

COMPORTAMENTO ESPACIAL DE VARIÁVEIS AGRONÔMICAS DA MAÇÃ 'FUJI' DURANTE DOIS ANOS DE OBSERVAÇÕES NO PLANALTO SERRANO DE SANTA CATARINA¹

LEONARDO JOSOÉ BIFFI² & SÍLVIO LUÍS RAFAELI NETO³

RESUMO- A Agricultura de Precisão (AP) provê ferramenta útil para avaliação de risco agrícola em frutíferas e programação racional de suas práticas. Este trabalho objetivou avaliar o comportamento espacial do peso de frutos por planta (PP), número de frutos por planta (NF), peso médio de frutos por planta (PMF), em dois anos de observações, safras 2004 e 2005. A 'Fuji' foi selecionada em uma fazenda de produção comercial no Município de São Joaquim-SC. Os dados foram importados para o sistema de informação geográfica (SIG) SPRING, onde se efetuaram krigagens para a obtenção dos mapas de variabilidade espacial. Para a safra de 2005, ocorreu um período de estiagem que influenciou na produção, havendo uma redução nos valores médios de PP e NF em relação ao ano anterior. Já PMF apresentou um acréscimo. Em 2005, a variação dos valores de PP e NF demonstrou correlação inversa com o relevo. A análise geoestatística possibilitou modelar o comportamento espacial das variáveis analisadas na área experimental. O SIG utilizado mostrou-se satisfatório para as análises efetuadas.

Termos para indexação: *Malus domestica* Borkh., 'Fuji', geoestatística, fruticultura de precisão, SIG.

SPATIAL BEHAVIOR OF THE AGRONOMIC VARIABLES OF THE 'FUJI' APPLE DURING TWO YEARS IN THE PLANALTO SERRANO OF SANTA CATARINA STATE

ABSTRACT- The precision agriculture (AP) provide useful tool for evaluation agricultural risk in fruitculture and rational programming of its practical. The objective of this work was to evaluate spatial behavior of weight of fruits for plant (PP), number of fruits for plant (NF) and average weight of fruits for plant (PMF) in two years in the harvest of 2004 and 2005. The Fuji cultivar was selected in a commercial orchard in the city of São Joaquim – SC, Brazil. The data were imported to the Geographic Information System – GIS SPRING, where it was made a kriging to construct maps of spatial variability. In the harvest of 2005 there was a period of time with dry climate that they had influenced on the production. It had a reduction in the average values of PP and MF in relation to the previous year, but the PMF presented an addition. The geostatistics analysis made possible modeling the spatial behavior of the variables at the experimental area. The used GIS revealed satisfactory for the effected analyses.

Index terms: *Malus domestica* Borkh., 'Fuji', geostatistics, precision fruitculture, GIS.

INTRODUÇÃO

Na agricultura, existe uma competitividade muito acirrada entre os setores produtivos. A necessidade de se adequar às exigências internacionais de mercado e de manter preços ideais para venda faz os administradores rurais procurarem novas técnicas para os sítios de produção.

Na serra catarinense, a cultura da maçã é um exemplo de adequações a normas de produção exigidas na exportação a países principalmente europeus. Conceitos como: Produção Integrada de Frutas (PIF), Produção Integrada de Maçã (PIM) e EUREPGAP *Fresh Fruit and Vegetables*, indicam que os sítios de produção devem ser submetidos a avaliações e controles, com objetivo de implementar métodos e técnicas ecologicamente seguros. Seus correspondentes certificados exigem que o produtor minimize as aplicações de agroquímicos, bem como os efeitos negativos desses produtos sobre o meio ambiente e a saúde humana.

