

VARIABILIDADE ESPACIAL DA QUALIDADE DAS SEMENTES EM UMA ÁREA DE PRODUÇÃO DE SOJA

Vitor Henrique Vaz Mondo¹, Francisco Guillhien Gomes Junior¹, Taís Leite Ferreira Pinto¹, José Luis de Marchi¹, Anamari Viegas de Araújo Motomiya², José Paulo Molin³, Silvio Moure Cicero¹

RESUMO

Relações entre fertilidade do solo e potencial fisiológico das sementes é um assunto de grande discussão dentro da área de tecnologia de sementes, tendo em vista que os resultados das pesquisas sobre este tema tem sido contraditórios. Dessa forma, a presente pesquisa teve como objetivo estabelecer relações entre os componentes da variabilidade do solo de uma área agrícola e do potencial fisiológico das sementes de soja, por meio da utilização de ferramentas de agricultura de precisão. Amostragens de solo e de sementes foram realizadas em pontos georreferenciados e posteriormente, com os resultados da análise química do solo e análise das sementes, foi possível, por meio dos valores de coeficientes de correlação e mapas, analisar as relações entre propriedades do solo e qualidade das sementes. Foi observada baixa interação entre as características do solo e o potencial fisiológico das sementes, e na área em estudo, foi possível identificar regiões cujas plantas produziram sementes de baixo e alto potencial fisiológico. Apenas o elemento Mn apresentou relação positiva com o potencial fisiológico de semente. A agricultura de precisão se mostrou uma interessante e promissora tecnologia para o estudo de áreas produtoras de sementes e o gerenciamento da qualidade destas.

PALAVRAS-CHAVE: *GLYCINE MAX*, AGRICULTURA DE PRECISÃO, VIGOR DE SEMENTES

SPATIAL VARIABILITY OF THE SEED QUALITY IN A SOYBEAN PRODUCTION FIELD

¹ Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Departamento de Produção Vegetal, Caixa Postal 9, CEP 13418-900, Piracicaba, SP. E-mail: yhvmondo@yahoo.com.br

² Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Curso de Agronomia, Cassilândia, MS.

³ Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Departamento de Engenharia Rural, Caixa Postal 9, CEP 13418-900, Piracicaba, SP.

SUMMARY

Relationships between soil fertility and seed physiological potential is a topic sufficiently argued in seed technology, as the results of research on this subject have been contradictory. Thus, the aim of this research was to establish relationships between soil variability components in an agricultural field and physiological potential of soybean seeds, using precision agricultural tools. Soil and seed sampling were taken, based on grid points; later with the results of soil chemistry and seed analysis, relationships between soil fertility and seed quality were analyzed, based in correlation coefficient values and maps. The results showed low values of correlations between soil properties and seeds physiological quality. It was possible to identify areas presenting high and low seed quality. The element Mn showed a positive relation with seed physiological potential. Precision agriculture is a interesting and promising technique to study seed quality on seed production fields.

KEY WORDS: *GLYCINE MAX*, PRECISION AGRICULTURE, SEED VIGOR

INTRODUÇÃO

A agricultura de precisão é um sistema de gestão ou de gerenciamento da produção agrícola, composto de tecnologias e procedimentos utilizados para que as lavouras e o sistema de produção sejam otimizados, com eficiente uso dos recursos de produção, minimização dos efeitos indesejáveis ao meio ambiente e aumento de produtividade, tendo como elemento chave o gerenciamento da variabilidade espacial da produção e dos fatores a ela relacionados.

A variabilidade na produtividade de uma cultura dentro do campo pode ser inerente do solo, clima ou induzida pelo manejo. Entre modificações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo causadas por práticas de manejo, estão a compactação do solo pelas máquinas agrícolas e a variabilidade no estande das culturas e nos teores de nutrientes no solo devido à aplicação desuniforme de sementes, fertilizantes ou corretivos (CASSEL *et al.*, 1988; RUNGE & HONS, 1998; PLANT *et al.*, 1999).

