

MEMÓRIAS DA ACADEMIA DAS CIÊNCIAS DE LISBOA

CLASSE DE CIÊNCIAS

TOMO XLVII
Volume 1

Papel do controlo estatístico da qualidade em indústria e serviços

M. IVETTE GOMES, FERNANDA FIGUEIREDO



ACADEMIA DAS CIÊNCIAS
DE LISBOA

LISBOA • 2020

Papel do controlo estatístico da qualidade em indústria e serviços

M. IVETTE GOMES¹

FERNANDA FIGUEIREDO²

O termo *Qualidade* é aqui identificado com *adequabilidade para uso*, i.e. os produtos devem satisfazer os requisitos dos utilizadores. Em Controlo da Qualidade somos sempre confrontados com a *Qualidade do Projecto* versus a *Qualidade de Conformidade*. É com este segundo tipo de *Qualidade* que nos preocupamos na área de *Controlo Estatístico da Qualidade* (SQC, do Inglês “*Statistical Quality Control*”). O objectivo fundamental do SQC é atingir uma garantia de qualidade em organizações de produção e de serviço, através da utilização de técnicas estatísticas convenientes.

As *características de qualidade* descrevem, isolada ou conjuntamente, a adequabilidade para uso de determinado produto ou serviço. Podem ser físicas (peso, voltagem), sensoriais (sabor, aparência, cor) ou temporalmente orientadas (função de fiabilidade). O procedimento padrão em SQC é o seguinte:

- (1) Observam-se as características de qualidade relevantes;
- (2) Comparam-se essas observações com especificações eventualmente pré-determinadas, as chamadas *normas de qualidade*;
- (3) Tomam-se ações apropriadas, quando existe diferença significativa entre o desempenho real e o desempenho *standard* ou padrão.

A *Qualidade* é sem dúvida o factor chave que conduz ao sucesso de uma organização. Para mais detalhes, veja-se Swift (1995), Montgomery (2009), Gomes *et al.* (2010, 2014), e Gomes (2011a,b), entre outros. O *Controlo Estatístico de Produção* (com custos insignificantes) ocasiona a redução nos custos de manufactura e o aumento da produtividade.

O objectivo fundamental do SQC é a *redução sistemática da variância* das características de qualidade importantes, e as técnicas estatísticas usuais em Qualidade são *Amostragem de Aceitação*, *Controlo Estatístico de Processos* (SPC, do Inglês “*Statistical Process Control*”), *Análise de Regressão*, *Análise de Variância*, *Análise de Séries Temporais*, *Fiabilidade* e *Planeamento de Experiências—Planos de Taguchi*. A evolução típica na utilização de técnicas estatísticas em SQC é a seguinte:

- (1) No nível mais baixo de maturidade, existem só aplicações modestas de métodos de *amostragem de aceitação*;
- (2) Conforme vai aumentando a maturidade, surge a intensificação da *inspeção de amostragem*;
- (3) Passa-se em seguida ao SPC, com a utilização sistemática de *Cartas de Controlo*, delineadas por outros;

¹ CEAUL and DEIO, FCUL, Universidade de Lisboa, Portugal, e-mail: ivette.gomes@fc.ul.pt

² Faculdade de Economia, Universidade do Porto e CEAUL, Universidade de Lisboa, Portugal, e-mail: otília@fep.up.pt

- (4) Quando o processo estabiliza, e a maturidade aumenta, é então usual desenvolver *Planeamentos de Experiências* e avaliar a *Fiabilidade* do produto final, o que permite otimizar os processos de controlo e produção.

Começaremos com uma breve introdução histórica.

