



Análise de estabilidade do processo de wet blue em couros através da aplicação das ferramentas estatísticas

Stability analysis of the wet blue process in hides through the application of statistical tools

Ederson Santos¹

Diego Augusto de Jesus Pacheco²

Fernando Elemar Vicente dos Anjos³

Resumo: Este artigo apresenta um estudo de caso aplicado em uma empresa que realiza o processo de wet blue em couros, situada na região metropolitana de Porto Alegre. Neste caso, aplicam-se as ferramentas de repetitividade e reprodutibilidade (R&R), cartas de controle estatístico de processo e análise dos índices de Cp (capacidade) e Cpk (capabilidade) em um processo com índices de 22% de rejeição e altos índices de reclamações de clientes por falta de conformidade. O sistema de medição demonstrou variação de 25,01%, uma variação crítica que não impedia a aceitação desse sistema. Entretanto, o processo demonstrou-se totalmente fora de controle, com índices de Cp de 0,51 e de Cpk de 0,45. Analisou-se o processo e definiram-se os principais pontos que necessitavam de ajustes para a estabilização do processo e a redução dos mostradores de rejeição.

Palavras-chave: Repetitividade e reprodutibilidade (R&R). Capacidade do processo. Capabilidade do processo. Análise do sistema de medição.

¹ FACCAT – Faculdades Integradas de Taquara

² Uniritter – Centro Universitário Ritter dos Reis

³ Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul – Campus Caxias do Sul

Abstract: This article presents a case study applied in a company that performs the process of wet blue in leather, located in the metropolitan region of Porto Alegre. In this case, the tools of repetition and reproducibility (R&R), statistical process control charts and analysis of the Cp and Cpk indices was applied, in a process with indices of 22% rejection and high rates of customer complaints for parts out of specification. The measurement system showed a variation of 25.01%, this a critical variation, but still being accepted the measurement system, however, the process was totally out of control, with Cp (capacity) indexes of 0.51 and Cpk (capacity) of 0.45. The process was analyzed and the main points that needed to act for the stabilization of the process and the reduction of rejection indices were defined.

Keywords: Repeatability and reproducibility (R&R). Process capability. Process capability. Analysis of the measurement system.

1. Introdução

Atualmente, com o mercado tão competitivo, empresas de diversos setores adotam estratégias para garantir a qualidade de seus produtos, a fim de atingir a satisfação e a confiança de seus clientes. Consequentemente, diminuem seus custos de produção e conquistam um diferencial positivo em relação às concorrentes. Conforme Alves et al. (2003), a boa prática da qualidade será um diferencial para a sobrevivência das empresas no mercado, e também em permanecer a confiança do consumidor no fornecedor.

Segundo Roldan et al (2013), a fabricação de um produto com qualidade ajuda a obter a redução de tempo no processo produtivo, o que passou a ser obrigação para a sobrevivência das empresas. A necessidade de utilização de ferramentas estatísticas nos processos objetiva, também, reduzir os prejuízos e desperdícios.

A partir desse princípio, algumas normas padronizadoras de serviço ou produto já têm como um de seus requisitos que a empresa realize estudos estatísticos, tais como controle estatístico de processo (CEP), análise de sistema de medição (MSA) e outros cuja finalidade seja que todas as empresas certificadas pratiquem um bom controle de qualidade.

Peddott (2014) cita que a análise do sistema de medição (MSA) tem por objetivo padronizar e dar qualidade ao sistema de medição. A execução de estudos de MSA consiste na aplicação de técnicas estatísticas, que têm como objetivo descrever o tamanho das variações dos resultados gerados pelo sistema de medição.

Um dos métodos utilizados para a análise do sistema de medição é o estudo de repetitividade e reprodutibilidade, sendo que, conforme Lima et al (2010), a repetitividade refere-se à variação das medidas sucessivas de único operador para uma mesma medição, utilizando o mesmo instrumento. A reprodutibilidade é a variação das médias entre as medições feitas por diferentes avaliadores, utilizando-se o mesmo instrumento, sendo que a combinação das mesmas é utilizada para a realização da análise do sistema de medição

No estudo de R&R, conforme relata Albertin (2011), o critério para se verificar se o sistema de medição é satisfatório ou não está definido conforme a tabela 01:

Tabla 01 – Índice de R&R

Índice de R&R Erro de dispersão	Situação do sistema de medição
$% R\&R < 10\%$	Sistema de medição é considerado aceitável.
$10\% < % R\&R < 30\%$	Sistema de medição pode ser aceito, com base na importância de sua aplicação, no custo do equipamento de medição, no custo do reparo, entre outros fatores.
$%R\&R > 30\%$	Sistema de medição considerado não aceitável.