Com o propósito de se estabelecer relações entre a produtividade das culturas e propriedades do solo ou características do relevo, bem como, de outras variáveis, estabelecendo os principais fatores de influência, várias pesquisas têm sido conduzidas (KHAKURAL *et al.*, 1999; KRAVCHENKO & BULLOCK, 2000). No entanto, existem ainda fatores causadores de variabilidade dignos de estudos focados na agricultura de precisão, baseados na possibilidade da separação de produtos em

diferentes classes de qualidade, trazendo vantagens econômicas na existência de mercados exigentes quanto à qualidade do produto (McBRATNEY *et al.*, 2006). O critério de qualidade é particularmente importante para culturas de elevado valor econômico, como a cana-de-açúcar, quanto ao brix, o algodão, quanto ao comprimento da fibra, e a cultura da uva, quanto à acidez. Trabalhos neste sentido têm sido desenvolvidos por Tisseyre *et al.* (2001) e Ortega *et al.* (2003) trabalhando com a cultura da uva e Stoorvogel *et al.* (2000, 2004), trabalhando com as culturas do kiwi e da banana. Esse mapeamento de características de qualidade podem permitir uma otimização satisfatória do manejo agrônomo das culturas (McBRATNEY *et al.*, 2006).

Nesse contexto a área de produção de sementes engloba tanto a necessidade de um sistema otimizado, buscando-se altas produtividades quanto a alta qualidade do produto, que são as sementes. Para alcançar esses objetivos os solos naturalmente férteis são preferidos, entretanto, a escolha de locais com tais características está se tornando cada vez mais difícil, o que resulta na necessidade da utilização de solos de fertilidade média ou mesmo pobres (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

Segundo Delouche (1981), para se obter sementes de alta qualidade é indispensável a realização de adubação mineral adequada. A planta bem nutrida está em condições de produzir mais sementes bem formadas, disponibilizando nutrientes para a formação do embrião e órgão de reserva, influenciando, conseqüentemente, no metabolismo e no vigor da semente. No entanto, trabalhos que objetivam relacionar adubação e nutrição das plantas com a qualidade fisiológica das sementes são em número reduzido e os resultados nem sempre são concordantes (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000). Assim, a variabilidade espacial da fertilidade dos solos das áreas de produção de sementes e a possível relação com qualidade de sementes merecem a devida atenção.

Dessa forma, a presente pesquisa tem o objetivo de verificar a variabilidade espacial da qualidade de sementes em uma área de produção de soja, e estabelecer possíveis relações entre os componentes da fertilidade do solo com o potencial fisiológico das sementes, por meio da utilização de ferramentas de agricultura de precisão, resultando na identificação de zonas diferenciadas para a orientação de operações de manejo que possibilitem a otimização dos recursos produtivos para a obtenção de maior qualidade das sementes de soja em toda a área de produção.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados foram coletados em uma área de 22,2 hectares, semeada no dia 22 de novembro de 2006 com a cultivar BRS 245, destinada à produção comercial de grãos de

soja, localizada na Fazenda Velha Lagoa, município de Campos Novos Paulista, SP (49°59'10''W, 22°41'28''S). Nessa área, no mês de março de 2007, foram coletadas 63 amostras de sementes utilizando-se uma malha pré-definida com pontos georreferenciados (Figura 1a). As amostras de sementes foram tomadas de 40 plantas, coletadas ao acaso dentro de um raio de cinco metros do ponto original georreferenciado, e debulhadas manualmente.

A amostragem de solo foi realizada manualmente no final do ciclo da cultura, com o auxílio de trado holandês, na mesma ocasião da coleta de sementes. Assim, foram coletadas amostras em 33 pontos dentro da área (Figura 1b), respeitando os pontos georreferenciados previamente dentro da área, coincidentes com pontos de coleta de sementes. Em cada ponto foram coletadas 10 amostras simples, na profundidade de 0 a 0,20 m, num raio de 5 m do ponto georreferenciado, sendo misturadas para a constituição da amostra para a realização da análise química completa em laboratório. A caracterização inicial das sementes foi realizada por meio da determinação do teor de água, utilizando-se o método de estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ por 24 horas, e da massa de 1000 sementes, segundo metodologias descritas nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992). Os dados de massa de 1000 sementes foram corrigidos para o teor de água de 13%.