Numa 1.^a Fase (pós *Revolução Industrial*) começou-se unicamente com a inspeção, para identificação de produtos defeituosos, prevenindo assim a sua venda aos consumidores. Numa 2.^a Fase, avançou-se com a utilização sistemática do SPC. Nos *Bell Laboratories*, Shewhart introduziu, em 1924, a primeira carta de *controlo estatístico*, a chamada *carta-Shewhart*, passando do *produto* para o *processo* (Shewhart, 1931). Dodge e Romig (1959), também nos *Bell Laboratories*, introduziram a *Amostragem de Aceitação*. Outros pioneiros foram W.E. Deming, J.M. Juran, P.B. Crosby and K. Ishikawa (veja-se Ishikawa & Jobe, 1985). Numa 3.^a Fase (Segunda Grande Guerra) garantiu-se o uso e a aceitação generalizada dos conceitos de SPC nas indústrias de manufactura. O SPC foi amplamente utilizado na indústria dos EUA durante a II Grande Guerra, sendo considerado como primordial para a derrota do Japão. Um marco importante foi a formação em 1946 da *American Society for Quality Control*, que deu grande impulso à generalização e aperfeiçoamento dos métodos de *Controlo Estatístico da Qualidade*. No pós II Grande Guerra, os EUA desenvolveram-se numa sociedade de “*desperdício*” ou de consumismo, e avançou-se para uma 4.^a Fase, onde o Japão do pós-guerra, com comida e alojamento escassos, com as suas fábricas em ruína, avaliou e corrigiu as causas do seu fracasso, e muito rapidamente se tornou mestre na *inspeção* e no SQC, tendo prosseguido com a invenção de técnicas próprias de melhoria de qualidade, e tendo atingido por volta de 1970 o comando da Qualidade. Numa 5.^a Fase, e mais recentemente, a atenção dos esforços na qualidade, que se centrava inicialmente em *bens* – produtos manufacturados ou consumidos – tem-se expandido de modo a incluir *serviços* – o desempenho do trabalho desenvolvido em benefício de outros. Esta expansão tem dado grande ênfase aos factores humanos e ao seu impacto na qualidade dos produtos. Os desenvolvimentos em termos da Qualidade estão actualmente vocacionados para a motivação dos trabalhadores (*Círculos de Controlo da Qualidade*), tendo surgido a TQM (do Inglês, “*total quality management*”). Veja-se Vardeman and Jobe (1999), entre outros. O SQC deixou de ser meramente um conjunto de instrumentos estatísticos e passou a ser toda uma maneira de pensar global dos diferentes trabalhadores de uma empresa, com o objectivo de produzir os produtos correctamente à primeira e reduzir sistematicamente a variância das características de qualidade com interesse para o processo de produção.

O SQC é hoje em dia rotineiramente usado por grandes empresas, que além dos seus próprios departamentos específicos têm periodicamente contratos com investigadores a fim de disporem de técnicas mais sofisticadas que garantam a qualidade dos seus produtos. E será fácil e sensato disponibilizar procedimentos simples associados a essas técnicas sofisticadas que ajudem pequenas e médias empresas a melhorar o desempenho, quer em linha de produção, ou serviço, ou fora dessa linha.

Quanto a instrumentos simples de garantia da Qualidade, começamos por mencionar os *Diagramas-de-Causa-Efeito* ou em *Espinha-de-Peixe*: Se pretendemos um determinado objectivo, ou se temos em mente

um certo problema de qualidade, devem ser esquematizados todos os possíveis factores que levam a esse objectivo ou a esse problema, num esquema do tipo:

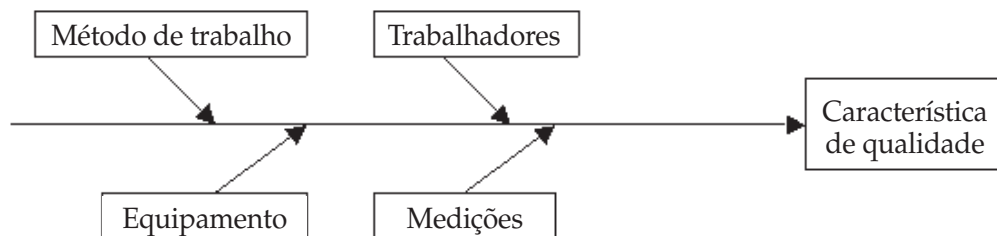


FIGURA 1.
Diagrama em Espinha-de-Peixe.

