



ERRO DE DIAGNÓSTICO EM AMOSTRAGEM ZERO-DEFEITOS COM RETIFICAÇÃO: DETERMINAÇÃO DO TAMANHO ÓTIMO DE INSPEÇÃO

Roberto da Costa Quinino

Departamento de Estatística – ICEX - UFMG

e-mail: roberto@est.ufmg.br

Linda Lee Ho

Departamento de Eng de Produção –EP- USP

e-mail: lindalee@usp.br

Resumo - Neste trabalho determinamos o tamanho ótimo de inspeção numa situação onde há presença de erro de diagnóstico numa amostragem zero-defeitos com retificação. Desenvolvemos um modelo econômico para minimizar os custos decorrentes do sistema de inspeção e dos erros de classificação. O procedimento está ilustrado através de um exemplo numérico.

Palavras-Chave: Amostragem de Aceitação; erros de classificação; custo médio total.

Abstract: In this paper we present the optimum sampling size in acceptance sampling with rectification under diagnosis errors. Its development is based on an economical model in order to minimize a cost function. A numerical example illustrates the proposed procedure.

Key-words: Acceptance sampling, diagnosis errors, cost function.

1- Introdução

Neste trabalho vamos considerar que produtos são manufaturados e avaliados através de atributos utilizando-se de uma ferramenta estatística bastante conhecida: inspeção por amostragem. Vamos considerar uma produção de lotes, cada um contendo itens. Uma amostra de tamanho n é extraída e inspecionada de cada lote. Se nenhum item não conforme for observado na inspeção todo o lote é aceito, caso contrário, todos itens do lote são inspecionados, retificados e daí, o lote é aceito. Tal procedimento é conhecido como amostragem zero defeitos com retificação. A Figura 1 ilustra este sistema de amostragem de aceitação.

Alguns trabalhos enfocando este tema podem ser encontrados na literatura. Podemos citar os trabalhos de Hahn (1986), Brush (1990), Greenberg & Stokes (1992) e Anderson (2001). Nestes trabalhos, o objetivo principal foi determinar um estimador do número de peças não conformes nos lotes aceitos. Anderson (2001) introduziram a possibilidade de o critério de classificação apresentar erros de diagnóstico, ou seja, um item é avaliado como não conforme e de fato ser conforme ou um item ser classificado como conforme e ser não conforme (maiores detalhes sobre erros de diagnósticos, vide Kotz & Wu, 1971). Estes erros podem acontecer tanto na fase da inspeção quanto na fase da retificação. Markowski & Markowski (2002) apresentaram uma metodologia para minimizar o impacto dos erros de classificação nos testes estatísticos de aceitação dos lotes.

O que vamos considerar neste trabalho é a determinação do tamanho da amostra ótimo com o intuito de minimizar custos de inspeção, custos decorrentes da presença de peças não conformes nos lotes aceitos e custos originados de classificações equivocadas. Os modelos econômicos encontrados na literatura não incluem a possibilidade de existirem erros de classificação no processo de inspeção das



peças. Assim, a consideração destes erros na determinação do tamanho ótimo da amostra constitui o foco principal do trabalho. Na Seção 2, está apresentado a notação utilizada e as hipóteses adotadas. Na Seção 3 apresentamos a função custo esperado e ilustramos o procedimento através de um exemplo numérico na Seção 4. Finalizamos o trabalho com algumas discussões que podem ser relevantes para novas aplicações e trabalhos futuros.

