



## 15° Congresso de Iniciação Científica

### INVESTIGAÇÃO DAS INFLUÊNCIAS DAS INCERTEZAS/ ERROS DE MEDIÇÃO NAS DECISÕES DA QUALIDADE BASEADA EM TÉCNICAS DE CEP

#### Autor(es)

---

BRUNNA SOUSA RODRIGUES

#### Orientador(es)

---

Álvaro José Abackerli

#### Apoio Financeiro

---

FAPIC

#### 1. Introdução

---

Montgomery (2004) traz uma visão prática do conceito de qualidade associada à melhoria contínua de produtos e processos produtivos. Os produtos finais não possuem características idênticas, porém considera-se difícil e de alto preço fornecer ao consumidor produtos que tenham características de qualidade sempre idênticas, sem variações. Estas variações podem ser categorizadas em termos de causas comuns e/ou especiais. As comuns variam dentro de uma gama previsível, caracterizando um processo estável; as especiais resultam de eventos imprevisíveis como não-conformidades de matéria-prima, uma ferramenta quebrada, etc. (GRAÇA, 1996). O CEP trabalha com ferramentas que medem o grau de ambos os tipos de variações com a meta de eliminar completamente as causas especiais e, tratar as causas comuns para reduzi-las com o passar do tempo. Os gráficos de controle e estudos de capacidade são as principais ferramentas que descrevem o processo graficamente. Os gráficos de controle oferecem vantagens pois são simples de serem elaborados, podendo ficar a cargo do próprio operador de um equipamento. Permitem um ajuste contínuo do processo para mantê-lo. O estudo da capacidade dos processos segue o estudo dos gráficos de controle. Após a eliminação das causas especiais se avalia se o processo é capaz de atender especificações de determinada característica de qualidade. Os resultados podem ser traduzidos nos índices de capacidade. Quando processos aparecem fora de controle, em primeiro lugar se questiona a "precisão" dos aparelhos de medição. O problema é que a maioria das técnicas convencionais de CEP não considera os erros da instrumentação de controle. Assim, os erros e as incertezas contidas nos resultados das medições não são convencionalmente usados nos cálculos de CEP e, por isso, geram desempenhos aparentes do processo que não correspondem à sua real qualidade. Estudos que abordam o tema da influência de erros e/ou incertezas de medição nos gráficos e nos índices de capacidade têm sido divulgados, o que mostra a importância do assunto no meio científico e para as organizações que tomam

Este trabalho investiga trabalhos científicos sobre técnicas de garantia da qualidade baseadas em medições, o CEP. Ainda não se tem uma visão clara de quais estudos científicos foram feitos sobre estes problemas e quais soluções são empregadas em casos reais de controle da qualidade. Por isso, busca-se um panorama geral do cenário de pesquisa que envolve o tema. sob controle; oferecem uma visão gráfica do andamento do processo e permitem avaliar a sua capacidade (IRWIN, 1965). decisões baseadas em medições confiáveis.

## 2. Objetivos

---

Recuperar discussões teóricas recentes das relações CEP x incertezas/erros de medição; Definir estratégia de busca bibliográfica; Sistematizar a literatura na forma de uma revisão teórica; Analisar a literatura.

## 3. Desenvolvimento

---

A pesquisa proposta possui as seguintes características: origem relacionada ao questionamento que investiga qual o estado da arte atual no tema e qual a influência das incertezas/erros de medição no CEP; Sua proposta é analisar como as pesquisas já divulgadas tratam o assunto em questão; Pretende-se sistematizar a busca do material de forma a garantir que se tenha em mãos os principais documentos para análise; Permitir que, por meio desta análise, seja realizado o delineamento das relações CEP x incertezas/erros e fornecer o panorama atual de pesquisa que envolve o tema. Diante destas características, baseado em Gil (1995), a pesquisa é: Bibliográfica: devido a fase de recuperação da literatura; Qualitativa: onde o tema é estudado em seu cenário natural com a finalidade de interpretar diferentes estudos e onde os procedimentos metodológicos são diretamente aplicados em toda a operacionalização e interpretação dos artigos. Básica: pois acumula conhecimentos e informações que poderão eventualmente levar a resultados acadêmicos ou aplicações importantes. Para análise de textos utiliza-se o método hipotético dedutivo que permite partir do cenário geral da temática e chegar ao específico, mostrando suas ligações com as práticas convencionais de CEP. Para acessar e identificar as fontes de informação foram analisados As informações resgatadas são arquivadas no computador ou em forma impressa para passarem por análises.

