Essa mesma IN define umidade, ou seja, percentual de água encontrado na amostra do produto isenta de matérias estranhas e impurezas, determinado por um método oficial ou por aparelho que dê resultado equivalente (MAPA, 2016).

Quando se fala em qualidade da semente Delouche (2005) ressalta que é preciso entender que são vários os fatores que compõe-na, abrangendo amplamente e essencialmente, todos os atributos genéticos, fisiológicos e físicos das sementes. Ainda o local de produção das sementes, o manejo da cultura,

técnicas de beneficiamento e armazenamento (MARTINS, 2005).

Sendo assim, Lima Junior (2010) cita que as análises realizadas nos laboratórios visam determinar a qualidade física, fisiológica e sanitária das sementes, e são a única forma de conhecer a qualidade real de um lote de sementes de forma segura.

As sementes podem em sua maioria abrigar e transportar microrganismos ou agentes patogênicos, causadores ou não de doenças. Podendo ser agrupados em organismos de campo, e organismos de armazenamento, com pequeno número de espécies que deterioram as sementes nesta fase. Para identificar especialmente fungos e bactérias, utiliza-se a análise sanitária de sementes requer a aplicação de inúmeros procedimentos (MAPA, 2009).

Já no teste de germinação, pode-se determinar o potencial máximo de germinação de um lote de sementes, que pode ser usado para comparar a qualidade de diferentes lotes e também estimar o valor para semeadura em campo. No laboratório a germinação de sementes considera a emergência e o desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, e sua aptidão para produzir uma planta normal sob condições favoráveis de campo. (MAPA, 2009).

Sendo assim, têm sido estudados e desenvolvidos métodos laboratoriais de análise, efetuados em condições controladas, de alguns ou de todos os fatores externos, de maneira a permitir uma germinação mais regular, rápida e completa das amostras de sementes de determinada espécie.



Figura 1 – Teste de germinação das sementes de *Glycine max*.

Segundo Peske et al. (2015), os padrões de sementes de soja para comercialização, devem apresentar porcentagem mínima para germinação de 80%, ou seja, em um lote de sementes pode haver até 20% de sementes mortas ou plântulas anormais, e este ainda poderá ser comercializado.

Os autores ressaltam que, com a elevação do padrão, o produtor é que teria ganhos com a maior oferta de sementes de alta qualidade e, conseqüentemente, a obtenção de maiores produtividades. Existem estudos em escala comercial que comprovam, que lotes de alto vigor podem produzir 15% a mais se comparado um de baixo vigor, ambos com mesmo estande (PESKE et al. 2015).

Porém, Peske et al. (2015) reforça a importância de que esse valor poderia ser elevado para 85%, uma vez que, através de vários resultados de pesquisa em empresas de sementes, evidenciou-se a presença de 10% de lotes de sementes com percentual de 80-84% de germinação e que esse valor pode facilmente ser reduzido com adoções de novas práticas disponíveis provenientes de inovações tecnológicas.

A partir da detecção de que plantas produzem sementes com distintos graus de qualidade fisiológicas em diferentes pontos da lavoura, passa-se a estudar métodos de separação das sementes colhidas pela sua qualidade, tendo em vista que o potencial fisiológico das sementes é fundamental para a obtenção de altas produtividades (MINUZZI et al., 2010). Para isso, a principal ferramenta que pode ser utilizada é a realização de mapas interpolados da qualidade fisiológica das sementes, o que irá facilitar na decisão de quais subáreas colher conjuntamente (GAZZOLA NETO et al., 2015).

Atualmente, as lavouras de produção de sementes têm sido consideradas como unidades homogêneas, apesar da ocorrência de variabilidade espacial de inúmeros fatores, como propriedades do solo e disponibilidade de nutrientes que influenciam a sua qualidade (PIERCE e NOWAK, 1999). Sendo assim, percebe-se que lavouras com subáreas com alta qualidade ao serem misturadas com sementes de subáreas de menor qualidade, geram lotes com qualidades medianas e de menor valor no mercado.

Um fator de extrema importância em relação à produção de sementes é a constatação de que o processo de maturação não é uniforme, conforme já relatado, visto que algumas sementes podem estar secas a 12% de umidade, enquanto outras na mesma planta, não tenham atingido o ponto de maturidade fisiológica, que no

caso da soja é de 50%, ou seja, se o produtor esperar para colher todo o campo de produção com uma umidade uniforme de 12%, muitas estarão deterioradas e outras podem ainda não terem atingido os níveis exigidos (PESKE et al. 2016).

Conforme, Peske & Meneghello (2013), dentro da composição da qualidade fisiológica da semente pode-se citar o vigor, sendo que, diferentes testes para avaliação do mesmo em sementes já foram descritos há praticamente meio século, sendo testados para diferentes espécies. Na atualidade, a International Seed Testing Association (ISTA) possui em suas regras para análise de sementes vários testes descritos com metodologia detalhada, dentre eles o vigor. Sobretudo, o vigor é importante principalmente para se ter uma ideia da capacidade do lote de sementes superar condições adversas, assim como o seu potencial de armazenamento, informação esse que complementa o teste de germinação, já que esse não fornece estas informações.

Todavia, entre os vários testes de vigor já pesquisados, destaca-se três, que no Brasil são amplamente utilizados nos controles internos de qualidade das empresas. Sendo eles, o Teste de Frio, o Envelhecimento Acelerado e o de Tetrazólio. Pode-se considerar o vigor de um lote de sementes como, alto, médio e baixo, variando entre as empresas, porém, todas concordam que quando um lote apresentar 80%, no mínimo, este é de alta qualidade (PESKE & MENEGHELLO, 2013).

2.8 RELAÇÃO ENTRE ATRIBUTOS DO SOLO, PRODUTIVIDADE E QUALIDADE FISIOLÓGICA DA SEMENTE

De maneira geral, a produção de sementes é priorizada sempre em lavouras que apresentam os solos mais férteis e um manejo otimizado visando a máxima produtividade, afim de que a semente produzida também apresente as melhores características de germinação e vigor (GAZZOLA NETO et al., 2015). Contudo, segundo Peske et al. (2012), nem sempre se tem as condições ideais para a produção das sementes e muitas vezes essas são produzidas em áreas com fertilidade de média a baixa. Portanto, principalmente quando se utiliza área com diferentes níveis de fertilidade, passa a ser essencial o mapeamento de distribuição espacial das características do solo e da qualidade das sementes (MONDO et al., 2012), afim de se poder realizar um estudo de causa e efeito.

Os estudos que comparam mapas de qualidade fisiológica das sementes com os atributos do solo ainda são incipientes, porém na busca de uma produção agropecuária mais rentável e responsável sociologicamente passa a ter uma importância fundamental permitindo o estabelecimento de áreas a serem colhidas e descartadas dentro de um campo de produção (MATTIONI et al., 2011).

Além dos atributos químicos do solo, atributos do ambiente também podem influenciar na qualidade das sementes produzidas. Moraes e Menezes (2003) citam que a disponibilidade de água no solo é um fator fundamental para a produção de sementes com alto potencial, sendo assim fatores como a densidade, microporosidade do solo, restos culturais e relevo são fundamentais para fornecer essa umidade necessária ao desenvolvimento da cultura da soja.

Para Lacerda (2007) e Kolchinski et al. (2006), a semeadura adequada feita com sementes de qualidade elevada, aliada aos efeitos de vigor sobre os estádios iniciais do desenvolvimento, se refletem em acréscimos de produtividade, sendo determinados especialmente no estabelecimento da cultura.

No entanto, Costa et al. (2003) apontam que oscilações de temperatura, seguidas de altos índices pluviométricos e flutuação de umidade relativa do ar nas fases de maturação e pré-colheita da semente, geralmente se refletem em perdas na qualidade física, fisiológica e sanitária.

Marcos Filho et al. (2001) observaram que a maturação da cultura da soja é altamente desuniforme em diferentes pontos da lavoura, devendo-se isso às grandes modificações ecofisiológicas que a cultura passa durante o estágio reprodutivo e que estão relacionadas com as características do ambiente que a planta está fixada.

Dentre os fatores que afetam germinação e por sua vez a qualidade, por exemplo, a dormência, a vitalidade, a viabilidade, a longevidade, o grau de maturidade, a sanidade e o genótipo, que são considerados intrínsecos ou fatores do ambiente, como, a disponibilidade de água, a temperatura e o oxigênio, e se algumas destas condições não forem satisfatórias ou favoráveis às necessidades da semente, ela não irá germinar (MARCOS FILHO, 2005).

A sua pureza física, o elevado potencial genético, alta germinação e vigor, ausência de danos mecânicos, boa sanidade e uniformidade de tamanho, são os atributos que definem a qualidade das sementes. Com destaque ao último atributo, pelo aspecto visual, importante para comercialização e para regulação das semeadoras, que refletira na uniformidade de emergência e estande da lavoura,

acarretando em economia de sementes por unidade de área (LIMA, 1996).

Com relação à distribuição das plantas em uma lavoura, é imprescindível que essa seja de maneira uniforme para maximizar a produtividade, pois isso garantirá o eficiente aproveitamento da luminosidade, a nutrição das plantas e a umidade, o mesmo não acontecerá em caso de má distribuição, podendo “faltar” luz, água e nutrientes em alguns locais e sobrar em outros (PESKE et al., 2016).

Segundo descrito por Vieira & Rava (2000), o fator determinante para otimizar os níveis de impacto sobre a produtividade e o lucro obtido está intimamente ligado com a qualidade da semente colocada à disposição do agricultor, e isso justifica-se pelo crescente aprimoramento de técnicas e métodos de produção que são cada vez mais evidentes.

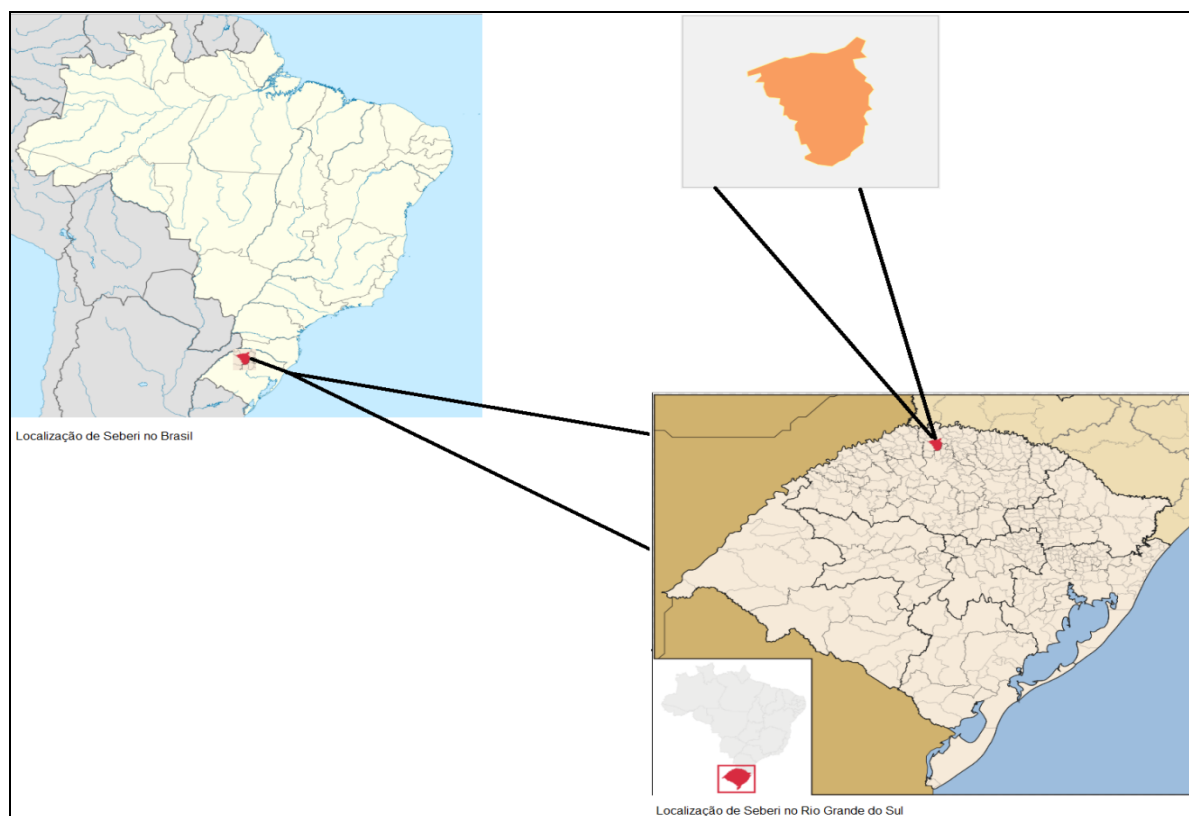
Na verdade, a padronização das sementes de soja, independente da região produtora, tornou-se uma exigência de mercado (Santos et al., 2005). Por essa razão, a classificação da semente de soja é realizada há vários anos no Brasil, constituindo-se em importante ferramenta, visto que a padronização das sementes agrega em incremento da precisão de semeadura, o que facilita a obtenção da população de plantas desejada (SANTOS et al., 2006).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