A gestão de sítios específicos nas unidades produtivas é uma abordagem recente, oriunda do conceito de Agricultura de Precisão (AP). A AP enfatiza que o manejo das lavouras pode ser mais bem conduzido se a variabilidade espacial da produtividade e dos fatores a ela relacionados forem conhecidos. Tais fatores podem ser tratados localmente ou os sítios de produção podem ser divididos em unidades de gerenciamento diferenciado (Molin et al., 2005). Segundo Queiroz et al. (2000), o objetivo da AP consiste em aplicar técnicas de manejo em pequenas áreas, dentro do campo de produção, visando a reduzir o uso de produtos químicos e a aumentar a produtividade. Neste sentido, a AP pode ser definida como um conjunto de métodos, técnicas e tecnologias aplicados ao gerenciamento de pequenas unidades espaciais de produção. Seus principais objetivos são otimizar a utilização de insumos e minimizar os prováveis impactos negativos sobre o meio ambiente e a saúde humana. Seus principais instrumentos de decisão são os mapas de variabilidade espacial, os quais indicam ao decisor o comportamento

¹(Trabalho 284-07). Recebido em: 28-11-2007. Aceito para publicação em: 22-02-2008. Parte da Dissertação de Mestrado apresentado pelo primeiro autor na UDESC/CAV.

²Mestre em Produção Vegetal, Engenheiro Agrônomo, UDESC/CAV, Rua Manoel Marques dos Santos, 249, Bairro Copacabana, CEP 88.504-140, Lages – SC. E-mail: leonardo_biffi@yahoo.com.br

³Dr. em Engenharia, Engenheiro Agrônomo, UDESC/CAV, Av. Luís de Camões, 2090, Bairro Conta Dinheiro, CP 281, CEP 88.520-00, Lages – SC. E-mail: silvio@cav.udesc.br

geográfico do fenômeno.

Do ponto de vista do gerenciamento localizado de sítios de produção de frutas, poucos trabalhos têm procurado explorar o uso do conceito de AP e das geotecnologias, como meio de suporte ao produtor para minimizar custos e conhecer as diferentes zonas de manejo.

Algumas iniciativas têm procurado explorar o potencial da AP em culturas perenes. Trabalhos com mapeamento de produção, que é um dos pontos de partida para AP, vêm sendo utilizados em colheita mecanizada de café (Leal, 2002) e colheita de laranja (Balastreire et al., 1999; Farias et al., 2003), aliando técnicas e instrumentos de AP nos sítios produtivos. Entretanto, na cultura da maçã, esta necessidade é evidente, na medida em que, no Brasil, há uma carência de estudos visando a aplicar conceitos de AP nesta cultura.

Este trabalho teve por objetivo mapear e avaliar os comportamentos espaciais das variáveis peso de frutos por planta (PP), número de frutos por planta (NF) e peso médio de frutos por planta (PMF), em um pomar comercial de maçãs, durante as safras de 2004 e 2005.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido num sítio de produção de maçã, com 4,1 ha (Figura 1), pertencente à empresa Mareli Agropastoril Ltda., situada a 28°21'42" sul e 49°56'02" oeste, com altitude média de 1.364 metros, em São Joaquim (SC). O solo da área é classificado como Cambissolo Háplico Distroférrico típico.

A área em estudo possui 2/3 dela ocupada pela cultivar Fuji e 1/3 pela cultivar Gala, dispostas em duas filas de Fuji para uma de Gala, num espaçamento de 2,75 x 6,00 m, com porta-enxerto M7. A amostragem fez-se em uma linha a cada três, e uma planta a cada sete na linha amostrada, perfazendo aproximadamente 18,00 m entre linhas e 19,25 m entre plantas, totalizando 134 amostras pontuais da cultivar Fuji.

O georreferenciamento das árvores amostradas foi realizado com um receptor DGPS (Sistema de Posicionamento Global Diferencial), marca Raven®, receptor de sinal WAAS (*Wide Area Augmentation System*), com correção em tempo real. Os dados recebidos pela antena eram enviados a um *Pocket PC* e interpretados pelo programa *Farm Site Mate (Farm Works Software®)*. Os pontos foram inicialmente georreferenciados no Datum WGS-84, projeção UTM (Universal Transversa de Mercator), fuso 22, hemisfério sul. Durante o processo de importação desses pontos no SIG SPRING (INPE, 2005), as coordenadas UTM foram recalculadas para o Datum SAD69.