METODOLOGIA alguns trabalhos previamente selecionados que tratam do tema, para procurar e identificar outras pesquisas divulgadas em fontes disponíveis com este fim. Estas são acessadas em sites que disponibilizam mecanismos de busca, entre os quais foi dada atenção especial ao Portal de Periódicos CAPES. Para encontrar o maior número de termos utilizados pelos autores, por meio do Tesaurus foi possível ampliar o número de palavras-chave limitando o menos possível a recuperação de artigos pertinentes ao tema. Combinou-se os termos de busca com os operadores booleanos onde também há possibilidade de usar truncagem, busca por frase e por campo. Dividiu-se a estratégia para conduzir o uso da base de dados eficientemente. Parte dela consiste no agrupamento de termos de busca, específicos do assunto abordado. Outra técnica para formulação da estratégia foi a por "crescimento da pérola de citação onde o primeiro termo Algumas bases de dados de resumos, incluindo o Web of Science é uma pérola que conduz a outras citações permitindo crescimento do resultado de busca. , possuem em suas referências links para os textos completos das publicações eletrônicas assinadas pela CAPES e também para alguns catálogos, dos quais foi utilizado o Catálogo Coletivo de Publicações Seriadas – CCN. Os documentos importantes para a pesquisa que não estão disponíveis no Portal podem ser obtidos por meio de programas de comutação bibliográfica, COMUT, que localiza publicações periódicas no Brasil e no exterior e fornece cópias mediante pagamento.

## 4. Resultados

---

5 Resultados e Discussão Os documentos recuperados a partir da estratégia elaborada estão organizados nas tabelas a seguir (ANEXO). Os documentos com texto completo foram analisados conforme se pode verificar na próxima seção 5.1 Análise da Literatura Recuperada Silva; Donatelli (2003) por simulação

computacional avaliaram a influência do processo de medição nas cartas de controle de valores individuais em processos fora do alvo. Com demonstrações por simulações computacionais, concluíram que os erros sistemáticos não possuem influência significativa na sensibilidade da carta, mas os erros aleatórios e resolução com que se registram os dados foram identificados como fontes bem influentes. Linna et al. (2001) apresentam um modelo de correlação de variáveis com erros de medição. Para análise da performance das cartas de controle desenvolve-se equações e gráficos avaliando-se os erros. Concluem que para gráficos multivariados, dependendo da direção dos vetores do gráfico, torna-se mais aparente o erro nos dados gerados, alterando o poder do gráfico em detectar mudanças no processo. Chen et al. (2006) consideram um projeto estatístico econômico para medições em condições não normais. Essa não normalidade tem efeito significativo no momento de se determinar alguns parâmetros e concluem que isso não deve ser ignorado. Os autores (BORDGNON; SCAGLIARINI, 2002; PEARN et al., 2005) estudam a influência dos erros nos índices de capacidade e chegam a conclusão que estes são superestimados quando a amostra utilizada está contaminada por erros. Baldo; Donatelli (2003) investigam o comportamento dos índices Cp e Cpk quando seus valores são estimados por medições "imprecisas" em amostras aleatórias de diferentes tamanhos. Criou-se um modelo de simulação com objetivo de calcular o valor da incerteza. Chegou-se a conclusão que a correção dos valores dos índices de capacidade usando o valor da incerteza de medição é válido para os valores industrialmente aceitos da incerteza. O efeito da medição pode ser mais relevante que o efeito da medição referente ao tamanho da amostra. Bordgnon; Scagliarini (2001) estudaram também o efeito dos erros de medição, porém nos índices de capacidade de processo. Fizeram uma análise ilustrativa com relação ao Cp e ao Cpk. Concluem, por meio de que não deve haver preocupação com a influência dos erros pois possuem pouca influência nos valores dos índices de capacidade. Baldo; Donatelli (2003) os autores salientam a clara distinção entre as contribuições sistemáticas e aleatórias e alertam aos metrologistas sobre esta distinção. Os trabalhos de (DANOTELLI, 2004; KONRATH et al. , 2005) destacam o problema do erro nos sistemas de medição e suas possíveis consequências.

