

Planejamento de experimentos com culturas olerícolas de múltiplas colheitas

Alessandro Dal'Col Lúcio⁽¹⁾

Daniel Santos⁽¹⁾

Alberto Cargnelutti Filho⁽¹⁾

Lindolfo Storck⁽¹⁾

Denison Esequiel Schabarum⁽¹⁾

1 Introdução

Para que os experimentos agrícolas forneçam informações com qualidade é importante que sejam planejados e conduzidos de modo que o erro experimental seja minimizado. Para algumas culturas olerícolas com múltiplas colheitas já foram realizados trabalhos visando à redução do erro experimental [1], [2], [7]. Essas pesquisas buscam essa melhoria via: estimativa do tamanho de parcela e de amostra ajustados à variabilidade das áreas experimentais e de cada cultura; determinação da variabilidade entre filas e entre colheitas; e, estudo de transformações de dados para minimizar os efeitos do excesso de zeros no banco de dados. No entanto, mesmo aplicando essas técnicas, o erro experimental continua elevado, indicando a necessidade de novas técnicas de análises estatísticas.

O uso da análise de covariância é uma das técnicas que podem promover a redução do erro experimental. Papadakis [5] propôs um método de ajuste da variabilidade espacial com base em análise de covariância, onde a média dos erros de parcelas vizinhas é utilizada como covariável na análise de covariância. Esse método possui a vantagem de dispensar que se meça a covariável concomitantemente à variável e, além disso, mostrou-se eficaz na melhoria da qualidade de experimentos com outras culturas agrícolas [8], [9]. No entanto, nessas pesquisas, não há consenso sobre a melhor vizinhança a ser utilizada para cálculo da covariável, indicando que a mesma varia entre culturas e as diferentes condições de cultivo.

A definição da melhor vizinhança a ser utilizada no método Papadakis pode ser realizada através de ensaios em branco, uma vez que a estimativa da covariável é realizada pelos erros, não havendo influência dos tratamentos. Assim há a possibilidade de se obter um tamanho de parcela prevendo o posterior uso do método. Diante disso, os objetivos deste estudo foram avaliar a eficiência do método Papadakis no aumento da qualidade de experimentos com feijão-vagem, abobrinha italiana e pimentão; em identificando esta eficiência, determinar a forma de obter a estimativa da covariável e estimar o tamanho de parcela para uso em experimentos onde se aplicará o método.

¹ CCR/UFMS. E-mail: adlucio@ufsm.br, danielsantosagro@gmail.com, alberto.cargnelutti.filho@gmail.com, lindolfostorck@gmail.com, denisonesequiel@yahoo.com.br.

2 Material e Métodos

Foram utilizados experimentos em branco e um experimento com tratamentos. Os experimentos em branco fazem parte do banco de dados do Setor de Experimentação Vegetal do Departamento de Fitotecnia da UFSM: Cultura do feijão-vagem, cultivar macarrão: 1) em estufa no outono-inverno com seis linhas de cultivo de 72 plantas; 2) em túnel no outono-inverno; 3) a campo no outono-inverno; 4) em túnel na primavera-verão; e 5) a campo na primavera-verão (túnel e a campo com três linhas de cultivo de 84 plantas cada linha); Cultura da abobrinha italiana, cultivar caserta (seis linhas de cultivo com 20 plantas cada): 1) em estufa no verão-outono e; 2) em estufa no inverno-primavera; Cultura do pimentão, cultivar vidi (dez linhas de cultivo cada uma com 70 plantas cada): 1) em estufa no verão-outono e; 2) em estufa no inverno-primavera. Já o experimento com tratamentos foi com a cultura do pimentão em estufa plástica no delineamento de blocos ao acaso com oito repetições e três tratamentos, com parcelas de 13 plantas no sentido da linha de cultivo. A variável observada foi a fitomassa fresca total de vagens e de frutos.

Para cada um dos experimentos em branco foram ajustados os valores de cada parcela através da adaptação do método de Papadakis [5], aplicado em cada linha de cultivo considerando tamanhos de parcela com diferentes números de plantas (Etapa 1). Considerou-se i parcelas e j linhas de cultivo. Inicialmente foi estimado o resíduo de cada parcela pela equação: $R_{(i,j)} = Y_{(i,j)} - \bar{Y}_{(.,j)}$, em que, $R_{(i,j)}$: é o resíduo da parcela i na linha de cultivo j ; $Y_{(i,j)}$: é o valor da parcela i na linha de cultivo j ; $\bar{Y}_{(.,j)}$: é a média das parcelas na linha de cultivo j .