As colheitas foram realizadas manualmente, em duas etapas, por funcionários da empresa e somente nas plantas marcadas. Na primeira colheita, foram coletados os frutos maduros, prontos para comercialização e, na segunda, duas semanas após a primeira, foram retirados todos os frutos restantes da planta. Essa etapa foi realizada no mês de abril de 2004 e de 2005.

Analysaram-se as variáveis peso de fruto por planta (PP), cujas sacolas com os frutos foram pesadas em uma balança de

mola, e número de frutos por planta (NF), através de contagem total dos mesmos. O peso médio dos frutos por planta (PMF) foi calculado pela razão entre PP e NF para cada planta.

Os dados foram tabulados em planilha eletrônica e construídos arquivos do tipo ASCII SPRING adequados para utilização no SIG.

Os aplicativos de geoestatística do SIG foram executados para todas as variáveis que apresentaram ou não normalidades dos dados, gerando os semivariogramas experimentais e ajustando os modelos teóricos: esférico, gaussiano, exponencial ou potência. A escolha do modelo deu-se com base no coeficiente de Akaike (Akaike, 1974), calculado pelo programa, cujo menor valor pressupõe o melhor conjunto de parâmetros variográficos.

Para a análise do grau da dependência ou continuidade espacial de uma variável, utilizou-se a classificação de Cambardella et al. (1994), pela qual a dependência espacial é forte quando o efeito pepita (C_0) é menor ou igual a 25% do patamar ($C_0 + C_1$) do semivariograma respectivo; é moderada quando está entre 25% e 75%, e fraca quando é maior ou igual a 75%. Validados os modelos teóricos, executaram-se krigagens ordinárias para a obtenção dos modelos digitais de elevação (MDE) (Burrough, 1986), buscando uma estimativa sem tendenciosidade e com mínima variância para os valores em locais não amostrados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O forte período de estiagem que atingiu o Sul do Brasil no verão de 2005 (Agritempo, 2006), refletiu sobre os parâmetros agronômicos avaliados nesta pesquisa.

Notou-se uma redução nos valores médios de PP e NF de 2004 para 2005 em, aproximadamente, 19% e 26%, respectivamente, bem como um incremento na média de PMF, em 8% (Tabela 1). Tal efeito é notado em trabalhos onde a redução do número de frutos e da produção por planta aumentam o peso médio de frutos (Ebert & Kreuz, 1987; Camilo et al., 1992).

Períodos de estiagem durante o estágio de crescimento dos frutos poderão afetar o tamanho dos mesmos ou também a diferenciação das gemas floríferas para o ano seguinte (EPAGRI, 2002). A falta de água no solo dificulta a absorção de nutrientes por parte das raízes, podendo reduzir o crescimento das plantas (EPAGRI, 2002).

De acordo com os coeficientes de determinação, observa-se que PMF praticamente não sofreu influência de NF e de PP, nas duas safras (Figuras 2 [b] e [c]). Tanto as plantas que possuíam valores de NF baixos, como as de valores altos, mantiveram PMF constante. O elevado número de frutos presentes por planta pode ter diluído as possíveis variações de PMF no pomar, pois cada planta foi avaliada como um todo e não em partes distintas. Isto pode estar indicando também um manejo eficaz de poda e raleio de frutos no sítio de produção, uma vez que são realizados de forma distinta em cada planta, procurando equilibrar a produção ao longo dos anos. O aumento de PP é uma função de NF em macieira, efeito também observado em citros (Farias et al., 2003). Na Figura 2 (a), estas variáveis mostraram-se altamente correlacionadas.