## 5. Considerações Finais

---

A metodologia possibilitou adotar critérios de seleção dos artigos, investigar os instrumentos de análise apresentados e realizar o processo de análise do material. A revisão da literatura foi realizada de forma a dar uma visão geral do trabalhos no meio científico sobre o tema proposto. Percebe-se que atualmente um maior número de artigos têm sido divulgados pois a busca pela qualidade nos processos produtivos tem aumentado. O número de autores que pesquisam a influência dos erros de medição no CEP é maior que aqueles que buscam estudar a influência das incertezas de medição, embora ambos os fatores contribuam de forma significativa nos resultados dos dados obtidos por meio das ferramentas de controle. Porém ainda não se desenvolveu uma solução global para o problema, até mesmo porque os processos produtivos possuem características intrínsecas ao tipo de produto fabricado, e cada organização procura níveis de melhoria de formas diferentes.

## Referências Bibliográficas

---

BALDO, C. R.; DONATELLI, G.D. **Metrologia para Vida. Avaliação da Capacidade de Processos: Efeito da Amostragem e da Incerteza de Medição**. Recife, Pernambuco, set. 2003.

BALDO; DONATELLI. **Avaliação da capacidade de processos: efeito da amostragem e da incerteza de medição**. Anais Metrologia 2003; 1; 1; 1; 1; 7; Metrologia 2003; Recife/PR; BRASIL; Português; ; Meio digital; ; .

BORDIGNON, S; SCAGLIARINI, M. **Statistical analysis of process capability indices with measurement errors**. Qual. Reliab. Engng. Int. 2002; 18: 321-332 (DOI: 10.1002/qre.464)

BORDGNON ; SCAGLIARINI. **Statistical Analysis of Process Capability Indices with Measurement**

**Errors: the case of Cp** . Statistical Methods & Applications; 2001, 10: 273-285.

CAMPELLO, Bernadete Santos et al., **Fontes de Informação para Pesquisadores e Profissionais**. Belo Horizonte, Editora UFMG, 2000.

CHEN H. et al. Non-normality effects on the economic – statistical design of X charts with Weibull in control time, 2007.

DONATELLI, G. D. et al. The Influence of Measurement Errors on the Values of Process Capability Indices. Florianópolis.

DONATELLI, G. **Quality Assurance of Industrial Measurements**. VDI Berichte, numb.1860, pg. 297-316, 2004.

DONATELLI, G. **Quality Assurance of Industrial Measurements. Tribulations of a Pactioner** . Florianópolis.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1995.

GRAÇA, J. C. **O CEP acaba com as variações?** Revista Controle da Qualidade. Editora Banas. São Paulo, pg. 84-85,1996.

HAWKINS, D. T. **Multiple database searching: techniques and pitfalls**. *Online*, v. 2, n. 2, p. 1-15, 1978.

IRWIN, R. D. **Quality Control and Industrial Statistics**. Library of Congress. Homewood, Illinois,1965.

KIM K. S. et al. **Control Charts for Random and Fixed Components of Variation in the Case of Fixed Wafer Locations and Measurement Positions**, IEE transactions on Semiconductor Manufacturing, 1999.

KONRATH, A. C.; DONATELLI, G. D. **Efeito da Incerteza de Medição no controle estatístico de processos**. In: 3º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, 2005.

LINNA, K. W. **The performance of Multivariate Control Charts in the Presence of Measurement Error**. Journal of Quality Technology; Jul 2001; 33,3; ABI/INFORM Global. Pg.349.

MARAEKAKIS, P. et al. **EWMA Chart and Measurement Error**. Journal of Applied Statistics, vol. 31, nº 4, 445-455, May 2004.

MACII, David et al. **Management of Measurement Uncertainty for Effective Statistical Process Control**. IEE Transactions on Instrumentation and Measurement , vol. 52, nº5.2003.

MARAVELAKIS E.P. et al., **EWMA Chart and Measurement Error**, Journal of Applied Statistics,2004.

MONTGOMERY, D.C.: **Introduction to Statistical Quality Control**. 5.ed. sep.2004. PEARN, M. et al. **Testing process capability based on C pm in the presence of random measurement errors**. *Journal of Applied Statistics*, 2005, vol. 32, issue 10, pages 1003-1024.

REIS, S.M. **Heteroscedastic latent variable modelling with applications to multivariate statistical process control**, Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems 80,2006.

RIBEIRO, J. L. & CATEN, C. T. **Controle Estatístico do Processo**. Apostila do Curso de Pós-Graduação

em Engenharia de Produção. Editora da UFRGS, 1998.