As etapas de coleta de dados, bem como, as análises de sementes, do estudo foram realizadas durante o ano 2015 as sementes analisadas pertenciam a safra de soja (2014/2015), em uma área de 79,76 ha, da empresa Sementes Fabris Hulk localizada no Município de Seberi – RS (Figura 1). As coordenadas geográficas do local são: latitude 27° 34' 10" S e longitude 53° 22' 19" O. O solo do local foi classificado segundo as recomendações de Santos et al. (2013) como Latossolo Vermelho distrófico típico. O relevo é suave ondulado, com altitude aproximada de 526 m. O clima da região é subtropical úmido com verão quente, tipo Cfa, a temperatura média anual é em torno de 18°C com máximas iguais ou superiores a 22°C, sendo que no verão pode atingir 41°C, com temperaturas mínimas entre -3 a 18°C e precipitação média anual entre 1.900 e 2.200 mm (ALVARES et al., 2013).

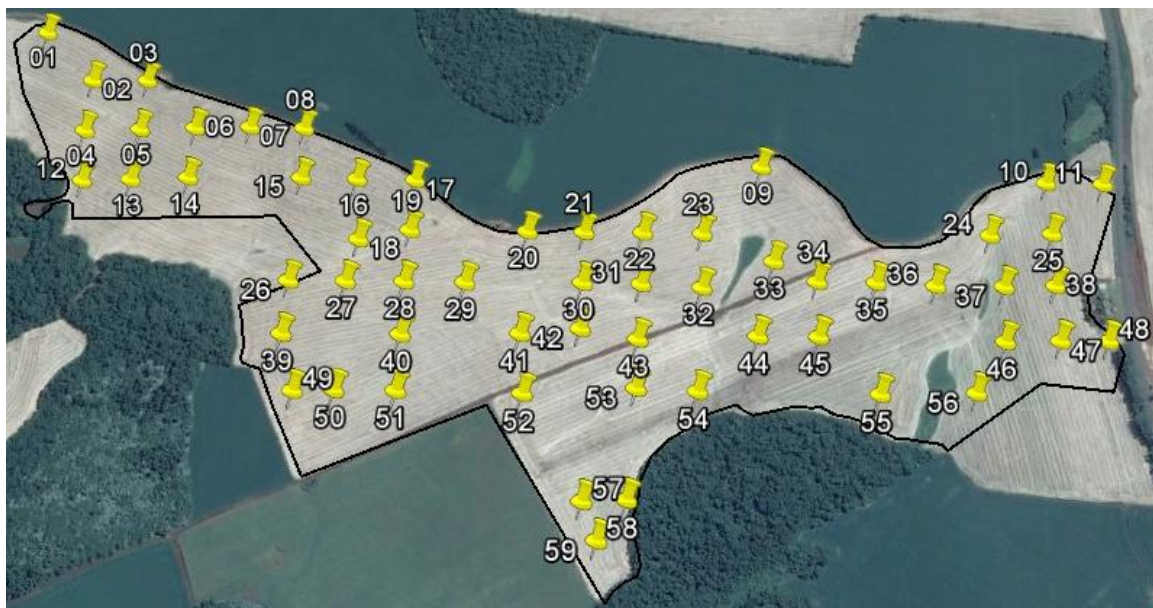
Figura 2 – Localização da área experimental, Seberi – RS, 2015



3.2 AMOSTRAGEM DE SOLO

Inicialmente, foi demarcado o perímetro da área experimental com o uso de um aparelho de Sistema de Posicionamento Global (GPS). Na sequência, se sobrepôs sobre a mesma uma malha amostral quadrangular regular de 100 x 100m, gerada através do software computacional Sistema CR – Campeiro 7 (Departamento de Geomática, Universidade Federal de Santa Maria, RS), resultando em 59 pontos amostrais, as amostras utilizadas no estudo são apresentadas na Figura 2.

Figura 3 – Detalhes da localização dos pontos amostrais utilizados na área do estudo. Seberi – RS, 2015.



A amostragem de solo se deu após a colheita da Aveia Branca utilizada no cultivo de inverno do Ano de 2014, sendo realizada à profundidade de 0 – 0,15 m, utilizando-se um quadriciclo equipado com um sistema de trado de rosca com acionamento hidráulico. Foram coletadas 12 subamostras em um raio de 10 m do ponto central georreferenciado para compor cada amostra composta. As coletadas foram realizadas após a colheita de aveia branca no cultivo de inverno.

Na sequência, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Análises de Solo da Universidade Federal de Santa Maria, campus de Frederico Westphalen para a determinação dos seguintes parâmetros: pH (H₂O), índice SMP, CTC (capacidade de troca de cátions) saturação por bases (V%), fósforo (Mehlich – 1), potássio (K), alumínio (Al), cálcio (Ca), magnésio (Mg); enxofre (S); cobre (Cu); boro (B); manganês (Mn); zinco (Zn), argila e matéria orgânica (MO).

3.3 MANEJO DA CULTURA DA SOJA

A cultivar de soja utilizada foi a BMX Potência, que possui as seguintes características: grupo de maturação 6.7 – semiprecoce, hábito de crescimento indeterminado, de porte alto e peso médio de mil sementes de 168 g, alto índice de

ramificação e resistente ao acamamento e ao Glifosato, elevado potencial produtivo (BRASMAX GENÉTICA, 2015).

3.4 COLHEITA DAS SEMENTES DE SOJA

As coletas de sementes foram realizadas nos dias 24 e 25 de março de 2015, nos mesmos pontos amostrais em que se coletaram os solos seguindo a mesma malha amostral de 100 x 100 m. Foram coletadas em um raio de 10 m do ponto central dez subamostras de plantas em área de 1,0 m linear para formarem a amostra composta representativa do ponto.

As plantas foram inicialmente trilhadas de forma separada, ou seja, cada amostra composta formada pelas 10 subamostras, sendo, as sementes pesadas em uma balança digital com sensibilidade de 0,01g. Posteriormente, as sementes foram segregadas a partir do teste de retenção em peneiras, utilizando-se o conjunto de peneiras de furos redondos. Considerou-se como sementes grandes as que se mantiveram nas peneiras de >6,5 mm e sementes pequenas as entre <5,5 mm. Após esse procedimento, novamente as sementes grandes e pequenas foram pesadas.

As sementes de milho e soja são normalmente classificadas em diferentes tamanhos para facilitar a semeadura e o comércio. Um lote de sementes classificado apresenta menos falhas e duplos no momento da semeadura, bem como uma menor variação em seu peso de mil sementes (PESKE & MENEGHELLO, 2013).

3.5 ANÁLISES DE QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS SEMENTES

Dentre as análises de qualidade fisiológica realizadas está o teste de germinação, que considera a presença ou não de estruturas essenciais nas plântulas, e são classificadas como; plântulas normais as que mostram potencial para continuar seu desenvolvimento e dar origem a plantas normais; plântulas anormais não mostram potencial para continuar seu desenvolvimento e dar origem a plântulas normais; sementes duras permanecem sem absorver água e se apresentam, no final do teste, com aspecto de sementes recém-colocadas no substrato; sementes dormentes, embora aparentemente viáveis, não germinam mesmo quando colocadas nas condições adequadas para o teste; e sementes

mortas são as que, ao final do teste, não germinaram, não estão duras, nem dormentes, e, geralmente, apresentam-se amolecidas ou atacadas por microrganismos (MAPA, 2009).

Para proceder as contagens observou-se que trabalhos semelhantes, adaptaram as contagens para o 5^o dia para germinação e vigor, e não para 5^o e 8^o conforme determina a RAS. Para o teste de germinação utilizou-se quatro repetições de 50 sementes para cada amostra. As sementes foram colocadas para germinar em substrato de papel de germinação (“germitest”), previamente umedecido em água utilizando-se 2,5 vezes a massa do papel seco. Posteriormente, as sementes foram acondicionadas em um germinador, na temperatura constante de 25 °C. As contagens de germinação, plântulas anormais e sementes mortas foram efetuadas no quinto dia após a instalação do teste.

Estão descritos nas RAS Mapa (2009), os procedimentos empregados para germinação, composto por pré-condicionamento de 400 sementes, que devem ser colocadas nas gerbox, sobre uma tela de arame, adicionando aproximadamente 40 ml de água na parte inferior da gerbox, a fim de manter uniforme a umidade relativa do ar no interior das mesmas, essas são colocadas na estufa previamente regulada à temperatura de 25°C por 16 a 24 horas. Após o pré-condicionamento dá-se a semeadura conforme Figura 1 com o auxílio do tabuleiro contador são distribuídas uniformemente as 50 sementes, até obter oito sub-amostras (rolos) envolvidos por saco plástico transparente e presos com elásticos, posicionados verticalmente dentro do germinador com a temperatura de aproximadamente 25°C.

No procedimento utilizado para a determinação do vigor, as sementes foram submetidas ao teste de envelhecimento acelerado e, para isso, utilizou-se caixas plásticas do tipo gerbox conforme germinação, porém inicialmente, mantidas a 41 °C durante 48 horas a fim de causar condição de stress Panobianco e Marcos Filho (1998).

Determinou-se ainda em cada peneira o peso de mil sementes, que é utilizado para calcular a densidade de semeadura, o número de sementes por embalagem e o peso da amostra de trabalho para análise de pureza, quando não especificado nas RAS. Essa informação dá ideia do tamanho das sementes, assim como de seu estado de maturidade e de sanidade (MAPA, 2009).

$$\text{Peso de mil sementes (PMS)} = \frac{\text{peso da amostra} \times 1.000}{\text{N}^{\circ} \text{ total de sementes}}$$

Para a determinação da produtividade da cultura, a colheita foi realizada por uma colhedora Case IH AFS equipada com sensor de produtividade do tipo de fluxo (placa de impacto com célula de carga).

3.6 ANÁLISES DOS DADOS

Os dados dos atributos do solo, dos componentes produtivos e da qualidade fisiológica das sementes foram inicialmente submetidos à análise estatística descritiva aonde se determinou as medidas de tendência central (mínimo, média, máximo) e de dispersão (coeficiente de variação, assimetria e curtose). Os valores de CV foram classificados como de variabilidade baixa ($CV < 10\%$), média ($10 < CV < 20\%$), alta ($20 < CV < 30\%$) e muito alta ($CV > 30\%$) segundo classificação proposta por Pimentel-Gomes e Garcia (2002). Para avaliação da normalidade dos dados utilizou-se o teste W ($p < 0,05$) (SHAPIRO e WILK, 1965).