Fonte – Albertin (2011)

Albertin (2011) define uma regra para o número de distintas categorias (NDC), a qual determina o número de distintas categorias de resultados, que podem ser confiavelmente distinguidos pelo sistema de medição. O NDC deve ser considerado o maior inteiro contido no valor calculado, que, por sua vez, deve ser maior ou igual a 5.

O controle estatístico de processo (CEP) é aplicado para controlar os processos, permitindo analisar quais necessitam reduzir a variabilidade das variáveis de interesse dos seus limites de controle, auxiliando no manejo da qualidade, principalmente nos processos repetitivos, assegurando a estabilidade (MELO et al., 2013).

De acordo com Henning et al. (2014), o CEP é feito mediante a aplicação de gráficos de controle que monitoram o desempenho de um processo a partir da definição de uma faixa de controle aceitável. Esse gráfico de controle é composto por uma linha central (LC), tendo abaixo a linha de limite inferior de controle (LIC), e acima a linha de limite superior de controle (LSC).

A empresa foco deste estudo de caso situa-se na Região Metropolitana de Porto Alegre e tem dificuldade de entender as causas dos problemas que geraram as reclamações dos clientes e os altos índices de rejeição no processo produtivo. Então, implantaram-se os estudos de repetitividade e reprodutibilidade, para investigar o comportamento do sistema de medição, e o CEP, para analisar a variabilidade e capacidade do processo. O propósito deste estudo é obter informações para um diagnóstico mais eficaz, a fim de detectar as causas que geraram os problemas, auxiliando no aumento de produtividade e resultados da empresa a partir da eliminação os desperdícios de matéria-prima.

A variação apresentada durante os procedimentos de medição pode interferir diretamente no resultado de uma inspeção, podendo proporcionar a aceitação de um produto com o desvio maior que o permitido pela especificação, ou rejeitar um produto dentro das especificações. Por esses motivos o processo deve estar sob controle estatístico, e o sistema de medição ter um bom índice de acurácia.

Obter o domínio e a estabilidade sobre o processo produtivo é um princípio fundamental para se ter condições de manter os índices de rejeição de materiais sob controle, não colocando em risco a organização pelos custos da não qualidade. Um dos fatores que auxilia essa estabilidade é o sistema de medição. Ele tem como objetivo assegurar a precisão das medições necessárias no processo produtivo, procurando garantir que o produto esteja de acordo com as especificações, atendendo a qualidade especificada dos produtos. Pedott (2014) cita que um sistema de medição é constituído por um conjunto de operações, procedimentos, instrumentos de medição resultando nas características da qualidade.

Alguns índices são utilizados para verificar a estabilidade do processo. Conforme Albiero et al. (2012), Cp é o índice da capacidade do processo, que compara se o processo está dentro do especificado, e Cpk é um índice de capacidade efetiva do processo, que leva em consideração o posicionamento da média em relação às especificações.

Os índices de Cp e Cpk são calculados de acordo com as equações 1 e 2, quais sejam:

$$\text{Equação 1 - } Cp = \frac{LSE-LIE}{6\sigma}$$

$$\text{Equação 2 - } Cpk = \min\left(\frac{LSE-\mu}{3\sigma}; \frac{\mu-LIE}{3\sigma}\right)$$

Onde nas equações 1 e 1, o LSE é o limite superior de especificação, o LIE é o limite inferior de especificação, σ é o desvio padrão e μ é a média do processo. Existe uma relação direta entre os índices de Cp e Cpk e a não conformidade do processo. Os índices de rejeição do processo têm o comportamento de acordo com a tabela 02 (GONZALEZ, 2009)

Tabela 02 – Recomendação para Análise do Índice Cp e Cpk

Cp e Cpk	Itens não conforme (PPM)	Interpretação
< 1	Acima de 2.700	Processo Incapaz
Entre 1 e 1,33	64 a 2.700	Processo Aceitável
$\geq 1,33$	Abaixo de 64	Processo Capaz

Fonte: Gonçalves (2009).

2. Metodologia

Para a realização desta pesquisa, decidiu-se utilizar o método de pesquisa de estudo de caso. Segundo Miguel et al. (2010), o estudo de caso tem um método empírico que busca entender alguma realidade por meio de uma análise aprofundada de objetos de estudo.