Após avaliação dos dados, geraram-se os semivariogramas experimentais padronizados pela variância, para cada variável. O uso dos semivariogramas padronizados permite verificar se há um mesmo padrão de variabilidade espacial nas variáveis analisadas. Os valores dos parâmetros dos semivariogramas estão apresentados na Tabela 2.

O modelo teórico que melhor se ajustou aos semivariogramas experimentais dos dados de 2004, foi o modelo esférico, adotando-se como critério o coeficiente de Akaike. Em 2005, o modelo gaussiano proporcionou melhor ajuste para PP e NF, sendo que, para PMF, foi o modelo exponencial.

O alcance é parâmetro que permite identificar a distância-limite da dependência ou continuidade espacial medida nas amostras. Os alcances de PP e de NF para 2004 mostraram-se abaixo de 70 m e, em 2005, PP e NF apresentaram valores acima de 500 m e de 300 m, respectivamente. Isto indica maior continuidade espacial destas variáveis, possivelmente motivada pela carência hídrica do solo, devido ao período de estiagem que atingiu a cultura.

Com relação à proporção do efeito pepita em relação ao patamar variográfico, PP e NF apresentaram dependência espacial forte nos dois anos. Em trabalho com café, Leal (2002) encontrou dependência moderada para produtividade. PMF também manteve a classificação nos anos consecutivos, com dependência espacial moderada.

Quanto menor a relação do efeito pepita com o patamar, menores serão as diferenças entre os valores de amostras vizinhas, maior será a continuidade do fenômeno, menor a variância da estimativa e maior será a confiabilidade das estimativas (Vieira, 1997). A nulidade do efeito pepita em relação ao patamar indica que o erro experimental é praticamente nulo e que inexistem variações significativas a distâncias menores que a amostrada (Trangmar et al., 1985).

PP e NF apresentaram comportamentos espaciais bem distintos entre os anos de 2004 e 2005 (Figura 3 [a] e [b]). No ano de 2004, mostraram maior variabilidade que em 2005. Para 2005, observou-se uma tendência de aumento nos valores na direção norte, que pode ter sido influenciado pelo relevo, em vista da referida seca ocorrida neste ano. Essa mesma tendência observou-se com as altitudes, porém de forma inversa, ou seja, as altitudes menores seguem a direção norte. Nota-se que, no ano de 2005, maiores PP e NF ocorreram na parte baixa do terreno, caracterizada por ser uma área de várzea, drenada, para possibilitar o cultivo da maçã. Já no ano de 2004, não ocorreu esse efeito, pois toda a área apresentou valores diversificados, coincidindo com um ano de distribuição pluviométrica regular.

Com relação ao PMF em 2005, houve aumento de ocorrência de regiões com valores considerados altos (maiores que 167 g) e nenhuma presença de regiões com valores baixos (menores que 153 g), dentro do sítio de produção. Percebe-se também que, nas regiões do sítio, onde em 2004 ocorreu PMF baixo, no ano seguinte apresentaram PMF alto e muito alto, coincidindo inclusive com a região de várzea.

Para se buscar maior compreensão do comportamento das variáveis de produção, faz-se necessário um acompanhamento mais prolongado para se mensurar a

variabilidade temporal. Há necessidades de mais estudos com variáveis de atmosfera, solo e planta que melhor expliquem as relações de causa e efeito na variabilidade espacial dos atributos de produção.

TABELA 1 - Estatística descritiva das variáveis Produção por planta (PP), Número de Frutos por planta (NF) e Peso Médio de Frutos por planta (PMF) nos anos de 2004 e 2005.