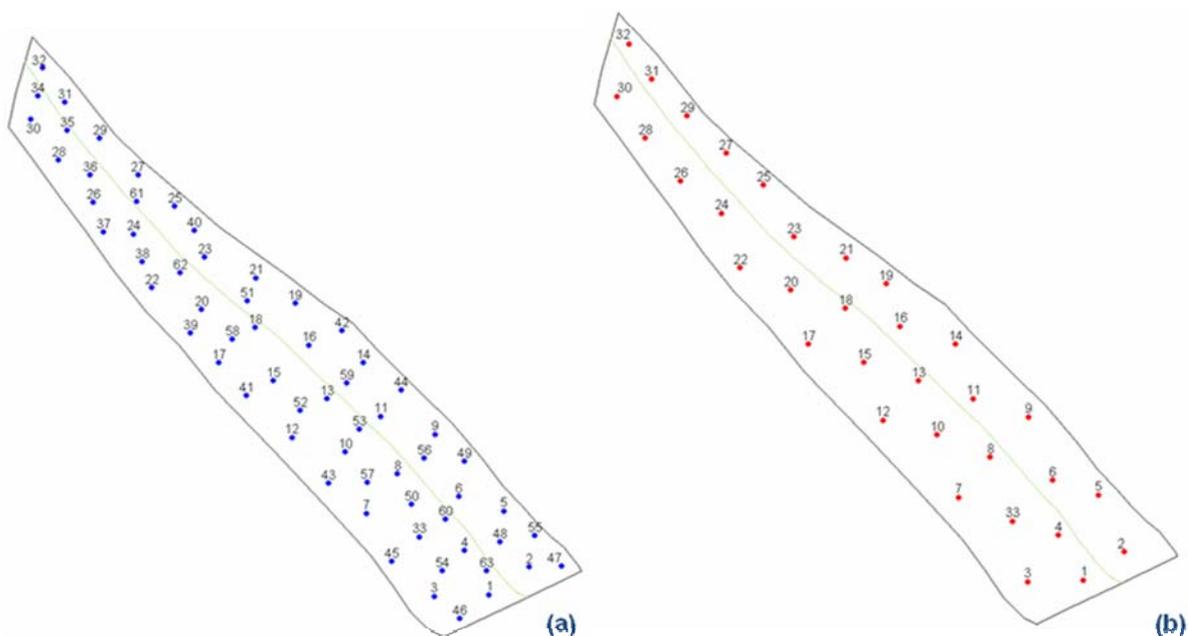


Figura 1. Grade amostral com pontos pré-definidos e georreferenciados, (a) pontos para coleta de amostras de sementes e (b) pontos para coleta de amostras de solo.

Para a avaliação das diferenças do potencial fisiológico entre as amostras foram utilizados os testes de germinação e envelhecimento acelerado. O teste de germinação foi realizado com quatro repetições de 50 sementes por amostra, semeadas sobre duas folhas de papel-toalha “Germitest”, cobertas com mais uma folha de papel-toalha e enroladas; as folhas de papel foram umedecidas com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes a massa seca das mesmas. Os rolos foram mantidos em germinador previamente regulado à temperatura constante de 25°C. A avaliação de plântulas normais foi realizada conforme a prescrição das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992), aos quatro dias, obtendo-se os resultados de vigor para o teste de primeira contagem de germinação e, aos sete dias, sendo os resultados de germinação expressos em porcentagem.

Para a realização do teste de envelhecimento acelerado foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes de cada amostra, colocadas em caixas plásticas transparentes (11 cm x 11 cm x 3 cm), sobre uma tela de aço inox, contendo 40 mL de água e mantidas em câmara de envelhecimento sob 42⁰C e 100% de umidade relativa do ar (MARCOS FILHO, 1999). Após 48 horas as sementes foram colocadas para germinar da mesma maneira descrita para o teste de germinação. A avaliação de plântulas normais foi realizada conforme a prescrição das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992), aos cinco dias após a instalação do teste de germinação.

Os dados de produtividade da área foram gerados a partir de uma colhedora CNH modelo TC 59 equipada com um monitor de produtividade PLMS New Holland (AgLeader), conectado a um receptor GPS Trimble Ag 132.