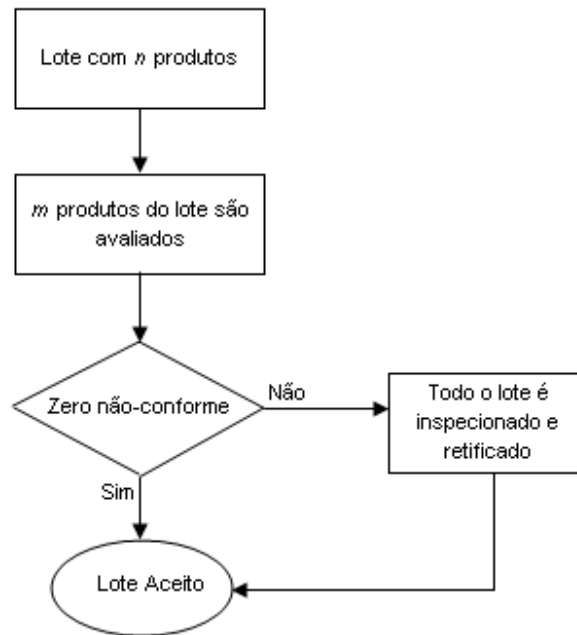


Figura 1: Sistema de Amostragem zero-defeitos com retificação

2- Notação e hipóteses do Problema

Suponha que n unidades são selecionadas de cada um dos N lotes e m unidades dentro do lote i , são independentes com probabilidade de não-conformidade p_i . Além disso, p_i varia de lote para lote seguindo uma distribuição beta com parâmetros α e β com probabilidade π e zero com probabilidade $1 - \pi$. Sejam :

- $\alpha_1 \rightarrow$ Probabilidade de declarar um produto não-conforme quando ele é na realidade conforme;
- $\alpha_2 \rightarrow$ Probabilidade de declarar um produto conforme quando ele é na realidade não-conforme;
- $c_0 \rightarrow$ custo de inspecionar um produto;
- $c_1 \rightarrow$ custo global da presença de um item defeituoso em um lote aceito sem retificação;
- $c_2 \rightarrow$ custo de julgar erroneamente um produto conforme como não-conforme;
- $X_1 \rightarrow$ Quantidade de produtos não-conformes na amostra m do lote i ;
- $X_2 \rightarrow$ Quantidade de produtos não-conformes nos $(n - m)$ produtos não amostrados para o lote i ;
- $X = X_1 + X_2 \rightarrow$ Quantidade de produtos não-conformes do lote i ;



x_1 → Quantidade de produtos declarados não-conformes na amostra do lote ;

x_2 → Quantidade de produtos declarados não-conformes nos () produtos não amostrados no lote ;

$x = x_1 + x_2$ → Quantidade de produtos declarados não-conformes no lote .

3- Modelo para Minimização dos Custos

Utilizando as premissas da Seção 2, o custo médio por lote () pode ser dividido em três componentes. A primeira (π_1) consiste no custo decorrente da inspeção das peças mais a possibilidade de inspeção das restantes. Este último fator é condicionado a se encontrar pelo menos uma peça não conforme na inspeção inicial das peças. A segunda (π_2) componente é decorrente da possibilidade de se declarar uma peça como conforme quando na realidade ela é não conforme. Isto pode provocar custos tanto quando o lote é aceito como quando não é aceito. A última (π_3) componente é decorrente de se declarar a peça não conforme quando na realidade ela é conforme. Neste caso o lote será rejeitado e para todas as peças declaradas não conformes existirá uma probabilidade de estarem sendo desnecessariamente retificadas. Assim, podemos expressar os componentes do custo como:

$$\begin{aligned} \pi_1 &= c_1 + c_2 - c_3 ; \\ \pi_2 &= c_1 [x_1=0] + c_2 [x_1>0] ; \\ \pi_3 &= c_3 [x_1>0]. \end{aligned}$$

Conseqüentemente o custo médio por lote () será expresso como:

$$\begin{aligned} \pi &= \pi_1 + \pi_2 + \pi_3 \\ \pi &= c_1 + c_2 - c_3 + c_1 [x_1=0] + c_2 [x_1>0] \\ &\quad + c_3 [x_1>0] \\ &= c_1 + c_2 - c_3 + c_1 [1 - P(x_1>0)] + c_2 P(x_1>0) \\ &\quad + c_3 P(x_1>0) \\ &= c_1 + c_2 - c_3 + c_1 [1 - P(x_1>0)] - c_1 P(x_1>0) + c_2 P(x_1>0) \\ &\quad + c_3 P(x_1>0) \end{aligned}$$



[]

[]



amostragem zero defeitos com retificação com objetivo de estimar o custo médio total. Foram utilizadas quinhentas mil corridas para $m = 26$ o que corroborou o custo médio ótimo obtido (\$847,89) uma vez que a diferença foi menor que 0,3%. A Figura 2 mostra o comportamento de π .