	Variáveis					
	2004			2005		
	PP04 (kg)	NF04	PMF04 (g)	PP05 (kg)	NF05	PMF05 (g)
n° de amostras ¹	134	134	134	134	134	134
Média	61,70	394,43	156	49,92	293,09	168,8
Mediana	60,23	381,5	157	45,86	265,5	168,5
Variância	427,31	17573,66	116,63	615,02	18363,41	171,37
DP	20,67	132,57	10,8	24,8	135,51	13,1
CV (%)	33,5	33,6	6,9	49,7	46,2	7,75
As	0,11	0,18	-0,48	1,64	1,54	-0,02
K	3,42	3,39	5,06	6,92	6,7	2,8
Mínimo	0,82	6	109	10,54	62	127
Máximo	127,01	796	184	155,09	845	202
QI	48,04	311	150	34,04	206,5	159
QS	77,61	481	162	58,37	352	179
KS crítico 0,05	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116
KS	0,039	0,055	0,055	0,14*	0,105	0,037

*(significativo: distribuição difere da normal pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (KS) ao nível de significância de 5%.)

¹ Número de Amostras, Média, Mediana, Variância, Desvio-Padrão (DP), Coeficiente de Variação (CV), Coeficiente de Assimetria (As), Coeficiente de Curtose (K), Valor Mínimo, Valor Máximo, Quartil Inferior (QI), Quartil Superior (QS).

TABELA 2 - Parâmetros dos semivariogramas ajustados das variáveis: Produção por planta (PP), Número de Frutos por planta (NF) e Peso Médio de Frutos por planta (PMF) nos anos de 2004 e 2005.

Variável	M	C ₀	C ₁	(C ₀ + C ₁)	a	C ₀ / (C ₀ + C ₁)	Classificação
2004							
PP04	ESF	0,219	0,758	0,977	68,92	0,22	Forte
NF04	ESF	0,147	0,81	0,957	46,7	0,15	Forte
PMF04	ESF	0,671	0,492	1,163	140,07	0,58	Moderado
2005							
PP05	GAUS	0,343	4,489	4,832	536,8	0,07	Forte
NF05	GAUS	0,482	1,86	2,342	310,27	0,21	Forte
PMF05	EXP	0,567	0,711	1,278	285,24	0,44	Moderado

GAUS: Modelo Gaussiano; ESF: Modelo Esférico; EXP: Modelo Exponencial.

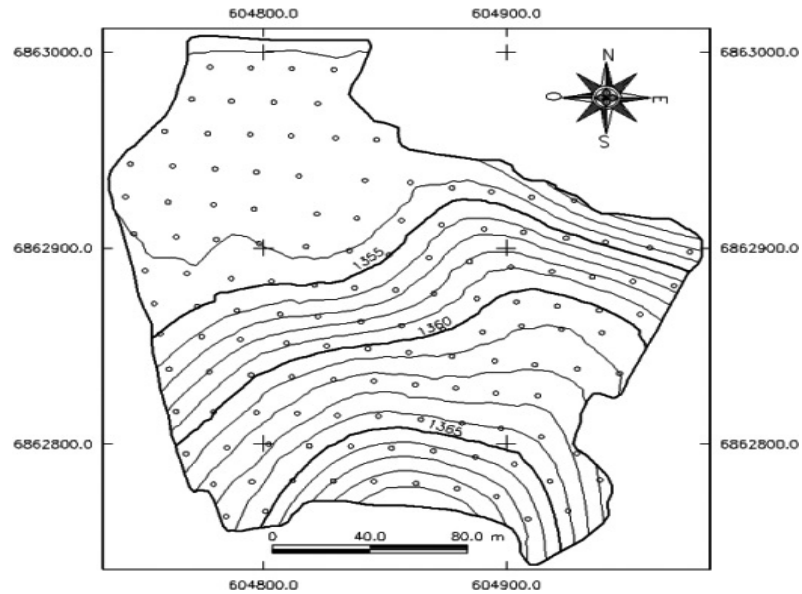


FIGURA 1 – Sítio de produção com curvas de nível de 1 m de altitude e pontos de amostragens.