O processamento dos dados foi realizado no Sistema de Informação Geográfica específico para agricultura de precisão SSToolbox (“SST Development Group”) e em planilha de cálculo do Microsoft Excel. Os dados foram posteriormente transformados em superfície gerando-se mapas de quadrículas de 10 x 10 m, para todas as variáveis, sendo que cada quadrícula foi representada pela coordenada geográfica do seu centro. Além disso, tanto para os dados pontuais quanto para as células interpoladas foram realizadas análises de correlação entre as características de solo, do potencial fisiológico das sementes e da produtividade da área.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando-se os dados relativos ao potencial fisiológico das sementes de soja observa-se que foi encontrada baixa variabilidade destes, sendo o teste de envelhecimento acelerado o que resultou em maior coeficiente de variação, que foi de 15,8% (Tabela 1). Nesta mesma tabela observa-se que o intervalo de variação das

propriedades químicas do solo foi baixo para algumas características e alto para outras.

Tabela 1 - Valores do intervalo de variação, da média, do desvio padrão e coeficiente de variação (CV) dos atributos das sementes e do solo.

Variável	Intervalo de Variação	Média	Desvio Padrão	CV
Atributos das sementes				
Produtividade (kg.ha ⁻¹)	1.929-2.558	2,2	143,1	6,5
MMS (g)	106,7-129,2	116,7	5,4	4,6
Teor de água (%)	9,5-11,1	10,3	-	-
G (%)	64-98	87,7	6,6	7,6
PCG (%)	52-93	75,7	8,2	10,8
EA (%)	43-92	68,0	10,7	15,8
Atributos do solo				
pH CaCl ₂	4,5-5,4	5,0	0,2	4,0
M.O. (g.dm ⁻³)	9-27	16,4	4,5	27,5
P resina (mg.dm ⁻³)	17-53 (M-A)*	33,5 (M)	8,3	24,9
K ⁺ (mmolc.dm ⁻³)	1-2,5 (B-M)	1,3 (B)	0,3	19,5
Ca ⁺⁺ (mmolc.dm ⁻³)	17-32 (A)	23,9 (A)	3,3	13,7
Mg ⁺⁺ (mmolc.dm ⁻³)	4-9 (B-A)	6,3 (M)	1,2	18,9
S-SO ₄ (mg.dm ⁻³)	1-5 (B-M)	2,2 (B)	1,0	45,6
B (mg.dm ⁻³)	0,38-1,11 (M-A)	0,6 (M)	0,2	30,6
Fe (mg.dm ⁻³)	13,8-29,6 (A)	21,8 (A)	4,4	20,1
Mn (mg.dm ⁻³)	2,3-26,4 (M-A)	7,5 (A)	6,2	82,6
Cu (mg.dm ⁻³)	0,5-1,0 (M-A)	0,7 (M)	0,1	15,6
Zn (mg.dm ⁻³)	0,7-3,0 (M-A)	1,8 (A)	0,5	30,6
H+Al (mmolc.dm ⁻³)	13-29	23,1	3,7	16,2
Al ⁺ (mmolc.dm ⁻³)	0-3	0,6	0,5	73,7
S.B. (mmolc.dm ⁻³)	23-43	31,5	4,5	14,3
CTC (mmolc.dm ⁻³)	41-67	54,6	6,1	11,3
V (%)	47-68 (B-M)	57,7 (M)	5,1	8,8
m (%)	1-8	2,0	1,2	59,8

MMS – Massa de mil sementes; G – Germinação; PCG – Primeira contagem de germinação; EA – Envelhecimento acelerado;

* Teores de nutrientes. A = alto, M = médio e B = baixo.

Constatou-se alta uniformidade para a característica de pH do solo, com coeficiente de variação baixo, de 4%, e para a maioria dos micronutrientes foi observada uma baixa uniformidade, com alto coeficiente de variação. A análise detalhada desses dados mostrou ainda que os teores de nutrientes do solo se posicionaram, em sua grande maioria, na faixa de média a alta, segundo classificação proposta por Van Raij *et al.*(1985). Os mais baixos teores foram obtidos para o K e o S, cujos intervalos de variação corresponderam a faixa de baixa a média. Por outro lado, teores excessivos de Ca e Fe foram observados.