Para o estudo da variabilidade espacial das variáveis, foi ajustado semivariogramas aos conjuntos de dados, por meio do programa GS+ (Version 9.0, Gamma Design Software, USA). Foram testados os semivariogramas para os modelos teóricos esférico, exponencial e gaussiano, a escolha entre os modelos foi baseada no maior coeficiente de determinação (R^2) e na menor soma de quadrados de resíduos (SQR) obtida pela técnica da validação cruzada. Os parâmetros geoestatísticos obtidos: alcance (a), efeito pepita (C_0), contribuição (C_1) e patamar (C). O grau de dependência espacial (GDE) dos dados foi verificada a partir da equação $[(C_0/(C_0+C_1)*100)]$ e classificados segundo recomendações de Cambardella et al. (1994) como forte, para $GDE \leq 25\%$; moderado, para GDE entre 25 e 75% e fraco, para $GDE > 75\%$.

Para avaliar a relação entre as variáveis relacionadas à qualidade fisiológica das sementes e entre atributos do solo, os dados foram submetidos à matriz de correlação linear de *Pearson*.

A confecção dos mapas temáticos foi realizada com auxílio do programa computacional CR-Campeiro 7 (Departamento de Geomática, Universidade Federal de Santa Maria, RS), utilizando-se como interpolador estocástico a krigagem para os

dados com estrutura espacial definida (VIEIRA, 2000) e, como interpolador determinístico, o inverso ao quadrado da distância para os dados que não obtiveram ajuste satisfatório a nem um dos modelos teóricos testados (efeito pepita puro – EPP). Considerou-se como estrutura espacial definida quando se obteve um coeficiente de determinação (R^2) maior que 0,60, no modelo teórico ajustado ao semivariograma experimental.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ESTATÍSTICA DESCRITIVA DA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS SEMENTES DA SOJA

Para melhor demonstrar os resultados encontrados no presente estudo ajustou-se os dados em análises de correlação e de regressão simples e múltipla entre produtividade e atributos químicos do solo e qualidade fisiológica de sementes de soja. Na análise de regressão múltipla, os valores faltantes de variáveis foram preenchidos por interpolação simples, e para os atributos que foram coletados em pontos com espaçamento de 100m utilizou-se a técnica da krigagem para interpolação e determinação dos locais não amostrados.

Para analisar a variabilidade espacial de atributos do solo, utilizaram-se somente as variáveis químicas na profundidade de 0 a 0,15m, ou seja, aquelas que apresentaram correlação (coeficiente de correlação significativo) com a produtividade de soja ou com a qualidade fisiológica da semente. A análise geoestatística foi utilizada para avaliar a dependência espacial dos atributos do solo e das sementes, através de semivariogramas, obtidos a partir do software Campeiro.

Todos os atributos estudados, apresentaram distribuição de frequência do tipo normal, sendo significativos a 5% pelo teste da normalidade de Shapiro e Wilk (1965), uma vez que a variação da probabilidade esteve compreendida entre 0,86 e 0,97 (Tabela 1). Assim, os valores médios representarão as medidas de tendência central.

Na Tabela 1, são apresentados os resultados da análise estatística descritiva dos dados de produtividade e qualidade fisiológica das sementes. A produtividade média obtida foi de 3.581 kg ha⁻¹, destacando-se como uma boa produtividade, considerando-se que a média do Estado do Rio Grande do Sul nessa safra foi de

2.970 kg ha⁻¹ (CONAB, 2016). O CV foi baixo para a produtividade, sendo de apenas 8,98%, demonstrando que a área apresenta uma boa homogeneidade.

Tabela 1 - Análise estatística descritiva dos dados de produtividade, germinação e vigor de sementes de soja coletados em malha amostral de 100 x 100 m. Seberi - RS, 2015.

FV	Mínimo	Médio	Máximo	-----Coeficiente%-----			Teste W
				Varição	Assimetria	Curtose	
Prod	2.497	3.581	4.119	8,98	-1,05	1,25	0,96 ^(ns)
-----Sementes pequenas-----							
PMS	129	140	162	4,88	1,51	2,44	0,86 *
Ger %	36	69	94	20,72	-0,33	-0,53	0,97 ^(ns)
Anormais (%)	4	17	32	40,97	0,20	-0,61	0,97 *
Mortas (%)	0	14	34	65,11	0,63	-0,44	0,94 ^(ns)
Vigor	20	50	90	37,06	0,11	-0,96	0,97 *
-----Sementes grandes-----							
PMS	138	164	187	4,60	0,04	2,53	0,96 ^(ns)
Ger %	28	68	98	22,85	-0,52	-0,13	0,97 ^(ns)
Anormais	2	18	36	42,61	0,38	-0,41	0,97 *
Mortas	0	14	42	68,37	1,10	0,69	0,90 ^(ns)
Vigor	22	50	90	39,38	0,35	-0,98	0,94 ^(ns)

(¹) Teste de Shapiro-Wilk para distribuição normal: (*) significativo em níveis de $p \leq 0,05$ e ^(ns) não significativo, quando for significativo indica que a hipótese para a distribuição normal é rejeitada. Prod. (produtividade); PMS (peso de mil sementes); Ger% (germinação).

Mondo et al. (2012) estudando uma área de produção de sementes também observaram baixo CV da produtividade (6,5%), pressupõe-se que isso se deve porque nessas áreas que os atributos do solo estejam acima dos níveis críticos, reduzindo, conseqüentemente, a variabilidade da produção. Baixa variabilidade é uma característica altamente desejável para campos de produção de sementes, pois significa que os lotes terão maior homogeneidade.

Com relação ao peso de mil sementes (PMS) observa-se que as sementes pequenas apresentaram PMS médio de 140 g, enquanto as sementes grandes apresentaram 164 g. O CV foi considerado baixo para ambas as peneiras (CV <5%).

A germinação média foi semelhante de 69 e 68% para sementes pequenas e grandes, com média respectivamente. Esses valores são muito baixos para lavouras de produção de sementes, em partes isso pode estar atrelado ao tempo decorrido entre a colheita das sementes e os testes em laboratório (30 dias), tendo em vista a umidade em que as mesmas se encontravam no momento da colheita (17 a 19%).

Gazzola-Neto et al. (2015) em um trabalho semelhante, observaram germinação média de 96,5% e valor mínimo de 92%. Esses autores realizaram secagem artificial em estufa das sementes uniformizando a umidade a 12% e, conseqüentemente, mantendo a qualidade das sementes. No presente estudo, optou-se por não realizar secagem artificial das sementes, objetivando captar exatamente a variabilidade em condições de lavoura, de modo a não causar nenhuma interferência antropogênicos.

Mais importante que os valores médios de germinação obtidos no presente estudo foi observar a discrepância dos dados, aonde houve alguns pontos que apresentaram germinação de apenas 28% e outros atingiram 98%. Dessa forma, comprova-se a importância de avaliar a qualidade fisiológica de sementes a partir das ferramentas de agricultura de precisão, pois havendo elevada variabilidade, conseqüentemente, tem-se a possibilidade de colheita segregada das sementes gerando lotes com maior qualidade e principalmente mais homogêneos (MATTIONI et al., 2011). CORÁ et al. (2011) citam que variáveis com elevada amplitude são as que apresentam maiores potenciais de usos de ferramentas de agricultura de precisão, pois caso se utilizasse os valores médios a percentagem de erro é muito elevada e não representaria grande parte da lavoura.

O coeficiente de variação foi considerado como médio para a germinação, sendo de 20 a 22% para os tamanhos de sementes pequenas e grandes, respectivamente. Porém se comparar com o trabalho de Gazzola-Neto et al. (2015) esse valor foi muito elevado, pois os autores obtiveram um CV de apenas 1,74%. Em partes esse menor CV pode estar relacionado a menor área de estudo desses autores (36 ha), havendo uma tendência de maior homogeneidade.

De maneira geral, observa-se, que para as análises de estatística descritiva, não houve variação significativa na qualidade fisiológica entre sementes grandes e pequenas, não justificando, portanto, a discussão das mesmas de forma separada. Esse resultado corrobora com os obtidos por Costa et al. (2004) e Avila et al. (2008) em que avaliando essas mesmas variáveis de lotes com distintos tamanhos não observaram diferenças significativas.

A quantidade média de plântulas anormais para os dois tamanhos de sementes foram de 17%, valor este variando de 2 a 36% com CV classificado como alto situando-se próximo a 40%.

A variável que apresentou os maiores índices de variação foi o número de sementes mortas, as quais atingiram valor de CV acima de 60%. O valor médio foi

de 14%, com pontos em que não se teve sementes mortas e outras com até 42%. O teste de vigor realizado a partir da análise de envelhecimento acelerado, obteve, em média, um vigor de 50%, com pontos que variaram de 20 a 90%. Gazzola-Neto et al., (2015) obtiveram um valor de vigor médio de 95%, com CV de 2,44%. O CV obtido para o vigor no presente estudo foi de 38% sendo classificado como muito alto (PIMENTEL-GOMES & GARCIA, 2002) o que justifica-se pela ausência de uniformidade do teor de umidade, já que não se procedeu a secagem em estufa.

A partir dos resultados apresentados anteriormente observa-se a existência de elevada variação entre os pontos amostrais, sendo assim, esses resultados corroboram com os descritos por Mattioni et al. (2011) em que citam que o vigor apresenta maior probabilidade de resposta ao uso das ferramentas de AP do que a germinação de sementes devido a sua maior variabilidade e sensibilidade às mudanças do ambiente (CV mais alto). Peske et al. (2012) citam que, durante o processo de deterioração das sementes, o vigor é atingido antes da capacidade de germinação, explicando-se assim o porquê dos menores valores de vigor em comparação à germinação.

Pelo teste W e comprovado pelos coeficientes de assimetria e curtose constatou-se que apenas a produtividade de grãos, percentagem de germinação e de sementes mortas nas sementes pequenas apresentaram distribuição normal de seus dados. Já para sementes grandes apenas a percentagem de plântulas anormais não apresentou distribuição normal.

A área amostral apresentou pouca variação (CV = 6,75%) de textura, sendo o teor de argila médio de 57 % (Tabela 2). Nota-se, também, que a área apresenta em sua grande magnitude um pH adequado para a cultura da soja estando em média em 5,64 (CQFS RS/SC, 2004). O CV do pH foi de 4,61 % colaborando com outros trabalhos que tem demonstrado baixa variação deste atributo (CHERUBIN et al., 2014; PIAS, 2016). A saturação por bases média foi de 67,51 % estando adequada para o bom desenvolvimento das plantas (CQFS RS, 2004), o CV para este atributo também foi baixo (8,99%).

O que justifica os valores tão baixos para germinação e vigor, é que o processo de maturação das sementes de soja é desuniforme, sendo normal verificar-se, na mesma planta, sementes com mais de 50% de umidade e sementes já aguardando serem colhidas, com 12-13% de umidade. Isto é um fator que dificulta a produção de sementes de soja, requerendo que a colheita seja realizada de tal

maneira que algumas sementes ainda estejam com alta umidade e que outras estejam pouco tempo aguardando a colheita (PESKE & MENEGHELLO, 2013) sendo que esse fato pode ter afetado os níveis de germinação a valores tão reduzidos.

Como o peso de mil sementes de uma amostra varia de acordo com o teor de água das sementes, em ambos os casos recomenda-se realizar a determinação do grau de umidade. (MAPA, 2009). No entanto, foi realizado esse procedimento onde se verificou variação do teor de umidade nas sementes analisadas, mas não se procedeu a secagem em estufa, reduzindo valores de germinação e vigor.

Tabela 2 - Análise estatística descritiva dos atributos químicos do solo coletados em malha amostral de 100 x 100 m. Seberi - RS, 2015.