Foram estimados os resíduos médios (covariáveis) de três formas de modo a determinar a abrangência na linha que possibilitará maior eficiência da covariável:

$$C_1 = [R_{(i,j)} + R_{(i-1,j)} + R_{(i+1,j)}] / 3; \quad C_2 = [R_{(i,j)} + R_{(i-1,j)} + R_{(i-2,j)} + R_{(i+1,j)} + R_{(i+2,j)}] / 5;$$

$$C_3 = [R_{(i,j)} + R_{(i-1,j)} + R_{(i-2,j)} + R_{(i-3,j)} + R_{(i+1,j)} + R_{(i+2,j)} + R_{(i+3,j)}] / 7$$

O ajuste do valor original de cada parcela através da covariável foi realizado via a equação: $Y_{(i,j)}^* = Y_{(i,j)} - \beta(C_{(i,j)} - \bar{C}_{(.,j)})$, em que, $Y_{(i,j)}^*$: é a variável corrigida na parcela i da linha de cultivo j ; $Y_{(i,j)}$: é a variável original na parcela i da linha de cultivo j ; β : é o coeficiente de regressão entre a variável original e a covariável; $C_{(i,j)}$: é a covariável da parcela i da linha de cultivo j ; $\bar{C}_{(.,j)}$: é a média da covariável na linha de cultivo j . Para

verificar qual forma de cálculo da covariável que possibilitou maior eficiência ao método, calculou-se a variância e o coeficiente de variação para os dados ajustados e não ajustados.

Com os dados dos experimentos em branco, para os valores ajustados e não ajustados, estimou-se o tamanho ótimo de parcela pelo método da curvatura máxima do coeficiente de variação proposto por [6] (Etapa 2).

Com o experimento com tratamentos realizou-se a análise de variância (ANOVA) e análise de covariância (ANCOVA) considerando a covariável estimada pelas formas descritas na etapa 1 da análise. Na etapa 2, os resíduos utilizados na estimativa das covariáveis, foram obtidos através da mesma equação utilizada para estimativa dos resíduos na etapa 1, porém considerando i tratamentos e j blocos.

A avaliação da precisão experimental na ANOVA e ANCOVA foi procedida com base na estimativa das estatísticas: Coeficiente de variação (CV%); F calculado para tratamento ($F_{\text{calculado}}$); Quadrado médio do erro (QM_E); nível mínimo de significância do teste F para efeito de tratamento (nms); diferença mínima significativa entre dois tratamentos pelo teste de Tukey. Antes da realização da ANOVA e da ANCOVA foram testados os pressupostos do modelo matemático. Além disso, para realização da ANCOVA, testaram-se os seguintes pressupostos: a covariável é independente do efeito de tratamentos; o coeficiente de regressão da variável sobre a covariável, depois de removidos os efeitos de tratamentos e de blocos, é linear independente dos tratamentos e blocos. Todas as análises foram realizadas adotando 5% de probabilidade de erro.

3 Resultados e Discussão

Obteve-se atendimento dos pressupostos do modelo matemático indicando ser adequado e confiável a análise dos dados pela via paramétrica. A covariável não apresentou correlação com os tratamentos e o coeficiente de regressão da variável sobre a covariável, foi linear independente dos tratamentos e blocos. Isso indica que, se a covariável for eficiente para o ajuste da covariável, é correto o uso da análise de covariância utilizando as covariáveis testadas. Para todas as culturas, em todos os ambientes, épocas de cultivo e tamanhos de parcela, o ajuste pela covariável calculada pelo método Papadakis levou a uma redução no valor do coeficiente de variação (CV%). Assim, o ajuste pela covariável estimada por esse método reduz a variabilidade e, portanto, reduzirá o erro experimental quando utilizada em análise de covariância (ANCOVA) em um experimento com tratamentos.

A maior redução nos valores de CV% ocorreu quando o ajuste foi realizado pela covariável C1. A C1 foi a que possibilitou o melhor resultado em 80 % dos casos para a cultura do feijão-vagem e em 100% dos casos para as culturas da abobrinha italiana e

pimentão. Considerando todos os ajustes realizados, as reduções nos valores de CV foram de 26, 17 e 13%, respectivamente para os ajustes pelas covariáveis C1, C2 e C3. Em experimentos com tratamentos nas culturas do feijão-vagem, abobrinha italiana e pimentão a covariável para realização de ANCOVA, deve ser a C1, ou seja, considerar uma parcela vizinha de cada lado da parcela de referência no sentido da linha de cultivo, para estimativa da covariável.

