

**ESTIMATIVA DE PERDAS NA COLHEITA MECANIZADA DE GRÃOS:  
ADEQUAÇÃO DA METODOLOGIA PARA PLATAFORMAS UNIVERSAIS  
MODERNAS****HEVANDRO COLONHESE DELALIBERA<sup>1</sup>, LEANDRO RIYUITI HIGASHIBARA<sup>2</sup>,  
RICARDO RALISCH<sup>3</sup>**<sup>1</sup> Doutor, pesquisador, Instituto Agrônômico do Paraná - IAPAR, (043)33762252, hevandro@iapar.br<sup>2</sup> Doutorando na Universidade Estadual de Londrina - UEL, (043)991569326, cbtagro@gmail.com<sup>3</sup> Doutor, professor, Universidade Estadual de Londrina - UEL, (043)33714794, ralisch@uel.br

Apresentado no  
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017  
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

**RESUMO:** O desperdício de grãos na colheita é um problema corrente para maioria das culturas anuais, no qual, deve ser dado destaque ao mecanismo de corte e recolhimento das plantas, onde podem ocorrer mais de 80% das perdas. Historicamente, os métodos de avaliação de perdas na colheita mecanizada estão associados a programas de redução destas em nível de produtor. Porém para avaliações técnico-científicas nota-se que a execução experimental pelos métodos tradicionais de estimativa de perdas é onerosa, o que limita o tamanho do experimento, além de que, a variável perda tende a apresentar grande dispersão, fatores que resultam em análises estatísticas não satisfatórias. O objetivo desta proposta é sugerir uma adequação nas metodologias usuais para avaliação de perdas de grãos durante o corte e recolhimento, com foco nas plataformas universais, as quais são utilizadas para colheita de soja, trigo, etc., tendo como base a quantidade de sub-amostras que irão representar as repetições do tratamento, desvinculando-a do tamanho da área amostral, o que torna o procedimento mais adequado às condições das máquinas atuais, facilita a realização do experimento e, utilizando filtros estatísticos para reduzir os erros amostrais, resultando em melhor representatividade das estimativas de perdas para plataformas universais modernas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Qualidade experimental, Desvio studentizado, sub-amostra

**ESTIMATIVE OF WASTES IN MECANIZED GRAIN HARVEST:  
ADEQUACY OF METHODOLOGY FOR MODERN UNIVERSAL HEADER**

**ABSTRACT:** The grain waste on harvest is a current problem for most annuals crops, which must be highlighted the mechanism that promote cutting and gathering of plants, where could happen more than 80% of wastes. Historically, the mechanized harvest wastes evaluation methods are associated with programs of wastes reduction on farmers levels. However for Technical-Scientific evaluations were noticing that the experimental accomplishment by traditional methods of wastes estimates are burdensome, whose are limiting size of the experiments, further the waste variable bring forward a large data dispersion, factors that resulting on unsatisfactory statistic analysis. The objective of this propose is to suggest an adequacy on usual methodologies for grain wastes evaluation during cutting and gathering process, focusing on universal headers, which are used for harvesting of soybeans, wheat, etc., having as basethe subsample quantities that will represent the treatment repetition, unlink from sampling area size, whose are transforming the process more suitable to current machines, facilitating the experiment realization and using statistical filter to reduce the experimental errors, resulting in a better representativeness of header wastes estimative.