Por meio dos mapas foi possível verificar a distribuição espacial dos teores de nutrientes e do potencial fisiológico das sementes. Analisando-se a variável produtividade, com grande variabilidade de resultados, dispersos por todo o talhão, não foi possível a identificação de zonas de produtividades claramente definidas (Figura 2a). Quando analisados os valores de germinação das sementes, praticamente para todo o talhão, enquadrou-se acima do padrão de germinação mínimo exigido para comercialização de sementes de soja, que é de 80% (EMBRAPA, 2006) (Figura 2b).

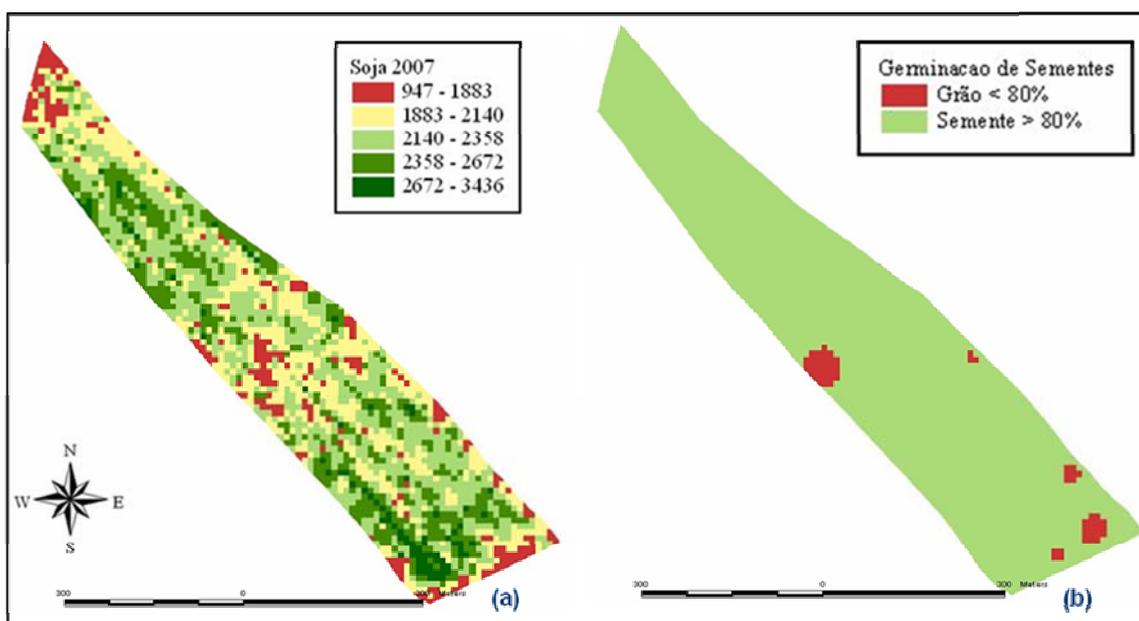


Figura 2. Mapas de produtividade em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (a) e de áreas com germinação de sementes acima de 80% (b).

Levando-se tais aspectos em consideração, apesar da grande variabilidade dos nutrientes no solo, e mesmo apresentando em algumas regiões teores críticos, pouco interferiram no potencial fisiológico das sementes, principalmente na germinação. Delouche (1980) ressalta que a resposta típica de plantas cultivadas em solo de baixa fertilidade é a redução na quantidade de sementes produzidas e não a sua qualidade. As

plantas, principalmente em situações de estresse, translocam, preferencialmente, os seus fotoassimilados para as sementes, na tentativa de garantir a perpetuação da espécie. Essas considerações podem ser confirmadas pela análise das tabelas 2 e 3, onde apresenta-se a baixa correlação dos dados de produtividade com o potencial fisiológico das sementes.

Tabela 2. Correlações dos pontos entre os atributos do solo e fatores que determinam a qualidade das sementes: Produtividade (Prod.), Massa de Mil Sementes (MMS), Germinação (G), Primeira Contagem de Germinação (PCG) e Envelhecimento Acelerado (EA).