SALOMON, Délcio Vieira. **Como fazer uma monografia**. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

SAMOHYL, R. W. et al. Uma aplicação de gráficos de controle para a manutenção de máquinas (**An application of Control Charts for Machine Maintenance**) In: XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção- VIII International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Curitiba, 2002.

SANDERS F.F. **Handling process disturbances and measurement errors**, ISA Transactions, 1995.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. 22ª edição, São Paulo: Cortez, 2002.

SILVA, E. L. S. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 3ed. Florianópolis 2001.

SILVA, J. C. H.; DONATELLI, G. D. **Efeito da Incerteza de Medição na Sensibilidade da Carta de Controle de valores Individuais**. Metrologia para a Vida Sociedade Brasileira de Metrologia (SBM) 2003.

SILVA J.B.R. **Worst case uncertainty estimates for routine instrumental analysis**. The Royal Society of Chemistry, 2002.

SILVA J. N. B. R. **Validation and quality control schemes based on the expression of results with uncertainty**, 1999.

SHU, L. et al. **Effects of estimation errors on cause – selecting charts**. IEE Transactions, 2005,37, 559-567.

WECKENMANN A. **Acceptance of processes: do we need decision rules?** Journal of the International Societies for Precision Engineering and Nanotechnology, 2000.

## Anexos

---

Título	Autores	Número de Citações	Ano
<b>Artigos sem Texto Completo encontrados no CCN ou Comut</b>			
Control Charts for Short runs- Nonconstant Process and Measurement error	Farnaum NR	3	1992
Determining measurement error requirements to satisfy statistical process control requirements	Shore H	0	2004
Effect of measurement error on Shewhart control charts	Linna KW, Woodall WH	4	2001
Estimation of Cp for autocorrelated data and measurement errors	Sacagliarini M	1	2002
Effect of uncertainty components such as recalibration on the performance of quality control charts	Winkel P, Zhang NF	0	2005
How reliable is your capability index	Bissel AF	43	1990
How reliable are critical error calculations?	Gernand W	0	2006
The effect of measurement error on the power of $\bar{x}$ -bar charts	Kanazuka T	8	1986
<b>Artigos sem Texto Completo não encontrados no CCN ou Comut</b>			
A time series approach for compensating for errors in complex gauge systems	Stanley JD, McCarville DR, Montgomery DC	1	1998
One-sided process capability assessment in the presence of measurement errors	Pearn WL	0	2006
Testing process capability based on Com in the presence of random measurement errors	Pearn WL, Shu MH, Hsu BM	0	2005



Título Artigos com Texto Completo encontrados no CCN, Comut ou na Base de Dados Eletrônica	Autores	Ano
Acceptance of processes: do we need decision rules?	A. Weckmann, M. Rinnagl	2000
Control Charts For Random and Fixed Components of Variation in the Case of Fixed Wafer Locations and Measurement Positions	Kil-Soo and Bong-Jin Yum	1999
Economic design of inspection procedures using guard band when measurement errors are present	Young Jim Kim, Byung Era Cho, Nam-Ki Kim	2007
Effects of imprecise measurement on the two dependent processes control for the autocorrelated observations	Su Fen Yang, Chung Ming Yang	2004
EWMA Chart and Measurement Error	Petros E Maravelakis, John Panaretos, Stelios Psarakis	2004
Effects of estimation errors on cause-selecting charts	Lianjie Shu, Fugee Tsung, Kwok-Leung Tsui	2005
Gauge imprecision effect on the performance of the X-S control chart	Hans Joachim Mittag, Dietmar Stemann	1998
Handling process disturbances and measurement errors	Fred F. Sanders	1995
Heteroscedastic latent variable modelling with applications to multivariate statistical process control	Marco S. Reis, Pedro M. Saraiva	2006
Management of Measurement Uncertainty for Effective Statistical Process Control	David Macii, Paolo Carbone, Dario Petri	2003
Measuring Process Capability based on Cpk with gauge measurement errors	W. L. Pearn, Moun Yuan Liao	2004
Non-Normality effects on the economic statistical design of X charts with Weibull in control time	Huifen Chen, Yuyen Cheng	2006
Statistical Analysis of Process Capability Indices with Measurement Errors	Silvano Bordignon, Michele Scagliarini	2001
The Performance of Multivariate Control Charts in the Presence of Measurement	Kenneth W Linna, William H. Woodall, Kevin L.	