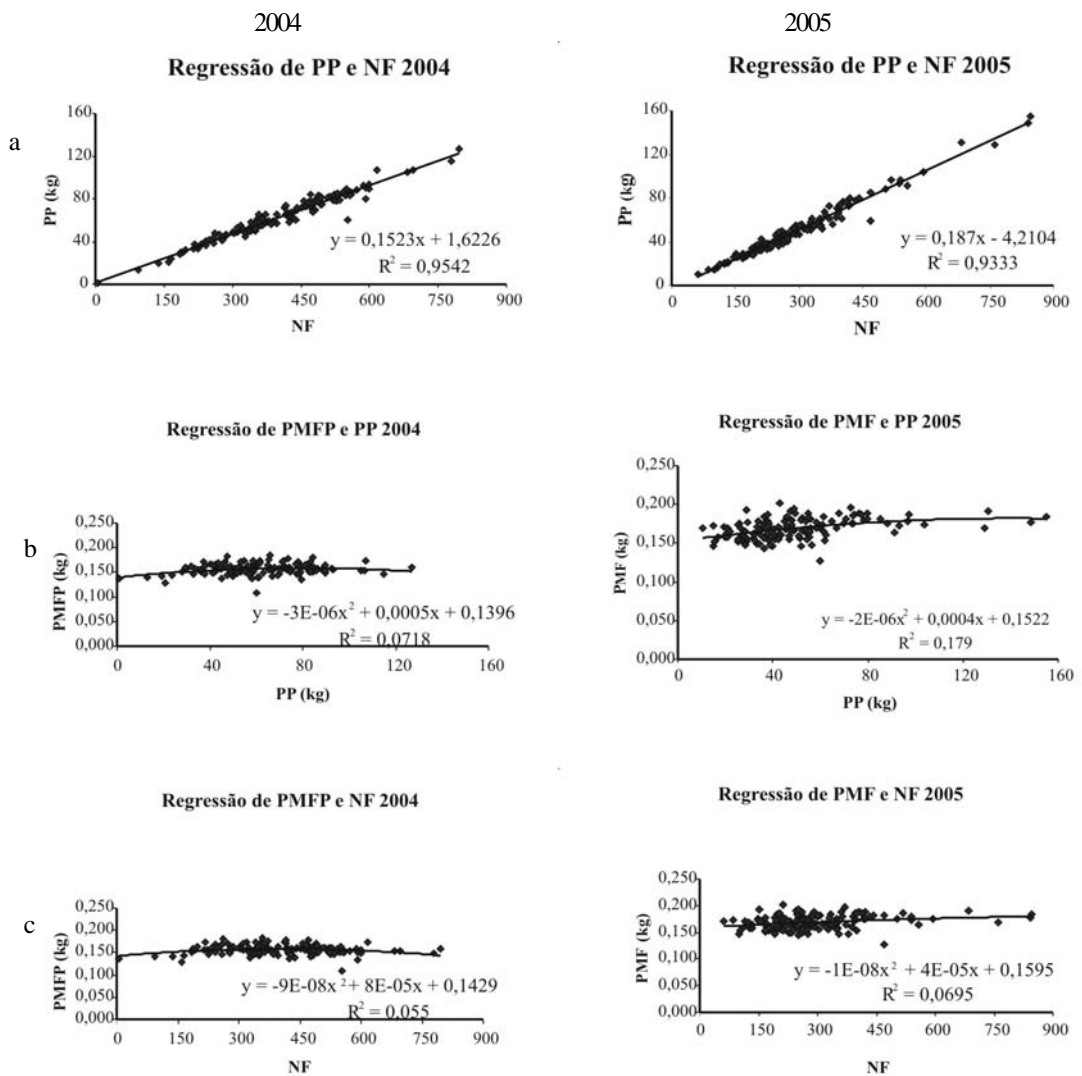


FIGURA 2 - Regressões de: a) PP x NF; b) PMFP x PP; c) PMFP x NF, nos anos de 2004 e 2005.