Atributos do solo	Atributos das sementes				
	Prod. ((kg.ha ⁻¹))	M.M.S. (g)	Germ. (%)	P.C.G. (%)	E.A. (%)
M.O.	-0,15756 ^{NS}	0,02901 ^{NS}	0,53501**	0,16100 ^{NS}	0,28186 ^{NS}
pH	0,071673 ^{NS}	-0,17022 ^{NS}	-0,09695 ^{NS}	-0,04640 ^{NS}	0,04703 ^{NS}
P	0,319944 ^{NS}	0,02823 ^{NS}	0,18208 ^{NS}	0,27358 ^{NS}	0,24710 ^{NS}
K	-0,03198 ^{NS}	-0,16663 ^{NS}	0,10452 ^{NS}	0,05216 ^{NS}	0,18131 ^{NS}
Ca	-0,25021 ^{NS}	-0,20971 ^{NS}	0,28377 ^{NS}	0,06493 ^{NS}	0,18373 ^{NS}
Mg	-0,21802 ^{NS}	-0,33521 ^{NS}	0,10195 ^{NS}	-0,02629 ^{NS}	0,03863 ^{NS}
V%	0,21922 ^{NS}	-0,16053 ^{NS}	-0,11558 ^{NS}	-0,10350 ^{NS}	0,10678 ^{NS}
B	-0,42647*	0,15307 ^{NS}	0,21565 ^{NS}	0,22834 ^{NS}	0,17728 ^{NS}
Fe	-0,40584*	0,10652 ^{NS}	0,32680 ^{NS}	0,08941 ^{NS}	0,19880 ^{NS}
Mn	0,517029**	-0,08276 ^{NS}	-0,55408***	-0,27477 ^{NS}	-0,31381 ^{NS}
Cu	0,027393 ^{NS}	-0,44610**	-0,37451*	0,18080 ^{NS}	0,08997 ^{NS}
Zn	-0,03748 ^{NS}	-0,20609 ^{NS}	-0,31040 ^{NS}	0,33358 ^{NS}	0,00127 ^{NS}
Prod. (kg.ha ⁻¹)	1	0,327577 ^{NS}	-0,09291 ^{NS}	0,183113 ^{NS}	-0,06888 ^{NS}
M.M.S. (g)	-	1	0,23491 ^{NS}	-0,28058 ^{NS}	0,20730 ^{NS}
Germ (%)	-	-	1	0,74042***	0,77914***
PCG (%)	-	-	-	1	0,61827**
EA (%)	-	-	-	-	1

^{NS} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; * significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; *** significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 3. Correlações das células entre os atributos do solo e fatores que determinam à qualidade das sementes: Produtividade, Massa de Mil Sementes (MMS), Germinação (G), Primeira Contagem de Germinação (PCG) e Envelhecimento Acelerado (EA).

Atributos solo/ qualidade sementes	Produtividade	M.M.S. (g)	G (%)	P.C.G. (%)	E.A. (%)
M.O.	0,001 ^{NS}	-0,137 ^{NS}	0,286 ^{NS}	0,104 ^{NS}	0,181 ^{NS}
pH	0,017 ^{NS}	-0,294 ^{NS}	-0,266 ^{NS}	-0,198 ^{NS}	-0,234 ^{NS}
P	0,164 ^{NS}	-0,053 ^{NS}	0,091 ^{NS}	0,126 ^{NS}	0,125 ^{NS}
K	0,055 ^{NS}	-0,063 ^{NS}	0,161 ^{NS}	0,106 ^{NS}	0,160 ^{NS}
Ca	-0,103 ^{NS}	-0,229 ^{NS}	0,131 ^{NS}	-0,020 ^{NS}	0,074 ^{NS}
Mg	-0,118 ^{NS}	-0,342 ^{NS}	-0,013 ^{NS}	-0,108 ^{NS}	-0,094 ^{NS}
V%	0,016 ^{NS}	-0,283 ^{NS}	-0,247 ^{NS}	-0,201 ^{NS}	-0,287 ^{NS}
B	-0,202 ^{NS}	0,268 ^{NS}	0,221 ^{NS}	0,262 ^{NS}	0,160 ^{NS}
Fe	-0,123 ^{NS}	0,210 ^{NS}	0,321 ^{NS}	0,178 ^{NS}	0,297 ^{NS}
Mn	0,105 ^{NS}	-0,096 ^{NS}	-0,424**	-0,243 ^{NS}	-0,370*
Cu	-0,030 ^{NS}	-0,279 ^{NS}	-0,296 ^{NS}	-0,259 ^{NS}	-0,141 ^{NS}
Zn	-0,007 ^{NS}	-0,025 ^{NS}	-0,269 ^{NS}	-0,298 ^{NS}	0,097 ^{NS}
	Prod. (kg.ha ⁻¹) 1)	M.M.S. (g)	G (%)	P. C.G. (%)	E.A. (%)
Prod. (kg.ha ⁻¹)	1	0,129 ^{NS}	0,139 ^{NS}	0,208 ^{NS}	0,131 ^{NS}
M.M.S. (g)	-	1	0,345 ^{NS}	0,421*	0,404*
Germ (%)	-	-	1	0,794***	0,694***
PCG (%)	-	-	-	1	0,614***
EA (%)	-	-	-	-	1