FV	-----Valores-----			-----Coeficiente%-----			--Teste-- W
	Mínimo	Médio	Máximo	Variação	Assimetria	Curtose	
Argila (%)	46,00	57,00	63,00	6,75	-0,54	-0,29	0,94 (ns)
pH (1:1)	5,10	5,64	6,10	4,61	-0,30	-0,67	0,95 (ns)
P (mg dm ⁻³)	8,00	18,14	34,10	34,62	0,73	-0,11	0,94 (ns)
K (mg dm ⁻³)	50,70	101,93	171,00	27,54	0,34	-0,12	0,98 *
MO (%)	2,40	3,13	3,60	8,31	-0,40	0,00	0,96 *
Al (cmolc dm ⁻³)	0,10	0,53	3,80	151,67	2,55	7,00	0,61 (ns)
Ca (cmolc dm ⁻³)	2,70	4,51	6,50	19,5	-0,19	-0,71	0,97 *
Mg (cmolc dm ⁻³)	1,80	2,51	3,30	13,63	-0,18	-0,51	0,97 *
CTC (cmolc dm ⁻³)	5,00	7,31	10,10	15,47	-0,07	9,50	0,98 *
SB (%)	51,50	67,51	77,30	8,99	8,35	-0,20	0,96 (ns)
S (mg dm ⁻³)	3,30	17,16	42,80	52,28	0,61	-0,20	0,95 (ns)
Cu (mg dm ⁻³)	2,80	6,99	12,70	30,86	0,87	0,45	0,93 (ns)
Zn (mg dm ⁻³)	0,80	1,84	22,10	155,76	6,43	44,57	0,29 (ns)
B (mg dm ⁻³)	0,06	0,16	0,40	44,19	1,16	1,36	0,91 (ns)

(1) Teste de Shapiro-Wilk para distribuição normal: (*) significativo em níveis de $p \leq 0,05$ e (ns) não significativo, quando for significativo indica que a hipótese para a distribuição normal é rejeitada.

A área apresentou elevados teores de P, sendo o teor médio de 18,14 mg dm⁻³, valor este considerado como “muito alto” segundo o Manual de Adubação e Calagem para o RS/SC (CQFS RS/SC, 2004), sendo superior ao dobro do teor crítico para esse solo. Os pontos com menor valor foram de 8 mg dm⁻³ o qual ainda está acima do teor crítico. Esses dados demonstram os resultados de sucessivas aplicações de fertilizantes na área, pois esses Latossolos são naturalmente pobres

em P e muito ácidos, devido à grande intemperização ocorrida (MEURER, 2008).

Para K também se observou elevados teores, sendo o valor médio de 102 mg dm⁻³, os valores mínimos e máximos foram de 50,7 e 171 mg dm⁻³, respectivamente. Altos teores de K em Latossolos são constantemente reportados na literatura, isso se deve em partes por ser o basalto o material de origem desse solo, o qual apresenta alta concentração desse nutriente (RAIJ, 2011). Além disso, devido à alta CTC do solo, advinda principalmente das cargas da matéria orgânica, pouco K é perdido por lixiviação favorecendo com que o mesmo se acumule com as aplicações de fertilizantes ao longo do tempo.

Diante do exposto, pode-se inferir que os teores de P e K provavelmente não limitaram a produtividade e qualidade fisiológica das sementes de soja, pois estão muito superiores aos teores críticos, primado pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo para o RS e SC. Os teores de P e K apresentaram elevados CV, o K obteve um valor médio de 27,54 % e o P de 34,62, sendo os mesmos classificados como alto e muito alto. A elevada variabilidade dos teores de P e K são amplamente reportadas na literatura (CHERUBIN et al., 2015; PIAS, 2016), e se devem em grande parte por serem os nutrientes mais aplicados nos cultivos agrícolas, muitas vezes nas linhas de semeadura, promovendo consequentemente o aumento da variabilidade espacial devido à atividade antrópica.

A área apresentou quase que na sua totalidade teores de MO classificados como médios, sendo de 3,13 %. O CV da MO foi baixo (<10 %). Vários trabalhos têm demonstrado que a MO apresenta pouca variabilidade espacial e temporal em sistemas de plantio direto consolidado. Isso se deve ao equilíbrio que o sistema atinge, aonde as entradas de material orgânico se igualam as perdas devido ao processo de mineralização (MEURER, 2008; BISSANI et al., 2008).

O valor médio de Al³⁺ foi baixo, sendo de apenas 0,53 mg dm⁻³, o que se justifica pelo pH médio estar acima de 5,5 aonde praticamente não se tem Al disponível para as plantas, estando esse Al³⁺ praticamente todo complexado nos componentes organo-minerais. No entanto o CV do Al foi muito elevado (>150 %), tendo-se pontos em que o pH estava mais baixo (5,1) esse atingiu 3,1 mg dm⁻³. Podendo nesses casos esse teor de Al ser superior a 10% da saturação por bases e, assim, limitar o desenvolvimento radicular das culturas (RAIJ, 2011).

Devido às sucessivas aplicações de calcário, a área apresenta elevados teores de Ca e Mg em toda sua extensão, os CV foram classificados como médios

(CV= 10 – 20 %). A CTC média foi de 7,31 sendo classificada como média segundo a CQFS (2004). O CV foi de 15,47% o qual resulta em grande parte devido a variação no teor de matéria orgânica, que é a principal fonte de troca de cátions em solos com argilomineral 1:1 (MEURER, 2008). O teor médio de S da área está muito elevado, sendo de 17,16 mg dm⁻³. Segundo a Comissão (2004), teores acima de 5 mg dm⁻³ já são considerados como altos e, portanto, adequados para as plantas. O grande reservatório de S dos solos é a MO, como nesse o teor está médio e é uma região em que se têm altas precipitações e altas temperaturas a MO é muito mineralizada liberando altas quantidades de S (BISSANI et al., 2008).

Entre os micronutrientes observou-se que houve uma elevada variabilidade dos mesmos sendo todos classificados como muito alto. Os teores médios de Cu foram altos e os de Zn muito alto. Para B observou-se que alguns pontos teores baixos, médios e outros com teores altos, o valor médio foi de 0,16 mg dm⁻³ que é classificado como médio.

Nossos solos geralmente são deficientes em cálcio e boro, devido ao baixo conteúdo de matéria orgânica apresentado e às baixas doses de calcário utilizadas (Bevilaqua et al. 2002). Segundo EMBRAPA, (1999) baixos teores de matéria orgânica no solo realçam a deficiência de micronutrientes no solo como boro (B) por exemplo. Contudo, em solo com boas características físicas e químicas, onde a cultura encontra-se, pode haver aumento de produção com adubação foliar, todavia a soja é muito sensível a toxidez de B (ROSOLEM, 1980).

Com exceção dos teores de P, K, Mg e CTC, os demais atributos todos apresentaram distribuições normais de seus dados. P e K comumente apresentam distribuições lognormais, o que na prática reduz a eficiência do uso de análises geoestatísticas, devido à existência de valores discrepantes e que podem ser *outliers* (VIEIRA, 2000).

4.2 ANÁLISE GEOESTATÍSTICA DOS ATRIBUTOS DE SOLO E PLANTA

A partir da análise geoestatística apresentada na Tabela 3, observa-se que para todos os parâmetros em que houve dependência espacial e o modelo que melhor se ajustou foi o gaussiano, assim como o grau de dependência espacial foi considerado como moderado (CAMBARDELLA et al., 1994). Gazola-Neto et al. (2015) também observaram dependência espacial moderada para variáveis

relacionadas à qualidade fisiológica das sementes. Para germinação, houve dependência espacial apenas para as sementes grandes que apresentou um elevado alcance, superior a 5000 m, podendo-se inferir que essa variável apresenta baixa variabilidade espacial (ANDRIOTTI, 2013).

Para vigor que é uma variável de grande interesse nesse estudo não foi possível o ajuste dos dados a nenhum dos modelos teóricos testado, obtendo-se em ambas as peneiras efeito pepita puro. A obtenção de EPP nem sempre significa a inexistência de variabilidade espacial, podendo em alguns casos, tal resultado estar relacionado a problemas na técnica de coleta adotada que pode ter sido insuficiente para representar o desempenho da variável (VIEIRA, 2000).

Tabela 3 - Análise geoestatística dos dados de produtividade, germinação e vigor de sementes de soja amostrados em malha amostral de 100 x 100 m, segregadas em duas peneiras, Seberi – RS, Brasil.

FV	Efeito Pepita	Patamar	Alcance (m)	Modelo	R ²	IDE (%)	GDE
Prod	82500	165100	4110	Esférico	0,61	49,97	Moderado
-----Sementes pequenas-----							
PMS	36,5	134,0	3760	Gaussiano	0,65	27,24	Moderado
Germinação	EPP	EPP	EPP	EPP	EPP	EPP	EPP
Anormais	43,2	86,4	7119	Gaussiano	0,51	49,99	Moderado
Mortas	72,6	145,2	4671	Gaussiano	0,47	50	Moderado
Vigor	EPP	EPP	EPP	EPP	EPP	EPP	EPP
-----Sementes grandes-----							
PMS	39,4	123,5	3345	Gaussiano	0,58	29,74	Moderado
Germinação	228,9	494,5	5427	Gaussiano	0,41	46,29	Moderado
Anormais	EPP	EPP	EPP	EPP	EPP	EPP	EPP
Mortas	80,7	265,6	5605	Gaussiano	0,77	30,38	Moderado
Vigor	EPP	EPP	EPP	EPP	EPP	EPP	EPP

IDE: Índice de dependência amostral; GDE: Grau de dependência espacial; EPP: Efeito pepita puro.

O PMS apresentou elevado valor de alcance em ambas peneiras, sendo superior a 3000 m. Para sementes anormais apenas nas sementes grandes houve ajuste dos semivariogramas. Para sementes mortas observou-se novamente a obtenção de valores de alcances elevados superiores a 5000 m com valores de R² que variaram de 0,47 a 0,77.

Para os atributos químicos do solo não foi possível o ajuste de

semivariogramas apenas para os teores de Al, Mg, Cu e B. De maneira geral as maiores variabilidades espaciais foram observadas para o pH, Ca e CTC os quais apresentaram valores de alcance inferiores a 1100 m. Os modelos ajustados foram o exponencial para a argila, Ca e CTC, esférico para a SB, e gaussiano para os demais. Com exceção do Ca e Zn que apresentaram dependência espacial forte os demais parâmetros todos apresentaram valores moderados. Gazzola et al. (2015) também observaram dependência espacial moderada para os principais atributos químicos do solo.

Tabela 4 - Análise geoestatística dos atributos químicos do solo amostrados em malha amostral de 100 x100 m, Seberi – RS, Brasil.

Parâmetros	Efeito pepita	Patamar	Alcance (m)	Modelo	R2	IDE (%)	GDE
Argila	11,94	28,09	9756	Exponencial	0,76	42,51	Moderado
pH	0,03	0,09	1070	Gaussiano	0,89	36,38	Moderado
P	36,40	83,30	5461	Gaussiano	0,42	43,69	Moderado
K	454,00	1345,00	1729	Gaussiano	0,96	33,75	Moderado
MO	0,04	0,09	1328	Gaussiano	0,76	46,25	Moderado
Al	EPP	EPP	EPP	EPP	EPP	EPP	EPP
Ca	0,00	0,83	546	Exponencial	0,58	0,12	Forte
Mg	EPP	EPP	EPP	EPP	EPP	EPP	EPP
CTC	0,00	1,35	462	Exponencial	0,52	0,07	Forte
SB	18,70	48,70	1373	Esférico	0,75	38,18	Moderado
S	52,10	127,30	1616	Gaussiano	0,98	40,92	Moderado
Cu	EPP	EPP	EPP	EPP	EPP	EPP	EPP
Zn	5,16	31,31	3414	Gaussiano	0,57	16,48	Forte
B	EPP	EPP	EPP	EPP	EPP	EPP	EPP

IDE: Índice de dependência amostral; GDE: Grau de dependência espacial; EPP: Efeito pepita puro.