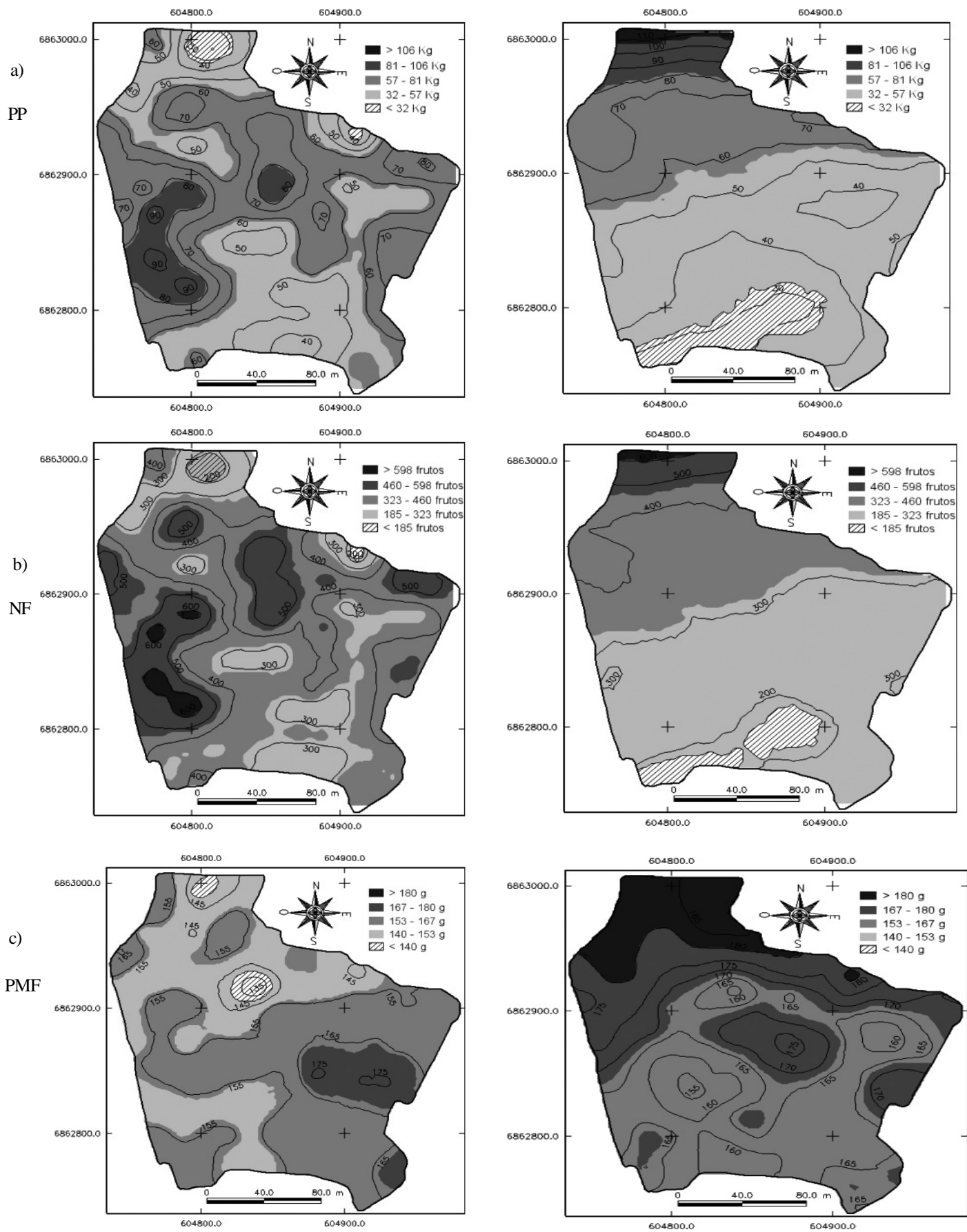


FIGURA 3 – Mapas temáticos da área para anos de 2004 e 2005: a) PP (kg), b) NF e c) PMF(g).