**KEYWORDS:** Experimental quality, Student's deviation, Subsample

**INTRODUÇÃO:** O tema perdas na colheita é tão antigo quanto o surgimento das primeiras máquinas de colheita de grãos e, desde então, diversos métodos para estimativa perdas tem sido sugeridos. Os mais utilizados são aqueles baseados em áreas amostrais grandes e fixas, como 1, 0,4 e 2 m<sup>2</sup> (EVERETT, 1949; QUICK, 1972; EMBRAPA, 2000), tendo suas dimensões ajustadas a largura da plataforma de colheita. As publicações sobre o assunto mostram que, a variável perda, apresenta grande dispersão, resultando em coeficientes de variação extremamente elevados. Estes podem ser proporcionados pela natureza do fenômeno estudado, ou, por fatores locais não controlados e quantidade e forma de amostragem inadequada. Portanto, a nível experimental, observa-se que as metodologias tradicionais se apresentam onerosas para realização de um número adequado de repetições além de, não se adequarem as máquinas modernas, pois, o tamanho das plataformas universais, bem como suas colhedoras, aumentaram de 2,5 a 3,2 vezes, em comparação com suas antecessoras utilizadas como referência para tais metodologias. A presente proposta tem como objetivo de sugerir uma adequação nos métodos tradicionais, a qual se baseia no número de sub-amostras que irão representar a repetição, desvinculando-a do tamanho da área amostral, facilitando a realização do experimento e, utilizando filtros estatísticos para reduzir o erro experimental, resultando em melhor representatividade das estimativas de perdas de grãos nas plataformas universais de colheita.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O método de estimativa perdas na colheita mecanizada de grãos mais difundido no Brasil é o proposto por MESQUITA (1981) e suas variações como o copo medidor volumétrico, para estimativa rápida de perdas a campo (MESQUITA & GAUDÊNCIO, 1982). Este método mostra-se eficiente para a estimativa de perdas com o intuito de realização de regulação por produtores e técnicos no campo. Porém quando aplicadas em experimentos técnico-científicos, no qual há a necessidade de delineamento experimental, número adequado de repetições e análise estatística dos dados, tem-se que, esta metodologia apresenta execução onerosa e pouco adequada ao tamanho das máquinas atuais. Estes fatores resultam em coeficientes de variação experimental (CV<sub>e</sub>%) elevados, devido, principalmente, a baixa representatividade estatística das amostras. Ressalva-se que o CV<sub>e</sub>% é um índice que representa a qualidade do experimento, sendo este calculado pela raiz quadrada do quadrado médio do resíduo, dividido pela média geral do experimento multiplicado por cem, (Equação 1), diferente do coeficiente de variação do tratamento/variável ou amostra (CV<sub>v</sub>%), que é o mais comumente utilizado, que reflete a dispersão da variável. O CV<sub>e</sub>% é influenciado pelo tamanho do experimento e tipo de delineamento e arranjo experimental, onde o aumento do grau de liberdade do(s) resíduo(s) reflete em redução direta do CV<sub>e</sub>%. Já o CV<sub>v</sub>%, pode ser resultado da característica do fenômeno estudado ou pode ser proporcionado pelo tipo, método e número inadequado de amostragem da variável. Embora exista interferência de um coeficiente no outro durante a análise de variância, um CV<sub>v</sub>% elevado pode não resultar em um CV<sub>e</sub>% elevado (SNEDECOR & COCHRAN, 1980; GOMES & GARCIA, 2002). A principal alteração proposta no procedimento tradicional está relacionada à forma da amostragem para estimar as perdas na plataforma universal, no qual, o tamanho da área do amostral não é fator mais importante, e sim, a coleta de um número maior de repetições compostas por *n* sub-amostras, conforme recomendado por MAHALANOBIS (1945), visando a diluição dos erros experimentais, além da utilização um filtro estatístico para exclusão de sub-amostras não pertencentes a população e/ou discrepantes (método *jackknife*), visando estimar repetições mais representativas e além de tornar os dados paramétricos. O procedimento *jackknife* deve ser realizado no conjunto de sub-amostras até que as repetições para cada tratamento apresentem distribuição normal. Também é necessário utilizar métodos de teste de normalidade que sejam adequados ao tamanho (número de repetições) e distribuição do tratamento.

Quanto maior o número de sub-amostras, menor é o risco de ocorrerem perdas de parcela por eliminação de leituras discrepantes. Recomenda-se utilizar para a identificação das sub-amostras discrepantes o método dos desvios Studentizados, também conhecido como “Teorema do limite central” (Equação 2), a qual utiliza a distribuição “*t* de Student” para inferência sobre a amostra com desvio padrão ( $\sigma$ ) desconhecido, onde índices fora do intervalo  $\pm 1,96$  (5% de significância para teste bilateral de valores críticos de *t*) podem ser considerados discrepantes. Ainda pode-se utilizar o método dos Desvios Padronizados (Equação 3) para o casos onde existirem apenas um tratamento, o qual utiliza a estatística “*z*”, recomendada para  $\sigma$  conhecido. Observa-se que, este último caso é raro, onde, para experimentação a estatística “*t*” é mais adequada, portanto, neste caso, sugere-se a eliminação apenas de resíduos fora do intervalo de  $\pm 3,09$ , isto é, valores que não são pertencentes a população do objeto de estudo (SNEDECOR & COCHRAN, 1980).