^{NS} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; * significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; *** significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste F.

Baixas interações também foram observadas entre as características químicas do solo e as avaliações de qualidade das sementes, evidenciados pelos baixos valores de coeficiente de correlação dos pontos (Tabela 2) e dos dados interpolados (Tabela 3). Para as correlações dos pontos, foram constatadas correlações significativas da germinação com o teor de matéria orgânica do solo, Mn e Cu para os pontos, o teor deste micronutriente também se correlacionou com a massa de 1000 sementes. Para as correlações dos dados interpolados entre os atributos do solo e sementes, observaram-se correlações significativas do Mn com a germinação e envelhecimento acelerado.

O elemento Mn está relacionado à formação da lignina (MARSCHNER, 1995), que por sua vez, é uma das substâncias presentes na parede celular, conferindo-lhe impermeabilidade (MCDOUGALL *et al.*, 1996), exercendo assim, efeito significativo sobre a capacidade e a velocidade de absorção de água através do tegumento, o que pode justificar a ocorrência de correlação significativa entre o teor do elemento e o potencial fisiológico das sementes.

O elemento Ca é caracterizado como um importante nutriente para frutificação, formação e desenvolvimento das sementes (HARRIS & BLEDSOE, 1951; CULBERTSON *et al.*, 1961). Em trabalho com sementes de amendoim produzidas na presença de calcário Rossetto *et al.* (1994) constataram a ocorrência de melhor potencial fisiológico, tanto logo após a colheita como após seis meses de armazenamento. No entanto, os altos teores de Ca encontrados na área apresentaram baixa correlação com os dados de germinação de sementes. Esses resultados condizem com os encontrados por Bevilaqua *et al.*, (2002), onde não houveram interferências desse nutriente no potencial fisiológico de sementes de soja.

Essa análise abrangente dos teores de vários nutrientes no solo, não apenas de forma pontual, mas sim em uma área significativa, possibilitando uma visão geral da variabilidade destes na área e, também, dos seus possíveis reflexos nas características fisiológicas das sementes, possibilitada pela agricultura de precisão foi o que permitiu a obtenção desses resultados.

CONCLUSÕES

Apenas o elemento Mn apresentou relação positiva com o potencial fisiológico de sementes em todas as análises, sugerindo a possibilidade de uma zona diferenciada de manejo.

A agricultura de precisão se demonstrou uma tecnologia interessante e promissora para o estudo da relação de fatores externos, como a fertilidade do solo, sobre a qualidade de sementes.

REFERÊNCIAS

- BEVILAQUA, G. A. P., SILVA FILHO, P. M., 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.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Departamento Nacional de Produção Vegetal – Divisão de Sementes e Mudanças. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília, DF, 1992, 365p.

- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.
- CASSEL, D.K.; UPCHURCH, D.R.; ANDERSON, S.H. Using regionalized variables to estimate field variability of corn yield for four tillage regimes. **Soil Science Society of America Journal**, v.52, n.1, p.222-228, 1988.
- CULBERTSON, J.O.; JOHNSON, H.W.; SCHOENLEBER, L.G. Producing and harvesting seeds for oil seed crops. In: **Seeds: the yearbook of agriculture**. Washington: United States. Department of Agriculture, P. 192-199, 1961.
- DELOUCHE; J.C. Environmental effects on seed development and seed quality. **HortScience**. v.15, p.775-780, 1980.
- DELOUCHE, J.C. Metodologia de pesquisa em sementes: III. Vigor, envigoroamento e desempenho no campo. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.3, n.2, p.57-64, 1981.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil – 2007**. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados : Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 225p.
- HARRIS, H.C. & BLEDSOE, R.W. Physiology and mineral nutrition. In: **The National Fertilizer Association**. The peanut; the unpredictable legume. Washington, 1951. p.89-121.
- KHAKURAL, B. R., ROBERT, P. C., & HUGGINS, D. R. Variability of corn/soybean yield and soil/landscape properties across a southern Minnesota landscape. In ROBERT, P.C.; HURST, R.H.; LARSON, W.E. (Eds.). **Precision agriculture: Proceedings of the Fourth International Conference**, Madison, WI, USA: ASA/CSSA/SSSA. p. 573–579. 1999.
- KRAVCHENKO, A. N., BULLOCK, D. G. Correlation of corn and soybean grain yield with topography and soil properties. **Agronomy Journal**, v.92, p.75–83, 2000.
- McBRATNEY, A.; WHELAN, B.; ANCEV, T; BOUMA, J. Future Directions of Precision Agriculture. **Precision Agriculture**, v. 6, n.1, p. 7-23, 2006.
- McDOUGALL, G.J.; MORRISON, I.M.; STEWART, D.; HILLMAN, J.R. Plant cell walls as dietary fibre: range, structure, processing and function. **Journal Science Food Agriculture**, London, v.70, n.2, p.133-150, 1996.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1995. 889p.
- MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, Comitê de Vigor de Sementes, cap. 3, p.1-24, 1999.
- ORTEGA, R. A., ESSER, A.; SANTIBANEZ, O. Spatial variability of wine grape yield and quality in Chilean vineyards: economic and environmental impacts. In:

- STAFFORD, J.; WERNER, A. (Eds) **Precision Agriculture, Proceedings of the 4th European Conference on Precision Agriculture**, Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, p. 499–506, 2003.
- PLANT, R.E.; MERMER, A.; PETTYGROVE, G.S.; VAYSSIERES, M.P.; YOUNG, J.A.; MILLER, R.O.; JACKSON, L.F.; DENISON, R.F.; PHELPS, K. Factors underlying grains yield spatial variability in three irrigated wheat fields. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.42, n.5, p.1187-1202, 1999.
- ROSSETTO C. A. V., J. NAKAGAWA, ROSOLEM C. A. Efeito do momento de colheita e da calagem na qualidade fisiológica de sementes de amendoim (*Arachis hypogaea*) cv. Botutatu. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 16, n.2, p. 138-146, 1994.
- RUNGE, E.C.A.; HONS, F.M. Precision agriculture – development of a hierarchy of variables influencing crop yields. In: ROBERT, P.C.; RUST, R.H.; LARSON, W.E. **Proceedings of the fourth international conference on precision agriculture**. St. Paul: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 1998, p.143-158.
- STOORVOGEL, J. J., ORLICH, R. A., VARGAS, R. AND BOUMA, J. Linking information technology and farmer knowledge in a decision support system for improved banana cultivation. In: BOUMAN, B.A.M.; JANSEN, H.G.P.; SCHIPPER, R.A.; HENGSDIJK, H.; NIEUWENHUYSE, A.N. (Eds). **Tools for Land Use Analysis on Different Scales. With Case Studies for Costa Rica**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 2000.
- STOORVOGEL, J. J., BOUMA, J. AND OHRlich, R. A. Participatory research for systems analysis: prototyping for a Costa Rican Banana Plantation. **Agronomy Journal**, v.96, p.323–336, 2004.
- TISSEYRE, B., MAZZONI, C., ARDOIN, N.; CLIPET, C. Yield and harvest quality measurement in precision viticulture—application for a selective vintage. In:BLACKMORE, S.; GRENIER, G. (Eds). **Proceedings of the 3rd European Conference on Precision Agriculture**, Agro-Montpellier, France, p. 133– 138, 2001.
- VAN RAIJ, B.; SILVA, N. M. da; BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, J.A.; HIROCE, L.; CANTARELLA, H.; BELLINAZZI JÚNIOR, R.; DECHEN, A.R.; TRANI, P.E. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas, Instituto Agrônômico, Boletim Técnico 100, 1985. 107p.