Para todas as culturas e ambientes de cultivo avaliados, menores tamanhos de parcela foram possíveis quando se realizou o ajuste pelas covariáveis obtidas pelo método Papadakis. Dentre os ajustes, o que possibilitou o uso de menor tamanho de parcela foi o realizado através da covariável C1, nessa situação, considerando um tamanho de parcela único por cultura, o tamanho de parcela foi de dez plantas para feijão-vagem, e de cinco plantas para abobrinha italiana e pimentão, equivalendo a uma abrangência na linha de cultivo de 2,0 m para feijão-vagem, 4,5 m para abobrinha italiana e 1,5 m para pimentão. Esses tamanhos de parcela, quando comparados com os obtidos para os dados não ajustados, foram reduzidos, em termos de número de plantas, em 23% na cultura do feijão-vagem e da abobrinha italiana e em 27% para cultura do pimentão.

Além da redução nos tamanhos de parcela, em todas as situações, os CV% dos tamanhos de parcela foram menores para as situações onde houve o ajuste pelo método Papadakis. Isso torna evidente os benefícios do uso do método pois, além de possibilitar a redução do tamanho de parcela, possibilita que os tamanhos de parcela (menores) possibilitem maior precisão aos experimentos.

Pela análise de covariância com a covariável C1 (ANCOVA 1) constatou-se que houve efeito significativo da covariável, mostrando que é correto o uso da ANCOVA considerando a mesma. Esse resultado evidencia que a covariável obtida pelo método Papadakis realmente pode ser utilizada na ANCOVA em experimentos com culturas olerícolas, uma vez que está significativamente relacionada com a variável. Diferentemente do ocorrido na ANCOVA 1, na análise de covariância realizada com a covariável C2 (ANCOVA 2) não houve efeito significativo da covariável C2 evidenciando que não é correto o uso da ANCOVA a partir da mesma. Isso ocorreu porque na estimativa dessa covariável foi utilizada uma maior abrangência espacial do que para a covariável C1. Com isso algumas covariáveis foram obtidas através da soma de todos os resíduos disponíveis na linha de cultivo, o que levou-os a apresentar o mesmo valor. O uso de ANCOVA melhora da qualidade do experimento com pimentão, quando comparado com a ANOVA. Houve redução do CV%, Δ e DMS, e aumento do $F_{\text{calculado}}$. Uma das explicações para este resultado é que em culturas

olerícolas algumas particularidades como o ponto de colheita subjetivo, a realização de múltiplas colheitas, uso de manejo cultural mais intensivo [3], [4], fazem com que a variabilidade seja aumentada e, com isso, são maiores as chances de um método de ajuste de variabilidade espacial como o Papadakis ser efetivo.

4 Conclusões

O uso de análise de covariância com a covariável estimada pelo método Papadakis aumenta a qualidade de experimentos com culturas olerícolas de múltiplas colheitas e possibilita o uso de menores tamanhos de parcela. A forma de estimativa da covariável que proporciona a maior eficiência da ANCOVA é com uma parcela vizinha de cada lado da parcela de referência no sentido da linha de cultivo. O tamanho de parcela na linha de cultivo, ajustado para uso de ANCOVA com a covariável estimada pelo método Papadakis, considerando uma parcela vizinha de cada lado da parcela de referência no sentido da linha de cultivo, é de dez plantas para feijão-vagem, de cinco plantas para abobrinha italiana, cinco plantas para pimentão.

Bibliografia

- [1] CARPES, R.H. et al. Variabilidade produtiva e agrupamentos de colheitas de abobrinha italiana cultivada em ambiente protegido. **Ciência Rural**, v.40, p.294-301, 2010.
- [2] HAESBAERT, F.M. et al. Tamanho de amostra para experimentos com feijão-de-vagem em diferentes ambientes. **Ciência Rural**, v.41, p. 8-44., 2011.
- [3] LORENTZ, L.H. et al. Variabilidade da produção de frutos de pimentão em estufa plástica. **Ciência Rural**, v.35, p.316-323, 2005.
- [4] LÚCIO, A.D. et al. Variância e média da massa de frutos de abobrinha-italiana em múltiplas colheitas. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p.335-341, 2008.
- [5] PAPADAKIS, J.S. **Méthode statistique pour des expériences sur champ**. Thessalonike: Institut d'Amélioration des Plantes à Salonique, 1937. 30p. (Bulletin, 23).
- [6] PARANAIBA, P.F. et al. Tamanho ótimo de parcelas experimentais: proposição de métodos de estimação. **Revista Brasileira de Biometria**, v.27, p.255-268, 2009.
- [7] SANTOS, D. et al. Tamanho ótimo de parcela para a cultura do feijão-vagem. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, p.119-128, 2012.
- [8] STORCK, L. et al. Experimental precision in corn trials using the Papadakis method. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, p.1458-1464, 2010.
- [9] STORCK, L. et al. Método de Papadakis e número de repetições em experimentos de soja. **Ciência Rural**, v.39, p.977-982, 2009.