Mencionamos ainda os *Fluxogramas* ou *Organigramas*, um instrumento para identificação do processo ou para deteção de problemas, que nos mostra os passos cronológicos de determinada operação.

Os *Diagramas de Pareto* são também métodos gráficos relevantes em SPC. Admitamos que o nosso interesse reside na classificação da *causa subjacente* a uma avaria em determinada linha de produção. As classes ou categorias são, por exemplo: falta de experiência na monitorização em linha de produção; falta de experiência na gestão; experiências não-equilibradas; incompetência; outras causas (tais como negligência e fraude); razões desconhecidas. Trata-se de uma variável qualitativa, e face à variável de interesse, a *causa subjacente* a uma avaria, podemos facilmente construir uma tabela de frequências, onde a ordenação das categorias é arbitrária. Em aplicações da Qualidade faz sentido ordenar as causas por *ordem decrescente* de frequências de ocorrência, começando com a causa mais comum, e terminando na menos comum. A tabela de frequências neste caso particular é dada por:

Causa subjacente	Fr.	Fr. rel.	Prop. cum.
Incompetência	698	.477	.477
Experiências não-equilibradas	314	.215	.692
Falta de experiência da gestão	236	.161	.853
Falta de experiência em linha	111	.076	.929
Razão desconhecida	83	.057	.986
Outras causas	21	.014	1.000
Totais	1.463	1.00	

O *Diagrama de Pareto* é um gráfico de barras, usualmente verticais, em que as barras são colocadas da esquerda para a direita por ordem *decrescente* de altura. Os *gráficos de Pareto* são instrumentos gráficos muito populares em *Controlo da Qualidade*. As alturas das barras representam muito frequentemente as frequências dos problemas existentes num processo de produção (número de defeituosos, acidentes, falhas, avarias,...). Uma vez que as barras são colocadas em ordem descendente de altura, é então fácil identificar as áreas com problemas mais severos.

Na **Figura 2** apresentamos um *diagrama de Pareto* para os dados da tabela anterior. Para além das barras ordenadas decrescentemente, aparece a *proporção cumulativa* de falhas—a linha “cum”.

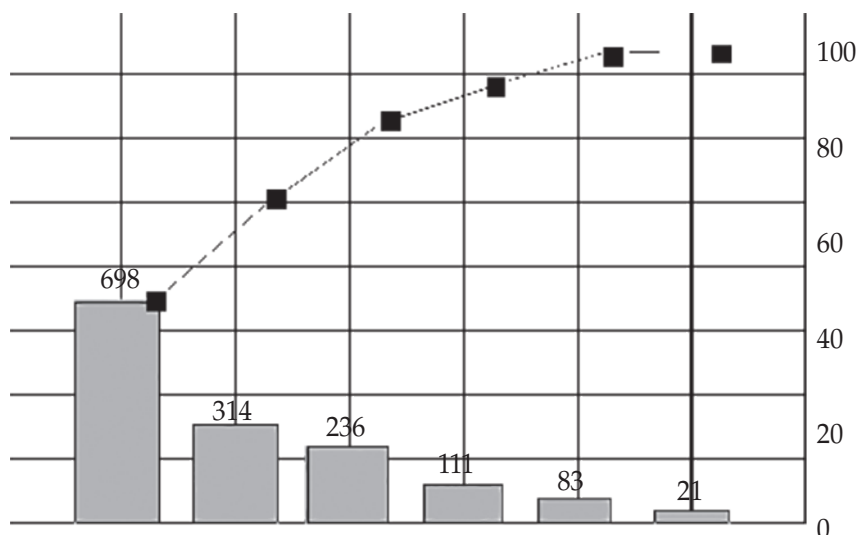


FIGURA 2.
Diagrama de Pareto associado ao processo de avarias.

O objectivo essencial de um *Diagrama de Pareto* é o de estabelecer prioridades entre as diferentes causas de problemas possíveis.