4.3 CORRELAÇÕES ENTRE OS ATRIBUTOS DO SOLO COM A PRODUTIVIDADE E QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS SEMENTES

O peso de mil sementes apresentou correlação positiva com o vigor nas sementes grandes (Tabela 5), ou seja, com o aumento do PMS aumentou o vigor das sementes ($r=0,39$). Possivelmente essa correlação possa se justificar pelo que descreve Popinigis (1985) onde ele cita que sementes com elevado grau de umidade e baixo conteúdo de matéria seca na sua composição, geralmente apresentam baixa porcentagem de germinação que nesse caso pode servir também para vigor, ou

seja, quanto o maior o tamanho da semente maior é a capacidade de reserva o que pode ser visualizado no mapa de teor de umidade Figura 7. O vigor apresentou elevada correlação em ambas peneiras com a germinação das mesmas ($r=0,80$), resultados semelhantes foram observados por Gazzola-Neto et al. (2015). Com a redução da germinação e do vigor das sementes em ambos os tamanhos de sementes aumentou do número de plântulas anormais e de sementes mortas, havendo correlações negativas significativas. A produtividade de grãos não influenciou a qualidade fisiológica das sementes em nenhuma das peneiras avaliadas. Mattioni et al. (2011) também não observaram correlação entre produtividade e qualidade fisiológica de sementes, demonstrando que os fatores de produção que limitam a variável resposta produtividade difere das variáveis ligada a qualidade de sementes.

Conforme RIBEIRO et al. (1994) a carência do micronutriente Boro, reflete no crescimento e na produção, por desempenharem importantes funções na planta, segundo eles uma das formas de suprir o boro, consiste na aplicação via tratamento de sementes.

Tabela 5 - Correlação de Pearson entre os parâmetros produtivos, germinação e vigor de sementes de soja segregada em duas peneiras, Seberi, RS, 2015.

FV	Plântulas anormais	Sementes mortas	Vigor	PMS	Prod.
-----Sementes pequenas-----					
Plânt. normais	-0,89*	-0,93*	0,81*	0,13 ^{ns}	0,14 ^{ns}
Plânt. anormais	-	0,66*	-0,71*	-0,13 ^{ns}	-0,13 ^{ns}
Sementes mortas	-	-	-0,75*	-0,11 ^{ns}	-0,13 ^{ns}
Vigor	-	-	-	0,01 ^{ns}	0,19 ^{ns}
PMS	-	-	-	-	-0,13 ^{ns}
-----Sementes grandes-----					
Plânt. normais	-0,88*	-0,92*	0,79*	-0,21 ^{ns}	0,07 ^{ns}
Plânt. anormais	-	0,63*	-0,69*	0,15 ^{ns}	-0,09 ^{ns}
Sementes mortas	-	-	-0,74*	0,22 ^{ns}	-0,05 ^{ns}
Vigor	-	-	-	0,39*	0,09 ^{ns}
PMS	-	-	-	-	-0,13 ^{ns}

(^{ns}) não significativo ou * significativo ao nível de $p \leq 0,05$.

Na Tabela 6, são apresentados os coeficientes de correlação entre os atributos do solo e da qualidade fisiológica de sementes. Houve correlação negativa entre o pH e o peso de mil sementes para as sementes pequenas, esse resultado

pode estar atrelado por haver alguns pontos em que o pH estava em 6,1, segundo a CQFS (2004) o pH do solo muito elevado pode induzir a ocorrer deficiência de micronutrientes.

De maneira geral, assim como observado em trabalhos semelhantes como os de Mondo et al. (2012) e Gazzola-Neto et al. (2015) as correlações entre atributos químicos do solo e potencial fisiológico de sementes foram baixas. Gazzola-Neto et al. (2015) em seu trabalho observou boas correlações do pH com as variáveis citadas, porém em seu estudo praticamente toda a área estava com pH abaixo do teor crítico para a cultura da soja. Sendo assim, pode-se inferir que as correlações entre variáveis ligadas à qualidade fisiológica das sementes com atributos do solo dependeram da condição que este solo apresenta. Bem como, do período de permanência das sementes de soja no campo, após a maturidade fisiológica, sendo esse um fator importante na deterioração ou mesmo na perda do vigor (BRACCINI et al. 2003).

Para o teor de argila que apresentou correlação negativa de -0,34 com a produtividade, ou seja, na medida em que aumentaram os pontos de argila reduziu-se a produtividade, ressaltando que para esse nutriente quando os valores foram acima de sessenta, nivelou-se como sessenta, outro fato que pode-se dizer é que, de alguma forma, maiores valores de argila podem ter interferido na parte química (retenção de nutrientes) e na física (maior possibilidade de resistência mecânica para o crescimento radicular).

Considerando o enxofre, por exemplo, que também apresentou uma correlação alta, bastante semelhante à da argila, porém, positiva justificada pela maior parte do enxofre do solo nas regiões úmidas que é o caso do Rio Grande do Sul, está associada com a matéria orgânica, sendo que a partir de transformações biológicas, semelhantes àsquelas do nitrogênio, os sulfatos e os compostos de sulfato são produzidos e disponibilizados para as plantas, através da mineralização da matéria orgânica.

Segundo Malavolta (1982) a deficiência de S em nossos solos, ocorre em razão da baixa fertilidade do solo, associada à pequena quantidade de matéria orgânica, aumento da exportação de S pelos grãos, ocasionados por produtividade elevadas, lixiviação de sulfato, acentuada pela aplicação de calcário, fósforo e também pelos processos de intemperismo que acontecem ao longo de milhares de anos.

Porém em casos de áreas como essa, mesmo sendo um solo argiloso que retém muito os sulfatos, a matéria orgânica que é a grande fornecedora de enxofre para o solo apresentando valor de médio à baixo, a fertilização ocorre regularmente, garantindo uma reposição que garante suprir as necessidades de extração, evidenciadas nesses valores altos para a correlação do mesmo.

Tabela 6 - Correlação linear de Pearson entre os atributos químicos do solo, parâmetros produtivos, germinação e vigor de sementes de soja segregada em duas peneiras, Seberi, RS, 2015.

FV	Plântulas		Sementes mortas	Vigor	PMS	Prod.
	Normais	Anormais				
-----Sementes pequenas-----						
Argila (%)	-0,02 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	0,07 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	0,14 ^{ns}	-0,34*
pH (1:1)	-0,04 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,06 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,29*	0,03 ^{ns}
P (mg dm ⁻³)	0,07 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	0,05 ^{ns}
K (mg dm ⁻³)	-0,04 ^{ns}	0,16 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,02 ^{ns}
MO (%)	0,10 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Al (cmol _c dm ⁻³)	-0,24 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,21 ^{ns}	-0,19 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Ca (cmol _c dm ⁻³)	0,01 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	0,02 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	-0,09 ^{ns}
Mg (cmol _c dm ⁻³)	-0,04 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	-0,03 ^{ns}
CTC (cmol _c dm ⁻³)	-0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,02 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	-0,04 ^{ns}
SB (%)	-0,04 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,25 ^{ns}	-0,09 ^{ns}
S (mg dm ⁻³)	-0,04 ^{ns}	0,11 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,31*
Cu (mg dm ⁻³)	-0,09 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,11 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	0,03 ^{ns}	-0,03 ^{ns}
Zn (mg dm ⁻³)	0,08 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	0,19	0,07 ^{ns}	0,14 ^{ns}
B (mg dm ⁻³)	0,28*	-0,20 ^{ns}	-0,29*	0,28*	0,20 ^{ns}	-0,09 ^{ns}
-----Sementes grandes-----						
Argila (%)	-0,02	-0,06	0,08	-0,10	0,06	-
pH (1:1)	-0,06	0,02	0,09	-0,13	-0,07	-
P (mg dm ⁻³)	0,09	-0,05	-0,11	0,20	-0,05	-
K (mg dm ⁻³)	0,07	-0,02	-0,10	0,09	0,17	-
MO (%)	0,12	0,02	-0,21	0,17	0,05	-
Al (cmol _c dm ⁻³)	-0,20	0,19	0,17	-0,20	0,11	-
Ca (cmol _c dm ⁻³)	-0,03	-0,04	0,08	-0,05	-0,05	-
Mg (cmol _c dm ⁻³)	-0,08	0,04	0,10	-0,11	0,00	-
CTC (cmol _c dm ⁻³)	-0,04	-0,02	0,09	-0,07	-0,03	-
SB (%)	-0,04	0,01	0,06	-0,11	-0,01	-
S (mg dm ⁻³)	-0,10	0,12	0,06	-0,08	0,10	-
Cu (mg dm ⁻³)	-0,14	0,07	0,17	-0,14	0,01	-
Zn (mg dm ⁻³)	0,19	-0,20	-0,16	0,11	-0,11	-
B (mg dm ⁻³)	0,38*	-0,39*	-0,31*	0,28*	0,10	-

(ns) não significativo ou * significativo á nível de $p \leq 0,05$.

No presente estudo o atributo que apresentou as maiores correlações com os componentes da qualidade fisiológicas das sementes foi o teor de B no solo, em que a correlação foi de 0,28 para germinação e vigor nas sementes pequenas e 0,38 e 0,28 para germinação e vigor, respectivamente, para as sementes grandes. Esse resultado está atrelado aos baixos teores descritos na análise descritiva em alguns pontos da área, sendo que o teor médio do nutriente na área é classificado como médio, ou seja, boa probabilidade de resposta aos incrementos do nutriente no solo. O B é um elemento essencial, tendo várias funções nas plantas dentre elas na divisão celular, germinação do grão de pólen, alongação do tubo polínico e fecundação, as quais são fundamentais para o desenvolvimento de sementes sadias com alta germinação e vigor (FURLANI et al., 2011). A deficiência de B causa o abortamento floral e má formação das sementes (MALAVOLTA et al., 1997). Segundo Lima et al. (2013) o boro é o micronutriente que possui o mais estreito limite entre deficiência e toxidez e por esse motivo deve-se ter muito cuidados nas recomendações a fim de não comprometer a produtividade e qualidade das sementes.

O elemento Boro também apresentou correlação elevada com outro componente da qualidade fisiológica o PMS especialmente para sementes pequenas que foi de 0,20, corroborando com resultado semelhante ao encontrado por BEVILAQUA et al. (2002) onde encontraram a partir de aplicação via foliar de cálcio e boro aumentos do peso de grãos por planta de soja.

Para todos os demais atributos químicos do solo, não houve correlação com nenhum dos demais parâmetros da qualidade fisiológica da semente. Em partes, esses resultados estão atrelados à elevada fertilidade do solo que a área apresenta, sendo assim nenhum dos elementos estão limitando o bom desenvolvimento das sementes. Alguns trabalhos têm visualizado ausência de correlação entre qualidade fisiológica de sementes, produtividade e atributos químicos do solo quando a fertilidade está com bons níveis (MONDO et al., 2012; GAZZOLA-NETO et al. 2015).

Além de todas as justificativas sobre o efeito do Boro Ohse et al. (2001) e Ribeiro et al. (1994) citam que os resultados de pesquisa quanto a influência desse, sobre a qualidade fisiológica de sementes são contraditórios, semelhantes aos encontrados em sementes de arroz e milho, que obtiveram decréscimo da germinação e do vigor, respectivamente.

4.4 MAPAS TEMÁTICOS DOS ATRIBUTOS DO SOLO, PRODUTIVIDADE E QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS SEMENTES

Nas Figuras 3 e 4 são apresentados os mapas temáticos dos atributos químicos do solo e na Figura 5 as variáveis da qualidade fisiológica das sementes, aonde, pode-se perceber a variabilidade espacial dos atributos e pode-se comparar com os mapas da qualidade fisiológica das sementes, os parâmetros em que houve correlações significativas.