$CV_e \% = \left( \frac{\sqrt{QM_r}}{\bar{X}} \right) 100$	<p>Eq. 1. Coeficiente de variação experimental</p>	<table border="0"> <tr> <td style="padding-right: 10px;"><math>\bar{X}</math> –</td> <td>Média geral</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 10px;"><math>QM_r</math> –</td> <td>Quadrado médio do resíduo (ANAVA)</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 10px;"><math>x_i</math> –</td> <td>Sub-amostra</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 10px;"><math>\bar{x}_i</math> –</td> <td>Média do tratamento</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 10px;"><math>\sigma/\sqrt{n}</math> –</td> <td>Erro padrão (tratamento)</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 10px;"><math>\sigma</math> –</td> <td>Desvio padrão</td> </tr> </table>	$\bar{X}$ –	Média geral	$QM_r$ –	Quadrado médio do resíduo (ANAVA)	$x_i$ –	Sub-amostra	$\bar{x}_i$ –	Média do tratamento	$\sigma/\sqrt{n}$ –	Erro padrão (tratamento)	$\sigma$ –	Desvio padrão
$\bar{X}$ –	Média geral													
$QM_r$ –	Quadrado médio do resíduo (ANAVA)													
$x_i$ –	Sub-amostra													
$\bar{x}_i$ –	Média do tratamento													
$\sigma/\sqrt{n}$ –	Erro padrão (tratamento)													
$\sigma$ –	Desvio padrão													
$t = \frac{x_i - \bar{x}_i}{\sigma/\sqrt{n}}$	<p>Eq. 2. Desvio Studentizado</p>													
$z = \frac{x_i - \bar{x}_i}{\sigma}$	<p>Eq. 3. Desvio Padronizado</p>													

Independente da sub-amostra apresentar índice de desvio fora do intervalo, se a distribuição das repetições apresentarem distribuição normal, não há necessidade de eliminação de sub-amostras, pois, seus desvios elevados são diluídos na composição da média da repetição. Caso contrario, inicia-se a eliminação dos dados pelos resíduos mais distantes do intervalo sugerido, um por vez conforme o método *jackknife* (WU, 1986; WU, 1990) e, a cada eliminação de sub-amostra discrepante, deve-se recalculer os parâmetros de teste da estimativa de resíduo (média, variância, desvio padrão ou erro padrão), pois, as medidas de tendência central se movem alterando os índices estimados de cada sub-amostra. Este procedimento aumenta a robustez do método e pode ser facilmente executado de forma automática através de planilha eletrônica. É importante relatar que o método utilizando a estatística “*t*” não altera o comportamento ou a característica da distribuição da variável (BABU & SINGH, 1985). Para que a análise de desvios Studentizados seja robusta, sugere-se o levantamento de no mínimo três sub-amostras para compor a repetição com número total de sub-amostras para cada tratamento igual ou superior a trinta (30) valores. Caso o número de sub-amostras seja menor, torna-se necessário observar na tabela de valores críticos de “*t*”, o intervalo de valor crítico adequado ao número de sub-amostras abrangidas pela estimativa (SNEDECOR & COCHRAN, 1980). Para o levantamento dos dados a campo, sugere-se a confecção de quadros amostradores, no qual sua parte interna (área a ser amostrada) compreenda no mínimo 0,25 m<sup>2</sup> (quadro de 0,5 x 0,5m), pois, este tamanho de área torna a coleta da amostra mais fácil e rápida. Como proteção da área interna do quadro, isto é, a área a ser avaliada, torna-se interessante cobrir o quadro com uma lona plástica ou tecido. Esta cobertura do amostrador é necessário para evitar contaminação da área de amostragem com materiais lançados pelo sistema de trilha e limpeza dos grãos além de, dispensar manobras adicionais com a máquina, para desviar da área a ser avaliada (para o caso de avaliação de perdas na plataforma). O tamanho reduzido da área amostral também exige que, para a mensuração da massa seca de grãos, seja utilizado balança com precisão analítica com sensibilidade para 0,1 mg, devido a massa reduzida da amostra grãos perdidos. Para secagem e determinação da massa seca e umidade deve-se utilizar o método da estufa com circulação forçada de ar conforme descrito por CARMO et al (2000). Os valores de perda observados em g ou mg de “matéria seca” pelo tamanho do quadro amostral (ex. g 0,25m<sup>2</sup>) devem ser