Quanto a instrumentos adicionais de garantia da Qualidade, começamos por mencionar o *Histograma*, gráfico de barras verticais, imagem estatística da *função densidade de probabilidade* de uma variável quantitativa, que tem como objectivo mostrar a forma da distribuição subjacente a um conjunto de dados quantitativos. O primeiro passo para construção do histograma é a definição dos *intervalos classe* (categorias) a que irão pertencer os dados, face a uma *amplitude de intervalos classe* convenientemente escolhida e baseada na amostra a que temos acesso.

Mencionamos em seguida o *papel de probabilidade* (Q-Q plot) – método gráfico de seleção de modelos. Este método, com modificações convenientes, pode ser usado para dados contínuos ou discretos, completos ou censurados, e é um método de linearização da função de distribuição (fd). Face à amostra ordenada ascendentemente, $(x_{1:n}, x_{2:n}, \dots, x_{n:n})$, e para um modelo $F(x)=F((x-\lambda)/\delta)$, represente-se graficamente a nuvem de pontos:

$$(x_{i:n}, y_i = F^{-1}(i/(n+1)) =: F^{-1}(p_i)), 1 \leq i \leq n.$$

Se o gráfico resultante mostrar que existe uma relação linear entre $x_{i:n}$ e y_i temos uma validação informal da forma da distribuição $F(\cdot)$, postulada. A intersecção com o eixo das abcissas e a inclinação da reta fornecem-nos então estimativas grosseiras de λ e δ . Mais geralmente, a relação linear poderá ser entre uma função de $x_{i:n}$ e uma função de p_i . Quando o gráfico em *Papel de*

Probabilidade é nitidamente não linear, resultando consequentemente a rejeição do modelo postulado $F(\cdot)$, podemos obter informação adicional a partir do gráfico. Para mais detalhes veja-se, por exemplo, Bury (1975). Acrescentamos no entanto algumas mensagens rápidas fornecidas por um *QQ-plot*:

- (1) Se aparecerem duas linhas com diferentes inclinações e/ou interseções com os eixos, a população subjacente deverá ser uma mistura de duas populações com a mesma forma distribucional, F , mas com diferentes escalas, e possivelmente localizações também diferentes;
- (2) Uma relação linear na parte central do gráfico, com desvios ligeiros numa das extremidades (ou em ambas), indica a possibilidade de a amostra ter sido censurada em uma (ou ambas) as pontas, sem nosso conhecimento. Pode ainda significar a truncatura do modelo subjacente;
- (3) Um gráfico convexo pode significar que a fd subjacente é mais assimétrica para a direita do que a fd postulada ou que não se especificou no modelo um parâmetro de localização superior não nulo (neste caso, a substituição de $x_{i:n}$ por $x_{n:n} - x_{i:n}$ no *QQ-plot*, conduzir-nos-á a uma relação linear);
- (4) De forma semelhante, um gráfico côncavo pode significar que a fd subjacente é mais assimétrica para a esquerda do que a fd postulada ou que não se especificou no modelo um parâmetro de localização inferior não nulo (neste caso, a substituição de $x_{i:n}$ por $x_{i:n} - x_{1:n}$ no *QQ-plot*, conduzir-nos-á a uma relação linear).

Mencionamos finalmente as *cartas de controlo*. Tratam-se de gráficos bi-dimensionais em que o tempo é marcado numa escala horizontal, sendo marcada na escala vertical uma quantidade numérica de interesse (uma medida de qualidade ou qualquer outra variável associada ao processo em estudo). Os pontos marcados são então usualmente ligados por segmentos de recta, com gráficos do seguinte tipo:

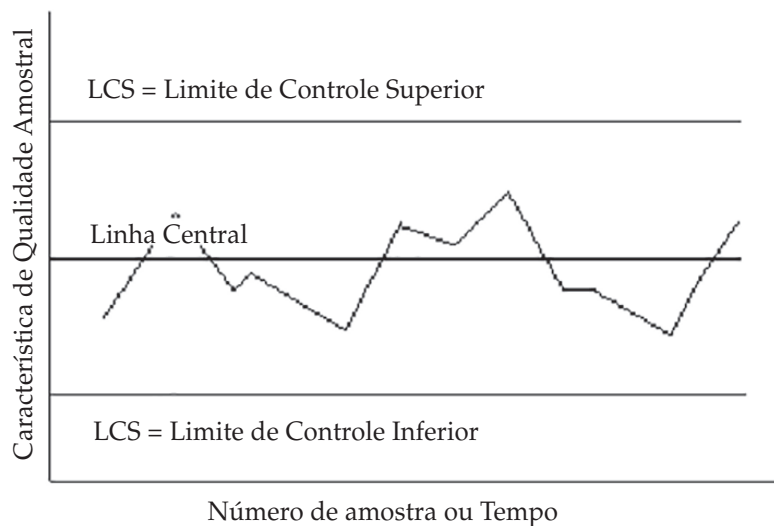


FIGURA 3.
Carta de Controlo.

E avançaremos com uma breve introdução às *cartas de controlo*. Em qualquer processo de produção, independentemente de este ter sido cuidadosamente planeado e mantido, existe sempre uma quantidade

inerente de variabilidade. Com o objectivo de diferenciar entre as inevitáveis *causas aleatórias* e as *causas determinísticas* num processo de produção, Shewhart inventou, em 1924, a primeira *carta de controlo*. Trata-se de um método gráfico que permite facilmente detectar a presença de causas determinísticas. Se só há intervenção de causas aleatórias, diz-se que o processo está sob controlo estatístico (estado IN), e deixa-se o processo de produção continuar. Se estão presentes causas determinísticas, diz-se que o processo está fora de controlo estatístico (estado OUT), devendo-se então detectar e eliminar tais causas, sem obviamente interromper o processo. Uma *carta de controlo* é afinal um teste, efectuado ao longo do tempo de:

$$H_0: \text{estado IN} \quad \text{versus (vs)} \quad H_1: \text{estado OUT},$$

com base numa estatística adequada e simples, W .

Em linhas gerais é a seguinte a metodologia básica da *carta de controlo*:

- (1) Efectua-se a amostragem do processo ao longo do tempo e representa-se graficamente uma medida W associada ao processo, uma *média*, uma *percentagem*, um *máximo*;
- (2) Face à(s) estatística(s) escolhida(s), determine-se então, com base em metodologia estatística adequada, e eventualmente com base em dados previamente recolhidos, uma *Linha Central* (LC), e duas outras linhas, chamadas *Limite de Controlo Superior* (LCS) e *Limite de Controlo Inferior* (LCI);
- (3) Os dados recolhidos deverão ser analisados estatisticamente e a *Análise Preliminar de Dados* em Controlo da Qualidade é essencialmente gráfica –*Histogramas* e *Papel de Probabilidade*.

Se existirem *medições fora dos limites de controlo*, detecta-se a causa determinística que provocou essa situação, e procura-se a melhor forma de a remover. Se as *medições estão dentro dos limites de controlo*, não se toma, em princípio, nenhuma ação, ou melhor, continua-se a produção de forma regular. No entanto, mesmo que os pontos caiam todos dentro dos limites de controlo, se eles se comportarem de uma forma não aleatória, existe uma indicação de que o processo está fora de controlo, i.e., está no estado OUT. Se a razão do aparecimento de tal configuração puder ser encontrada e eliminada, isso contribuirá para uma melhoria no processo de produção. Os *Testes de Aleatoriedade* aplicados aos pontos da carta de controlo têm pois importância fundamental em SQC. Como já se disse, existe uma relação íntima entre as *cartas de controlo* e os *testes de hipóteses*. Essencialmente, a *carta de controlo* é um teste da hipótese H_0 : O processo está em controlo (IN) *vs* H_1 : O processo está fora de controlo (OUT), efectuado ao longo do tempo, de forma perpétua. Temos mais uma vez em jogo a probabilidade α do *erro de tipo I*, i.e. decidir pelo estado OUT quando o estado é IN, denominada *risco- α* ; e a probabilidade β do *erro de tipo II*, i.e. decidir pelo estado IN quando o estado é OUT, denominada *risco- β* .