A partir dos mapas temáticos das variáveis relacionadas à qualidade fisiológica das sementes (Figura 5) pode-se visualizar a possibilidade de delimitação de zonas de manejo com sementes de alto e baixo vigor e alta e baixa germinação dentro do campo de produção (GAZZOLA-NETO et al. 2015). Observa-se também que os mapas temáticos das sementes grandes e pequenas são muito semelhantes, comprovando não haver influência do tamanho da semente na qualidade fisiológica.

Figura 4 – Mapas temáticos dos atributos fósforo (mg dm^{-3}), potássio (mg dm^{-3}), pH, saturação por bases (%), cálcio ($\text{Cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), magnésio ($\text{Cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e CTC ($\text{Cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) ativa do solo, amostrados em malha amostral 100 x 100 m, Seberi – RS, 2015.

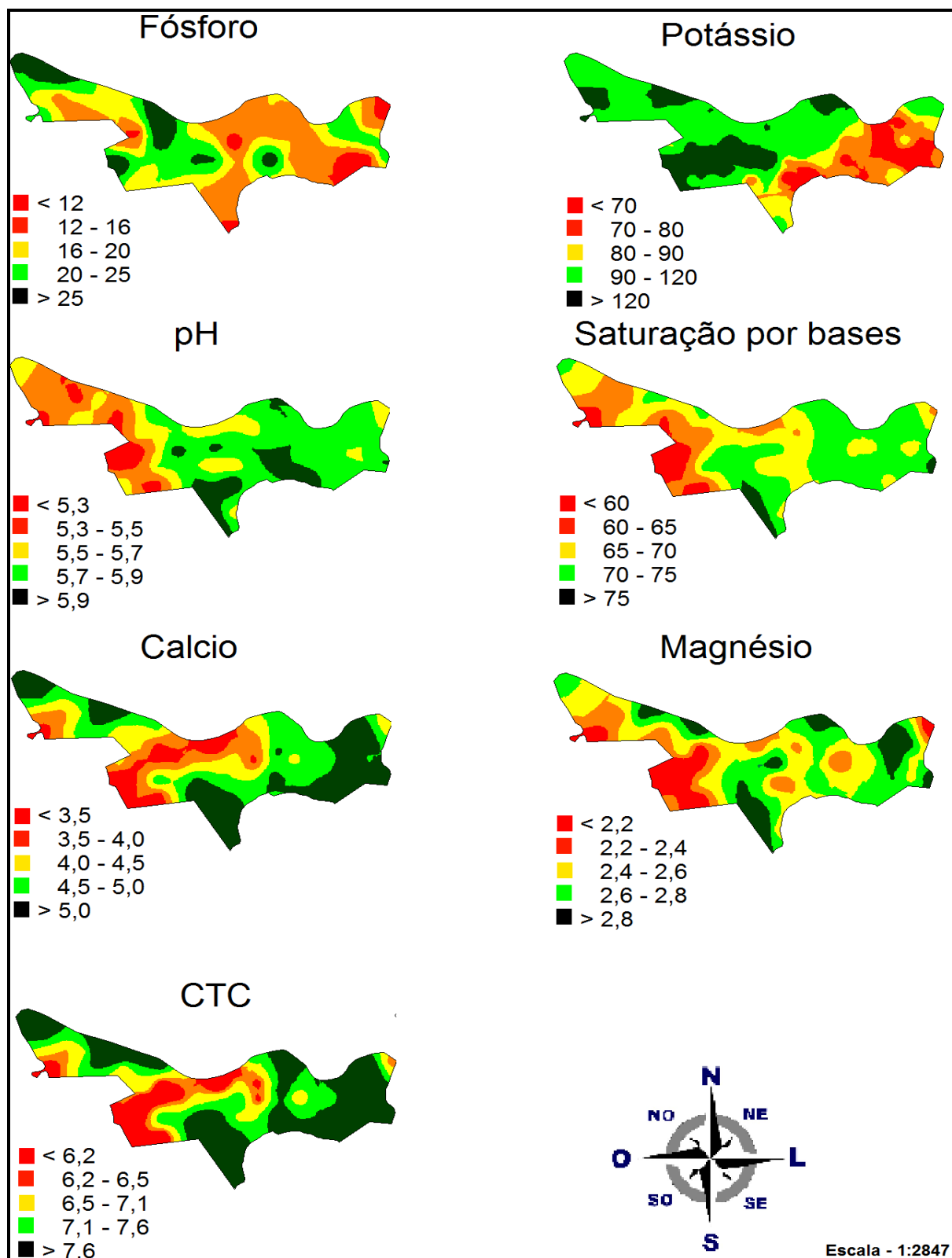


Figura 5 – Mapas temáticos dos atributos matéria orgânica (%), alumínio (mg dm^{-3}), zinco (mg dm^{-3}), cobre (mg dm^{-3}), boro (mg dm^{-3}), enxofre (mg dm^{-3}) e argila do solo amostrados em malha amostral 100 x 100 m, Seberi – RS, 2015.

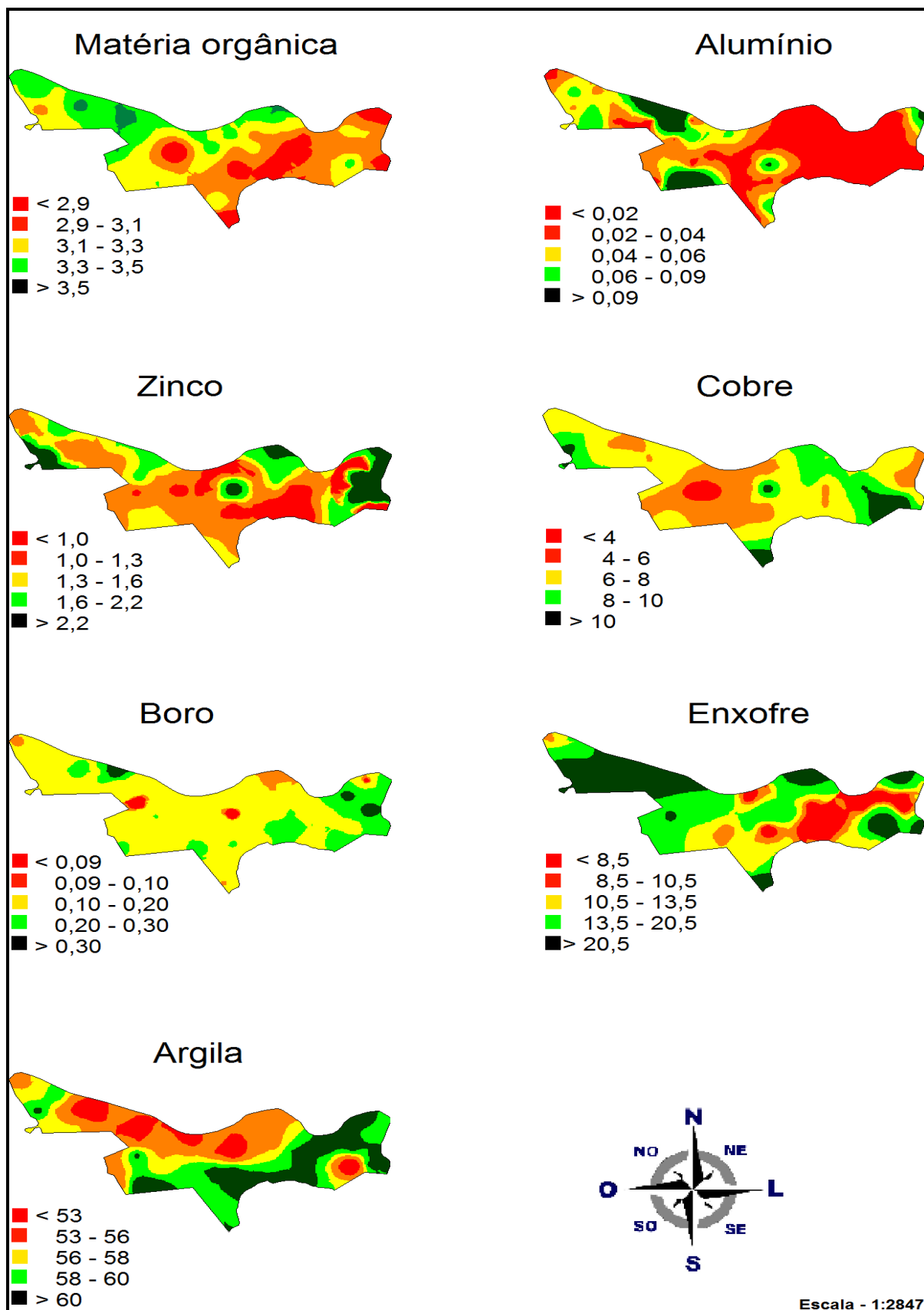
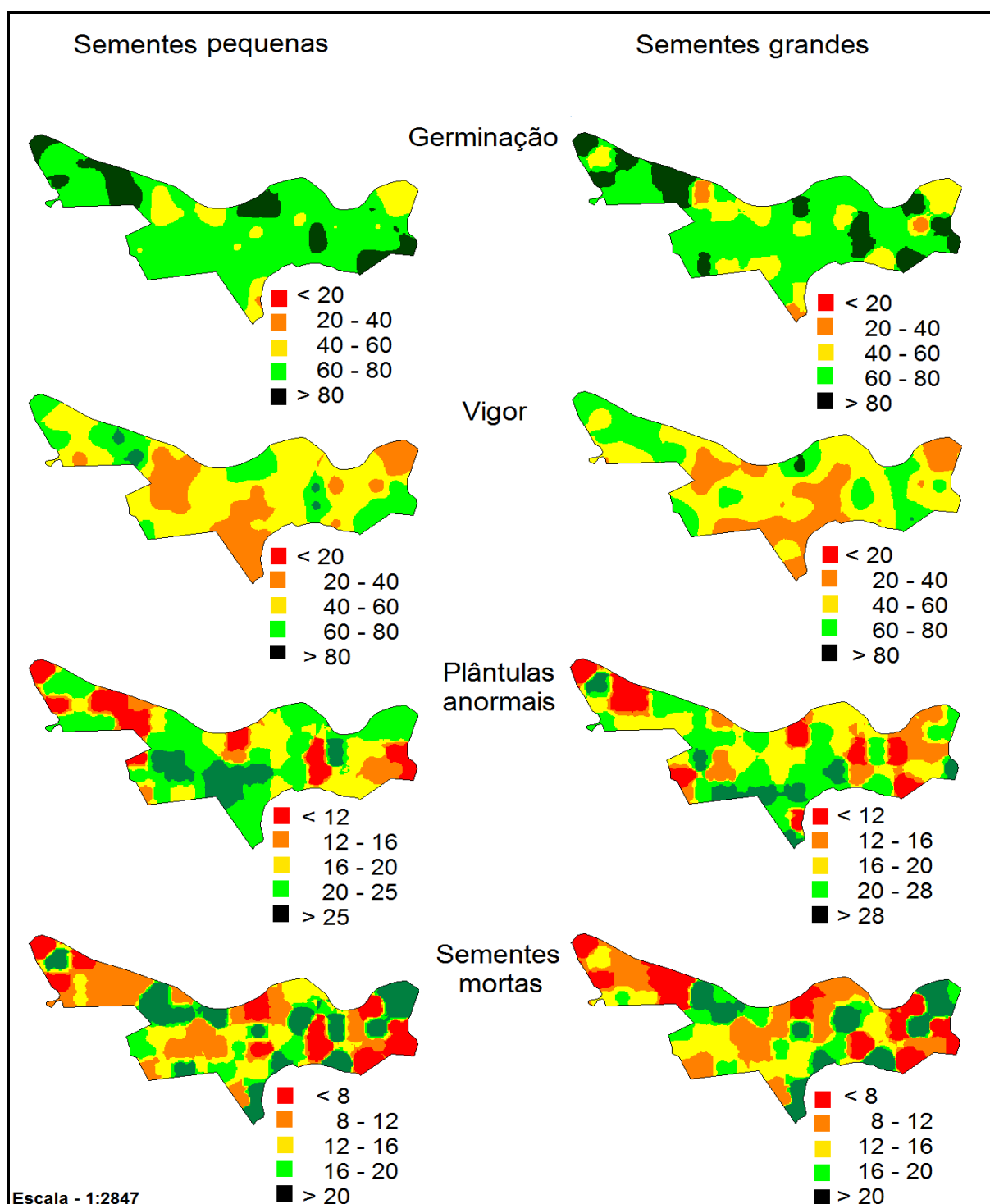


Figura 6 – Mapas temáticos de germinação (%), vigor (%), sementes mortas (%) e plântulas anormais (%) de sementes de soja segregados em duas peneiras amostrados em malha amostral 100 x 100 m, Seberi – RS, 2015.