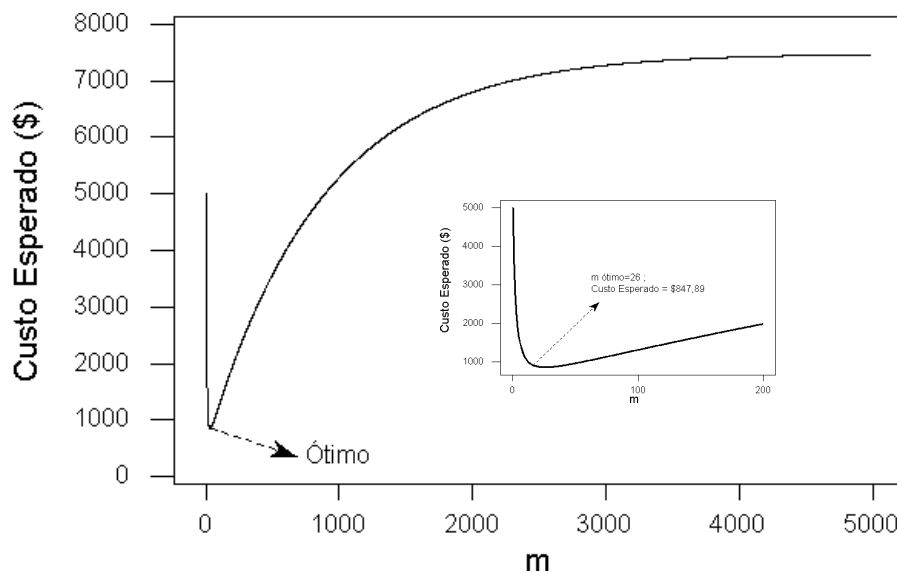


Figura 2: valores de π versus custo esperado

5 - Conclusão e Considerações Finais

Erros de classificação podem causar um significativo impacto nas conclusões sobre a determinação do tamanho ótimo da amostra em sistemas zero defeitos com retificação. Conforme este trabalho, mesmo erros de classificações muito pequenos como $\alpha = 0,01$ e $\beta = 0,01$ podem alterar significativamente o tamanho ótimo (m^*). Neste sentido, é fundamental não desprezar erros de classificação a priori. Estes devem ser incorporados ao modelo e avaliados segundo uma perspectiva econômica.

Sugestões de extensões deste trabalho podem ser realizadas em duas direções. A primeira, flexibilizando o critério inicial de aceitação do lote de zero defeitos para ≥ 0 defeitos. A segunda, realizando classificações repetidas no mesmo produto de forma a minimizar os efeitos dos erros de classificação. Neste cenário, o objetivo seria determinar os valores ótimos de m , número de classificações repetidas por produto e o valor de c que minimizariam o custo esperado.

Agradecimentos: Os autores agradecem aos revisores anônimos pela valiosa contribuição prestada para melhoria da qualidade deste trabalho



Referências Bibliográficas

- Anderson, M. A., Greenberg, B. S. & Stokes, S. L. (2001). Acceptance sampling with rectification when inspection errors are present. , **33(4)**,493-505.
- Brush, G. G., Hoadley, B. & Saperstein, B. (1990). Estimating outgoing quality using the quality measurement plan. , **32**, 31-41.
- Greenberg, B. S. & Stokes, S. L. (1992). Estimating nonconformance rates after zero defect sampling with rectification. , **34(2)**, 203-13.
- Greenberg, B. S. & Stokes, S. L. (1995). Repetitive testing in the presence of inspection errors. , **37(1)**, 102-11.
- Hahn, G. J. (1986). Estimating the percent nonconforming in the accepted product after zero defect sampling. , **18(3)**, 182-8.
- Johnson, N. L., Kotz, S.; & Wu, X. (1991). Inspection errors for attributes in quality control. Chapman & Hall, London.
- Markowski, E.P. & Markowski, C.A. (2002). Improved attribute acceptance sampling plans in the presence of misclassification error. , **139(3)**, 501-10.