Mencionaremos o exemplo mais simples de uma *carta de controlo*, associado a um *processo de manufatura de segmentos de motor*. A *característica de qualidade* com interesse é o *diâmetro exterior* desses segmentos, denotado por X . O processo deve ser controlado com um diâmetro externo médio de 74 mm, e sabe-se que o desvio do anel deve ser de 0.01 mm (face a conclusões de uma análise prévia de dados ou a normas de gestão). Um modo possível de proceder é com a utilização da Carta-Shewhart: cada meia hora coleciona-se uma amostra de 5 segmentos, e calcula-se a média dos seus diâmetros externos

($\bar{x}_5$), marcando-se esses valores numa *carta de controlo de médias* (carta- $\bar{X}$). Os limites de controlo poderão ser determinados, com base na *normalidade* dos dados. Sob H_0 , em que se admite que X é Normal($\mu = 74, \sigma = 0.01$), $\bar{X}$ é Normal($\mu_{\bar{x}} = 74\text{mm}, \sigma_{\bar{x}} = 0.01/\sqrt{5} = 0.0045$). Em estado IN é de esperar que $100(1-\alpha)\%$ dos diâmetros médios amostrados caiam entre $74 + 0.0045 \chi_{\alpha/2}$ e $74 - 0.0045 \chi_{\alpha/2}$ com $\chi_{\alpha/2} =$ quantil- $\alpha/2$ de uma Normal(0,1). Para $\alpha=0.002$ (valor usual na literatura inglesa), virá $\chi_{\alpha/2} = -3.09$, e consequentemente, ter-se-ão os *limites de controlo*, $LCS_{0.002} = 74.0139$, $LCI_{0.002} = 73.9861$. Na literatura americana, e em situações de normalidade, é usual considerar os *limites de controlo 3-sigma*, $LCS = 74.0135$, $LCI = 73.9865$.

O fundamental das *cartas de controlo* é pois encontrar estatísticas convenientes, por vezes devido à sua simplicidade de cálculo, cuja distribuição de amostragem seja conhecida, sob a validade de controlo estatístico, de forma a podermos determinar com facilidade os limites de controlo, que fornecerão um *intervalo de confiança* para uma medida de localização ou dispersão dessa estatística. As estatísticas mais frequentemente usadas são, para características de qualidade qualitativas, as *percentagens* e os *totais*, e para características de qualidade quantitativas, a *média*, o *desvio padrão empírico*, a *amplitude*, e *estatísticas ordinais* superiores e inferiores, incluindo obviamente o *máximo* e o *mínimo*.

A escolha dos *parâmetros* envolvidos nas Cartas de Controlo – dimensão n das amostras a recolher (os chamados *subgrupos racionais*), intervalo h de amostragem, e limites L de controlo – são pontos fundamentais a tratar em SPC. O tipo de amostragem a efectuar é também muito importante. Consideremos, por exemplo, um processo de produção, em que se leva uma quantidade de tempo bastante razoável para produzir uma única peça a ser medida. Nessas condições as *Médias Móveis* e as *Amplitudes Móveis* fornecem medidas simples, correntes, de localização e dispersão. De modo análogo poderemos falar em Cartas de Controlo de *Mínimos* e *Máximos Móveis* (veja-se Figueiredo & Gomes, 2000, entre outros). Pode-se pois induzir dependência (ou não) entre as estatísticas sumárias obtidas nos diferentes instantes de inspeção.