Conforme já relatado acima, os atributos químicos do solo variam espacialmente, sendo que, os mapas produzidos pelo rendimento, através de sistemas de monitoramento, são a prova do grau de variabilidade dentro das

lavouras. Sobretudo, a magnitude da variabilidade pressupõe que a adequação da implementação de um plano de gestão espacialmente variável, através de mapas de rendimento é ineficiente se analisados e interpretados erroneamente. Há muita informação sobre os fatores que afetam o rendimento, mas ainda não se consegue interpretar essa variabilidade (BASSO et al, 2001;. BATCHELOR et al, 2002;. BROCK et al;. 2005), e menos ainda explicar, que os padrões de variação de rendimento em um campo diferem de ano para ano (PIERCE & NOWAK, 1999).

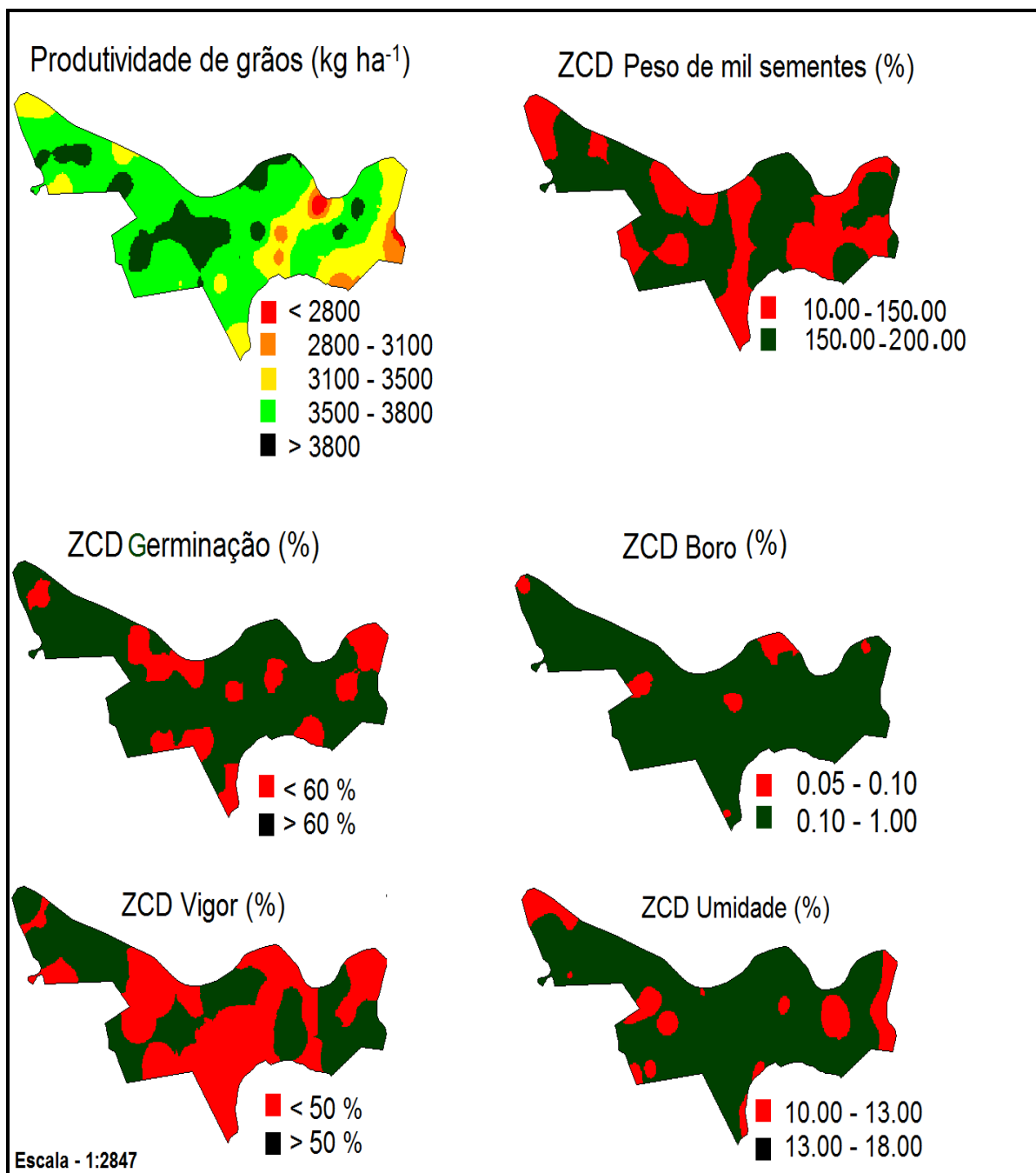
Só é possível fazer uso apropriado dos dados obtidos nos mapas de rendimento e seu grau de variabilidade se considerar vários anos com diferentes culturas (JOERNSGAARD & HALMOE, 2003), porque o mesmo fator limitante pode exercer diferente influência no rendimento espacial e temporal (MACHADO et al., 2002).

Na Figura 6 é apresentado o mapa temático de produtividade de grãos, aonde se pode constatar a ausência de relação entre qualidades fisiológicas de sementes e produtividade. Além disso, pretendeu-se indicar zonas de manejo para a realização de colheita diferenciada, afim de se obter lotes com maior potencial de germinação.

Indicar zonas de colheita diferenciada em função do elemento boro que foi o único em que apresentou correlação com a qualidade fisiológica não teria alta aplicabilidade, pois a partir do presente estudo pode ser recomendado na safra seguinte uma aplicação de boro, elevando o seu nível no solo e, conseqüentemente, esse deixará de ter relação com as variáveis estudadas.

Sendo assim, definiu-se zonas de colheita diferenciadas pela germinação das sementes, aonde adotou-se como limite crítico o valor de 60% de germinação. Tal prática pode ser utilizada a campo, desde que se desenvolva métodos de rápida determinação do potencial fisiológico das sementes, os quais possibilitariam a realização de coleta georreferenciada de sementes na lavoura no dia anterior a colheita, determinar-se-ia a qualidade e geraria um mapa semelhante ao apresentado na figura 5. No exemplo realizado neste estudo, tal prática resultaria em um lote de sementes com germinação média de 76,7 % em uma área de 62,3 ha, e outro lote que deveria ser comercializado como grão com germinação de 50 % em uma área de 21 ha. Sendo assim, acredita-se que o estudo da variabilidade espacial de variáveis relacionadas a qualidade fisiológica de sementes tem um grande potencial para ser aplicado nos cultivos de soja.

Figura 7 – Mapa de isolinhas de produtividade de grãos e de delimitação de duas zonas de manejo para colheita diferenciada (ZCD) em função da germinação, peso de mil sementes, vigor (envelhecimento acelerado), teor de umidade e Boro.



5 CONCLUSÕES

Houve elevada variabilidade espacial da qualidade fisiológica das sementes, sendo que o vigor apresenta maior sensibilidade para ser utilizado na separação de lotes de sementes para a colheita.

O tamanho das sementes da cultivar BMX Potencia, não interfere na sua qualidade fisiológica.

A germinação e vigor das sementes colhidas não apresentam relação com a produtividade de grãos, sendo que, o mapa de produtividade de grãos não seria uma estratégia capaz de delimitar zonas de colheita diferenciada.

O vigor de sementes grandes apresentou correlação com peso de mil sementes, justificado pelo alto teor de umidade que diminui a capacidade germinativa da semente, haja visto, o stress sofrido pelas sementes no processo, lembrando que essa capacidade germinativa refere-se a vigor.

O boro foi o atributo que mais se relacionou com a qualidade fisiológica das sementes de soja, apesar, de ter sido uma baixa correlação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ÁVILA, W.; PERIN, A.; GUARESCHI, R. F.; GAZOLLA, P. R. Influência do tamanho da semente na produtividade de cultivares de soja. **Agrarian**, v. 1, n. 2, p. 83-89, 2008.

BARUFFI, S. S.; PESKE, S. T. Valorizando a Semente: Análise Histórica do Custo de Produção de Soja: O Fator Semente na Construção do Resultado, **Revista Seed News**. Editora Becker & Peske LTDA, Ano XX nº2, 2016.

BASSO, B., RITCHIE, J.T., PIERCE, F.J., BRAGA, R.P., JONES, J.W., 2001. Spatial validation of crop models for precision agriculture. **Agriculture System**. 68, 97–112.

BATCHELOR, W.D., BASSO, B., PAZ, J.O., 2002. Examples of strategies to analyse spatial and temporal yield variability using crop models. **European Journal Agronomy**. 18, 141–158.

BEVILAQUA, G. A. P.; FILHO, P. M. S.; POSSENTI, J. C. Aplicação foliar de cálcio e boro e componentes de rendimento e qualidade de sementes de soja. **Ciência Rural**, v. 32, n. 1, 2002.

BISSANI, C. A. et al. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. 344 p.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para Análise de Sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 395p.

BRACCINI, A. L.; ALBRECHT, L. P.; ÁVILA, M. R.; SCAPIM, C. A.; BIO F. E. I.; SCHUAB, S. R. P. Qualidade fisiológica e sanitária das sementes de quinze cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) colhidas na época normal e após o retardamento da colheita **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 449-457, 2003.

BROCK, A., BROUDER, S.M., BLUMHOFF, G., HOFMANN, B.S., 2005. Defining yield-based management zones for corn–soybean rotations. **Agronomy Journal**. 97, 1115–1128.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012, p. 6-4, 128-138.

CHERUBIN, M. R. et al. Dimensão da malha amostral para caracterização da variabilidade espacial de fósforo e potássio em Latossolo Vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 2, p. 168-177, 2015.

CHERUBINI, M. R. et al. Eficiência de malhas amostrais utilizadas na caracterização da variabilidade espacial de fósforo e potássio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 3, p. 425-432, 2014.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul, 2004. 400 p.

CONAB. **Série históricas**. Brasília: CONAB, 2016. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads>>. Acesso em: 01 julho de 2016.

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

COSTA, P. R.; CUSTODIO, C. C.; MACHADO NETO, N. B.; MARUBAYASHI, O. M. Estresse hídrico induzido por manitol em sementes de soja de diferentes tamanhos. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, n. 2, p. 105-113, 2004.

COSTA, D. S.; MARCOS FILHO, J. Gestão Estratégica: Classificação de Sementes e o Potencial Fisiológico, **Revista Seed News**. Editora Becker & Peske LTDA, Ano XV nº2, 2011.

CRUSCIOL, C. A. C.; LIMA, E. D.; ANDREOTTI, M.; NAKAGAWA, J.; LEMOS, L. B; MARUBAYASHI, O. M. Nitrogen effect on the productivity, physiological quality and characteristics of dry bean seed. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 25, n. 1, p. 108-115, 2003.