utilizados diretamente nas análises, sendo somente convertidos para  $\text{kg ha}^{-1}$  e executadas as correções de umidade, nos resultados médios da análise estatística utilizada. A aplicação de cálculos e correções não estudadas nos dados de entrada da análise estatística implica em alterações na distribuição e no comportamento do fenômeno avaliado, afetando a análise de variância e a relação dos seus resultados com a realidade dos eventos estudados (HAIR et al., 2009).

**CONCLUSÃO:** Como modelo experimental a campo sugere-se delineamento em blocos casualizados em esquema de parcela subdividida e demais variações. Ressalva-se que experimentos realizados com o formato proposto, visando estimar as perdas em plataformas universais e/ou perdas totais durante a colheita mecanizada de grãos, apresentam diversas vantagens de execução à campo e aumenta a qualidade e a confiabilidade das análises, obtendo-se resultados mais satisfatórios.

## REFERÊNCIAS

- BABU, G.J. & SINGH, K. Edgeworth expansions for sampling without replacement from finite populations, **J. Multivariate Analysis**, 17, 261-278, 1985.
- CARMO, C. A. F. S., ARAÚJO, W. S., BERNARDI, A. C. C., SALDANHA, M. F. C. Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados na EMBRAPA Solos. EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro, p.41, 2000. (Embrapa Solos. Circular Técnica; 6). ISSN 1517-5146 Disponível em: < <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/62212/1/ Metodo-de-analise-de-tecido.pdf>>. Acesso em: 09 nov. 2016.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil 2000/01/Embrapa Soja. - Londrina: Embrapa Soja/Fundação MT, 2000. 245p. (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 1516-781X; n.146) Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPSO/6112/1/doc146.pdf>>. Acesso em: 07 nov. 2016.
- EVERETT, A.C. Soybean harvesting losses with the combine. 1949. 83f. **Dissertação**; Iowa State College, Iowa - Estados Unidos, 1949.
- HAIR Jr, J.F.; BLACK, W.C.; BABIN, B.J.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L. **Análise multivariada de dados**. tradução: Adonai Schlup Sant'Anna. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. p.688.
- MAHALANOBIS, P. C. Report on the Bihar Crop Survey: Rabi Season 1943-44. **The Indian Journal of Statistics** (1933-1960), Vol. 7, No. 1, p.29-106 Ago., 1945.
- MESQUITA, C.M. Capacidade de trabalho das máquinas agrícolas. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1981. 11 p. (EMBRAPACNPSO. Série Miscelânea, 4).
- MESQUITA, C.M.; GAUDÊNCIO, C.A. Medidor de perdas na colheita de soja e trigo. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1982. 9 p. (EMBRAPA-CNPSO. Comunicado Técnico, 15).
- GOMES, P., F.; GARCIA, C.H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309p.
- QUICK, G., R., Analysis of the combine header and design for the reduction of gathering loss in soybeans. 1972. 291f. **Tese**; Iowa State College, Iowa - Estados Unidos, 1972.
- SNEDECOR G. W., COCHRAN, W. G. **Statistical Methods**. Iowa State University Press. Biometry, ed.7, 1980, p.593.
- WU, C. F. J. (1986). Jackknife, bootstrap and other resampling methods in regression analysis (with discussion), **Ann. Statist.**, v.14, n.4, p.1261-1350, 1986.
- WU, C. F. J. (1990). On the asymptotic properties of the jackknife histogram, **Ann. Statist.**, v.18, n.3, p.1438-1452, 1990.