Principais características primárias. Face a uma estatística de controlo W , a que está associada uma região de continuação $C := (LCI, LCS)$, sendo $\theta = \theta_0$ o estado IN, temos:

- (1) Risco- $\alpha = P(W \in C) | \theta = \theta_0$;
- (2) Curva Característica = $\beta(\theta)$, $\beta(\theta) = P(W \in C | \theta)$, $\theta \in \Theta$, $\beta(\theta_0) = 1 - \alpha$;
- (3) NSS ou RL (“*Number of Samples to Signal*” ou “*Run Length*”) – número de amostras recolhidas desde o instante de (re)início do processo (instante 0) até ao instante em que é emitido o sinal de perda de controlo. Deverão ser contabilizadas a amostra recolhida no instante de (re)início do processo de produção, bem como as recolhidas posteriormente, excluindo-se a amostra responsável pela emissão do sinal;
- (4) ANSS ou ARL = $\mathbb{E}[\text{NSS}]$, onde $\mathbb{E}(\cdot)$ denota o operador de valor médio;
- (5) TS (*Time to Signal*) – tempo decorrido desde o (re)início do processo até ao instante em que é recolhida a amostra responsável pela emissão de sinal de perda de controlo;
- (6) ATS (*Average Time to Signal*) = $\mathbb{E}[\text{TS}]$.

Como $\text{NSS} = \text{NSS}(\theta)$ é uma variável aleatória geométrica, de suporte $\{1, 2, \dots\}$, e de parâmetro $(1 - \beta(\theta))$, tem-se $\text{ANSS}(\theta) = 1 / (1 - \beta(\theta))$, qualquer que seja a política amostral adoptada. O mesmo não acontece com o TS e o ATS.

As principais *políticas de amostragem* são:

- (1) *Política FSI* – Os intervalos de amostragem (intervalos entre qualquer par de observações consecutivas da estatística de controlo) são fixos e iguais a d , com $d > 0$;
- (2) *Política VSI* – Os intervalos de amostragem variam, dependendo da localização das observações recolhidas. Se o valor da estatística sumária estiver muito afastado da linha central, mas não o suficiente para se emitir sinal de perda de controlo, *antecipa-se* a recolha de uma nova amostra. Se o valor da estatística sumária se encontrar perto do alvo da carta de controlo, *atrasa-se* o instante de recolha da próxima amostra.

O próprio processo em observação pode ser *correlacionado*.

E muito mais haveria a dizer para além das políticas FSI e VSI, envolvendo a consideração de modelos não normais em SPC (Figueiredo & Gomes, 2013; Figueiredo *et al.*, 2014, 2016), de métodos robustos em SPC (Figueiredo & Gomes, 2002, 2004a,b; 2006a,b; 2008; 2009; 2016) e a utilização da metodologia *bootstrap* (Efron, 1979) no delineamento de cartas de controlo (Figueiredo & Gomes, 2015).

AGRADECIMENTOS

Investigação parcialmente financiada por Fundos Nacionais, FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, projeto UID/MAT/00006/2013 (CEA/UL).