DELOUCHE, J.C. Qualidade e Desempenho da Semente. Revista SEED News. Pelotas, Ano IX, n.5, 2005, p.1 Disponível em: <<http://www.seednews.inf.br/portugues/seed95/artigocapa95.shtml>> Acesso em 12 de novembro de 2014.

DODERMANN, A.; PING, J. L. Geostatistical integration of yield monitor data and remote sensing improves yield maps. **Agronomy Journal**, Madison, v. 96, n. 1, p. 285-297, 2004.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Recomendações técnicas para a cultura de soja no Paraná 1999/2000**. Londrina, 1999. 236p. (Embrapa Soja. Documento, 131).

EMBRAPA. **Tecnologias de produção da soja – região central do Brasil**. 2004. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/index.htm>>. Acesso em 04 de junho 2016.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção da soja: região central do Brasil** 2008. Sistemas de produção 12. Londrina: Embrapa Soja, 2008. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/tecnologia.htm>>, acesso em 18 de jun de 2016.

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B.; CAVARIANI, C.; NAKAGAWA, J. Productivity and physiological quality of common bean seeds in function of soil tillage systems and nitrogen fertilization. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 2, p. 102-109, 2006.

FERRAZ, G. A. S.; SILVA, F. M.; COSTA, P. A. N.; SILVA, A. C.; CARVALHO F. M. Agricultura de precisão no estudo de atributos químicos do solo e da produtividade de lavoura cafeeira. **Coffee Science**, v. 7, p. 59-67, 2012.

FREITAS, E. **Expansão da soja no Brasil**. 2013. BRASIL ESCOLA. Disponível em: <http://www.brasilecola.com/brasil/a-expansao-soja-no-brasil.htm>. Acesso 18 junho de 2016.

FURLANI, A. M. C.; TANAKA, R. T.; TARALLO, M.; VERDIAL M. F.; MASCARENHAS, H. A. A. Exigência a boro em cultivares de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 929-937, 2001.

GAZOLLA-NETO, A.; FERNANDES, M. C.; GOMES, A. D.; GADOTTI, G. I.; VILLELA, G. A. Distribuição espacial da qualidade fisiológica de sementes de soja em campo de produção. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 3, p. 119 – 127, 2015.

JAUER, A.; MENEZES, N. L.; GARCIA, D. C. Tamanho das sementes na qualidade fisiológica de cultivares de feijoeiro comum. **Revista da FZVA**, v. 9, n. 1, p. 65-72. 2002.

JOERNSGAARD, B., HALMOE, S., 2003. Intra-field yield variation over crops and years. **European Journal Agronomy**, 19, 23–33.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; COSTA, N. P. Efeito da classificação de sementes de soja por tamanho sobre sua qualidade e a precisão de semeadura. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 13, p. 59-68, 1991.

KOLCHINSK, E. M.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T. Crescimento inicial de soja em função do vigor das sementes. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.12, n.2, p.163-166, 2006.

KOHL, V. K.; CANEVER, M. D. O Negócio Sementes: combinando inovações tecnológicas e gestão estratégica, **Revista Seed News**, Editora Becker & Peske LTDA, Ano XV n°2, 2011.

LACERDA, A. L. S. Fatores que afetam a maturação e qualidade fisiológica das sementes de soja (*Glycine max L.*). **Revista Brasileira de Sementes**, v.17, p.132-137, 2007.

LIMA, R. M. Efeito do tamanho das sementes sobre alguns atributos fisiológicos e agrônômicos. **Anuário Abrasem**, Associação Brasileira dos Produtores de Sementes, p.39-43, 1996.

LIMA, A. M. M. P.; CARMONA, R. Influência do tamanho da semente no desempenho produtivo da soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 21, n. 1, p.157-163, 1999.

LIMA, E. R.; SANTIAGO, A. S.; ARAÚJO, A. P. Efeitos do tamanho da semente no crescimento e produção de cultivares de feijoeiro de diferentes tamanhos de semente. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v, 5, n. 3, p. 273-281, 2005.

LIMA JR, M. J. **Manual de procedimentos para análise de Sementes florestais**. UFAM - Manaus-Amazonas, 2010, p. 5, 7 e 27. Disponível em: <<http://leaonet.com/sementesrsa/sementes/Manual%20de%20An%C3%A1lise%20de%20Sementes.pdf>> Acesso em 19 de outubro de 2015.

LIMA, M. L. et al. Fontes e doses de boro na qualidade de sementes de feijão comum e mamona sob consórcio. **Revista Caatinga**, v. 26, n. 4, p. 31-38, 2013.

MACHADO, S., BYNUM, E.D., ARCHER, T.L., BORDOVSKY, J., ROSENOW, D.T., PEETERSON, C., BRONSON, K., NESMITH, D.M., LASCANO, R.J., WILSON, L.T., SEGARRA, E., 2002. Spatial and temporal variability of sorghum grain yield: influence of soil, water, pests and diseases relationships. **Precision Agriculture**, 3, 389–406.

MALLARINO, A. P.; WITTRY, D. J. Efficacy of Grid and Zone Soil Sampling Approaches for Site-Specific Assessment of Phosphorus, Potassium, pH, and Organic Matter. **Precision Agriculture**, Netherlands, v. 5, n. 2, p. 131–144, 2004.

MALAVOLTA, E. **Nitrogênio e enxofre nos solos e culturas brasileiras**. São Paulo: Centro de Pesquisa e Promoção do Sulfato de Amônio, 1982. 59p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**, 2. ed., Piracicaba, SP: POTAFÓS, 1997. 319 p.

MAPA, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, **Instrução Normativa 11/2007**. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=1194426968>. Acesso em 08 de agosto de 2016.

MARCOS FILHO, J.; NOVENBRE, A. D. C.; CHAMMA, H. M. C. P. Testes de envelhecimento acelerado e de deterioração controlada para avaliação do vigor de sementes de soja. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 2, 421-426, 2001.

MARTINS, L.; SILVA, W. R. Interpretação de dados obtidos em testes de vigor para a comparação qualitativa entre lotes de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n. 1, p.19-30, 2005.

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.; ROQUE, M. W.; MATSURA, E. E.; BIZARY, D. R.; PAZ, A. 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.

MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. 3 ed. Porto Alegre: UFRGS, 2008. 280p.

MINUZZI, A.; BRACCINI, A. L.; RANGEL, M. A. S.; SCAPIM, C. A.; BARBOSA, M. C.; ALBRECHT, L. P. 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.

MOLIN, J. P.; AMARAL, L. R.; COLACO, A. F. **Agricultura de precisão**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 238 p.

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

MONTANARI, R. et al. The use of scaled semivariograms to plan soil sampling in sugarcane fields. **Precision Agriculture**, Netherlands, v. 13, n. 5, p. 542-552, 2012.

MORAES, G. A. F.; MENEZES, N. L. Desempenho de sementes de soja sob condições diferentes de potencial osmótico. **Ciência Rural**, v. 33, n. 2, p. 219-226, 2003.

NANNI, M. R. et al. Optimum size in grid soil sampling for variable rate application in site-specific management. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 68, n. 3, p. 386-392, 2011.

NEVES, Josynaria Araujo. **Desempenho agronômico de genótipos de soja Sob condições de baixa latitude em Teresina-PI**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí. 2011. Disponível em: <http://www.ufpi.br/subsiteFiles/ppga/arquivos/files/Dissertacao%20Josynaria.pdf>. Acesso 01 maio de 2016.

OJIMA, A. L. R. O.; ROCHA, M. B. **Desempenho logístico e inserção econômica do agronegócio da soja: as transformações no escoamento da safra. 2005**. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/2/170.pdf> >. Acesso em: 15 de junho de 2016.

OHSE, S. et al. Germinação e vigor de sementes de arroz irrigado tratadas com zinco, boro e cobre. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v. 7/8, n. 1, p. 41 - 50, 2001.

PADUA, G. P.; ZITO, R. K.; ARANTES, N. E.; FRANÇA-NETO, J. B. Influência do tamanho da semente na qualidade fisiológica e na produtividade da cultura da soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3, p. 9-16, 2010.

PANOBIANCO, M.; MARCOS-FILHO, J. Comparação entre métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de pimentão. **Revista Brasileira de Sementes, Brasília**, v. 20, n. 2, p. 306-310, 1998.

PEREIRA, W. A.; PEREIRA, S. M. A.; DIAS, D. C. F. S. Influence of seed size and water restriction on germination of soybean seeds and on early development of seedlings. **Journal of Seed Science**, v.35, n.3, p.316-322, 2013.

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.

PESKE, S. T.; MENEGHELLO, G. E.; Limites, tolerâncias e padrões, **Revista Seed News**. Editora Becker & Peske LTDA, Ano XVII nº5 -2013.

PESKE, S. T.; MENEGHELLO, G. E.; VILLELA, F. A. Ciência, tecnologia e comércio de sementes: Congresso Brasileiro de Sementes 2015, **Revista Seed News**. Editora Becker & Peske LTDA, Ano XIX nº6 -2015.

PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E.; Valorizando a semente, **Revista Seed News**. Editora Becker & Peske LTDA, Ano XX nº2 -2016.

PIAS, O. H. C. Eficiência de grades amostrais e zonas de manejo na acurácia da correção e fertilização em área de agricultura de precisão consolidada. (Dissertação de mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, RS, 2016. 85 p.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônomicos e florestais**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.

PIERCE, F. J.; NOWAK, P. Aspects of precision agriculture. **Advances in Agronomy**, v. 67, p. 1–85, 1999.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289p

RAS - **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.

RIBEIRO, N. D.; SANTOS, O. S.; MENEZES, N. L. Efeito do tratamento com fontes de zinco e boro na germinação e vigor de sementes de milho. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 51, n. 3, p. 481-485, 1994.

ROSOLEM, C.A. **Nutrição mineral e adubação de soja**. Piracicaba: Instituto da potassa, 1980. 80p. (Boletim Técnico, 6).

SANTI, A. L. et al. Análise de componentes principais de atributos químicos e físicos do solo limitantes à produtividade de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 9, p. 1346-1357, 2012.

SANTOS, H. G. et al. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

SANTOS, P. M.; REIS, M. S.; SEDIYAMA, T.; ARAÚJO, E. F.; CECON, P. R.; SANTOS, M. R. Efeito da classificação por tamanho da semente de soja na sua qualidade fisiológica durante o armazenamento. **Acta Scientiarum. Agronomy** v.27, n.3, p.395-402, 2005.

SANTOS, P. M.; SANTOS, M. R.; CECON, P. R.; ARAÚJO, E. F.; SEDIYAMA, T.; REIS, M. S. Influência do tamanho de sementes de soja na qualidade fisiológica e sanitária durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v.31, n.01, p.08-16, 2006.

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

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality: complete samples. **Biometrika**, Cary, v. 52, n. 3/4, p. 591-611, 1965.

SOARES FILHO, R.; CUNHA, J. P. A. R. Agricultura de precisão: particularidades de sua adoção no sudoeste de Goiás – Brasil. **Engenharia Agrícola**, v. 35, p. 689-98, 2015.

SOLTANI, A.; GALESHI, S.; ZEINALI, E.; LATIFI, N. Germination, seed reserve utilization and seedling growth of chickpea as affected by salinity and seed size. **Seed Science and Technology**, v. 30, n. 1, p. 51-60, 2002.

SUNG, F. J. M. Field emergence of edible soybean seeds differing in seed size and emergence strength. **Seed Science and Technology**, n. 3, p. 527-532, 1992.

VERGARA, R.; PRIETO, J. P.; GADOTTI, G. I. Produção de Sementes de Soja: uma indústria a céu aberto, **Revista Seed News**. Editora Becker & Peske LTDA, nº4, 2016.

VIEIRA, E.H.N.; RAVA, C.A. **Sementes de feijão**: produção e tecnologia. 1. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. p.29-34.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. 2000. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. Cap. 1, p.1-54.