CONCLUSÕES

1- Todas as variáveis analisadas apresentaram dependências espaciais. As variáveis PP e NF mostraram-se altamente correlacionadas.

2- Os mapas temáticos evidenciaram a variabilidade espacial dos atributos de produção da macieira nos dois anos de observação.

3- O SIG utilizado para processar, analisar e gerar produtos para tomada de decisões foi adequado para elaboração de mapas interpolados, podendo vir a ser uma alternativa de baixo custo para manejo de sítios específicos de produção de maçã.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à FAPESC, Empresa Mareli Agropastoril Ltda. e ao Engenheiro Agrônomo Renato Sander, responsável da empresa, pelo apoio ao projeto.

REFERÊNCIAS

- AGRITEMPO. **Sistema de monitoramento agrometeorológico**. Disponível em <<http://www.agritempo.gov.br>>. Acesso em: 20 fev. 2006.
- AKAIKE, H. A new look at statistical model identification. **IEEE Transactions on Automatic Control**, New York, v. 19, n. 6, p. 716-723, 1974.
- BALASTREIRE, L. A.; AMARAL, J. R.; ESQUERDO, J. C. D. M.; RODRIGUES, A. **Mapeamento da produtividade de uma cultura de laranja**. 1999. Disponível em: <<http://www.gpsglobal.com.br>>. Acesso em: 01 jul. 2004.
- BURROUGH, P. **Principles of geographical information systems for land resources. Assessment**. Oxford: Clarendon Press, 1986.
- CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, n.5, p. 1501-1511, 1994.
- CAMILO, A. P.; DENARDI, F.; ZAFFARI, G. R.; KREUZ, C. L. Raleio de frutos na cultivar Golden Delicious. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 14, n. 1, p. 89-96, 1992.
- EBERT, A.; KREUZ, C. L. Raleio manual nas cultivares Gala, Golden Delicious e Fuji no alto Vale do Rio do Peixe. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 9, n. 3, p. 39-44, 1987.
- EPAGRI. EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA. **A cultura da macieira**. Florianópolis: GCM/Epagri, 2002. 743 p.
- FARIAS, P. R. S.; NOCITI, L. A. S.; BARBOSA, J. C.; PERECIN, D. Agricultura de precisão: mapeamento da produtividade em pomares cítricos usando geoestatística. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 235-241, 2003.
- INPE. **Sistema de processamento de informações georreferenciadas (SPRING)** versão 4.1.1, 2005. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring>>
- LEAL, J. C. G. **Mapeamento da produtividade na colheita mecanizada do café**. 2002. 74 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- MOLIN, J. P.; GIMENEZ, L. M.; PAULETTI, V.; SCHMIDHALTER, U.; HAMMER, J. Mensuração da condutividade elétrica do solo por indução e sua correlação com fatores de produção. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 420-426, 2005.
- QUEIROZ, D. M. de; DIAS, G. P.; MANTOVANI, E. C. Agricultura de precisão na produção de grãos. In: BORÉM, A. B.; GIÚDICE, M. P.; QUEIROZ, D. M.; MANTOVANI, E. C.; FERREIRA, L. R.; VALLE, F. X. R.; GOMIDE, R. T. **Agricultura de precisão**. Viçosa: UFV, 2000. p. 1-42.
- TRANGMAR, B. B.; YOST, R. S.; WADE, M. K.; UEHARA, G. Applications of geostatistics to spatial studies of soil properties. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 38, p. 45-94, 1985.
- VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de argila, silte e atributos químicos em uma parcela experimental de latossolo roxo de Campinas (SP). **Bragantia**, Campinas, v. 56, n. 1, p. 181-190, 1997.