REFERÊNCIAS

1. Bury, K.V. (1975). *Statistical Models in Applied Science*, John Wiley and Sons.
2. Dodge, H.F. & H.G. Romig (1959). *Sampling Inspection Tables, Single and Double Sampling*, 2nd edition. John Wiley & Sons.
3. Efron, B. (1979). Bootstrap methods: another look at the jackknife. *Ann. Statist.* 7, pp. 1-26.
4. Figueiredo, F. & M.I. Gomes (2000). "Carta de máximos móveis e de somas móveis como alternativa a uma carta de valores individuais". Em P. Oliveira & E. Athayde eds., *Um Olhar sobre a Estatística*, pp. 134-145, Edição S.P.E.
5. Figueiredo, F. & M.I. Gomes (2002). Transformação de dados em Controlo Estatístico de Qualidade. In Carvalho, L. et al. (eds.), "Novos Rumos em Estatística", pp. 247-258, Edições S.P.E.
6. Figueiredo, F. & M.I. Gomes (2004a). "Estimação robusta dos limites de uma carta de controlo". In Rodrigues, P. et al. (eds.), *Estatística com Acaso e Necessidade*, pp. 249-257, Edições S.P.E.
7. Figueiredo, F. & M.I. Gomes (2004b). The total median in Statistical Quality Control. *Applied Stochastic Models in Business and Industry* 20:4, pp. 339-353.
8. Figueiredo, F. & M.I. Gomes (2006a). "Box-Cox transformations and robust control charts in SPC". In Pavese et al. (eds.), *Advanced Mathematical and Computational Tools in Metrology VII*, pp. 35-46, World Scientific, New Jersey.
9. Figueiredo, F. & M.I. Gomes (2006b). "Cartas de controlo e transformações de Box-Cox". In Canto e Castro, L. et al. (eds.), *Ciência Estatística*, pp. 377-388, Edições S.P.E.
10. Figueiredo, F. & M.I. Gomes (2008). "Monitorização de um processo de produção de rolas – comparação da performance das cartas de controlo tradicionais com a de cartas robustas". In Hill, M.M. et al. (eds.), *Estatística: da Teoria à Prática*, pp. 245-258, Edições S.P.E.
11. Figueiredo, F. & M.I. Gomes (2009). Monitoring industrial processes with robust control charts. *Revstat* 7: 2, pp. 151-170.
12. Figueiredo, F. & M.I. Gomes (2013). "The skew-normal distribution in SPC". *Revstat* 11:1, 83-104.
13. Figueiredo, F. & M.I. Gomes (2015). "Control charts implemented on the basis of a bootstrap reference sample". In Filius, L. et al. (eds.), *Stochastic Modeling, Data Analysis and Statistical Applications*, ISAST editions, pp. 505-514.
14. Figueiredo, F. & M.I. Gomes (2016). The total median statistic to monitor contaminated normal data. *Quality Technology and Quantitative Management* 13:1, pp. 78-87.
15. Figueiredo, F., Gomes, M.I. & A. Figueiredo (2014). "Monitoring the shape parameter of a Weibull distribution". In Gilli, M. et al. (eds.), *Proceedings of COMPSTAT 2014*, pp. 395-402, The ISI/IASC editions.
16. Figueiredo, F., Figueiredo, A. & M.I. Gomes (2016). "Distribuição de Pareto inflacionada em Controlo Estatístico da Qualidade". In C. Cordeiro et al. (eds.), *Estatística: Progressos e Aplicações*, Atas do XXII Congresso da Sociedade Portuguesa de Estatística, pp. 137-150, UAlg and SPE editions.
17. Gomes, M.I. (2011a). "Acceptance Sampling". In Lovric, M. (ed.), *International Encyclopedia of Statistical Science*, Part 1, pp. 5-7, Springer.
18. Gomes, M.I. (2011b). "Statistical Quality Control". In Lovric, M. (ed.), *International Encyclopedia of Statistical Science*. Part 19, pp. 1459-1463, Springer.
19. Gomes, M.I., Figueiredo, F. & M.I. Barão (2010). *Controlo Estatístico da Qualidade*, 2.ª edição, Edições S.P.E./I.N.E.
20. Gomes, M.I., Figueiredo, F. & A. Figueiredo (2014). "Controlo Estatístico da Qualidade em Indústria e Serviços". In Tomaz Denthinho (ed.), *Livro de Atas do II Congresso de Ciência e Desenvolvimento dos Açores e VII Congresso de Gestão e Conservação da Natureza*, pp. 42-49, Universidade dos Açores, Angra do Heroísmo.
21. Ishikawa, S.B. & J.M. Jobe (1985). *What is Total Quality Control. The Japanese Way*, Prentice-Hall.
22. Montgomery, D.C. (2009). *Statistical Quality Control: a Modern Introduction*. Wiley.
23. Shewhart, W.A. (1931). *Economic Control of Quality of Manufactured Product*, Van Nostrand, New York.
24. Swift, J.A. (1995). *Introduction to Modern Statistical Quality Control and Management*, St. Lucie Press.
25. Vardeman, S. & J.M. Jobe (1999). *Statistical Quality Assurance Methods for Engineers*, John Wiley & Sons.

(COMUNICAÇÃO APRESENTADA À CLASSE DE CIÊNCIAS
NA SESSÃO DE 5 DE JANEIRO DE 2017)