A pesquisa tem abordagem quantitativa e natureza aplicada, a fim de investigar o comportamento da variabilidade do processo produtivo e seu sistema de medição, visando solucionar os problemas existentes, consequentemente, melhorar o desempenho do mesmo. Os dados que foram coletados e serão realizadas análises estatísticas, com o auxílio do software MINITAB.

O estudo foi aplicado no processo de rebaixe no setor Wet Blue, neste setor, realiza-se curtimento do couro bovino, com o foco na produção de couros acabados e semiacabado, tendo como seu principal produto os tapetes, que classificam-se em naturais, serigrafados e tingidos. Este processo produtivo possui rejeição de 22%, reclamações de clientes, com isso obtendo

grandes índices de retrabalhos e perdas para a organização. Para buscar a redução da rejeição, buscou-se entender as causas das falhas do processo produtivo, analisando a variabilidade do sistema de medição e a capacidade e habilidade do processo.

Após a coleta dos dados, analisaram-se os resultados apresentados do sistema de medição, pelo estudo de R&R (repetitividade e reprodutibilidade) e avaliou-se a capacidade do processo, utilizando o índice de capacidade potencial C_p e o índice C_{pk} do processo. Após as análises, verificaram-se as potenciais causas da variabilidade, elencando os principais pontos a serem atuados no processo.

Para realização dos estudos serão seguidos os passos a seguir:

- Definição do tamanho da amostra a ser medida
- Selecionar o instrumento de medição
- Definir a quantidade de inspetores que realizam as medidas
- Definir a quantidade de inspeções a serem realizadas em cada medição
- Tabular os dados coletados durante a pesquisa
- Calcular o R&R (repetitividade e reprodutibilidade) do sistema de medição
- Analisar o índice de CP e CPK do processo
- Analisar potenciais falhas e desenvolver ações para redução das rejeições do processo.

Para realizar estudo, foi necessário determinar a quantidade de inspetores, qual a quantidade de amostras a serem medidas, selecionar o instrumento de medição e o número de leituras repetidas. Definiu-se que a amostra a ser medida seria de dez unidades, as medições seriam realizadas por três inspetores, um de cada turno de produção, que serão denominados neste estudo de avaliador A, B e C e para a seleção do instrumento de medição, utilizou-se um padrão calibrado com rastreamento RBC.

Para cada uma das amostras de dez unidades, cada inspetor medirá três vezes de maneira aleatória. A medição será realizada as cegas, ou seja, o inspetor não saberá qual das unidades está medindo, para reduzir o risco de ter uma medição com viés. Os resultados das medições foram registrados em uma planilha feita no Excel. A análise quantitativa dos dados foi realizada no software MINITAB, a esta metodologia teve como referência apostila de MSA (BERLESE, 2015).

3. Resultados e Discussão

As peças selecionadas para a coleta de dados tinham as especificações de $1,15 \pm 0,15\text{mm}$. As medições realizadas dos materiais ficaram de 1,0 até 1,3mm, ou seja, todas dentro do especificado do processo que possui uma tolerância de $\pm 0,15\text{mm}$. Conforme descrito na metodologia cada um das amostras foram inspecionada três vezes por cada inspetor, de maneira aleatória e sem identificação da amostra. Os dados coletados das medições da amostra estão especificados na tabela 03.

Tabela 03 – Resultado das medições coletadas

Amostra	Inspetor A			Inspetor B			Inspetor C		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	1,0	1,0	1,0	1,1	1,0	1,0	1,1	1,0	1,0
2	1,2	1,2	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2
4	1,1	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
5	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,2	1,2	1,2
6	1,2	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
7	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,1	1,1	1,1	1,0
8	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	1,3	1,3	1,3
9	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
10	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2

Analisando os dados coletados, percebe-se que em nenhum caso o inspetor encontrou materiais fora dos limites de especificação. Realizando outra análise, percebe-se que os valores encontrados nas medições demonstram alguma diferença entre os inspetores e alguns casos diferenças na amostra realizada pelo mesmo inspetor. Um exemplo da variação esta descrito na amostra sete, percebe-se variação nas medidas do inspetor e entre os inspetores.

Após esta análise previa, com o auxílio do software de estatística MINITAB, realizou-se a análise de R&R, onde o resultado demonstra-se na figura 03.

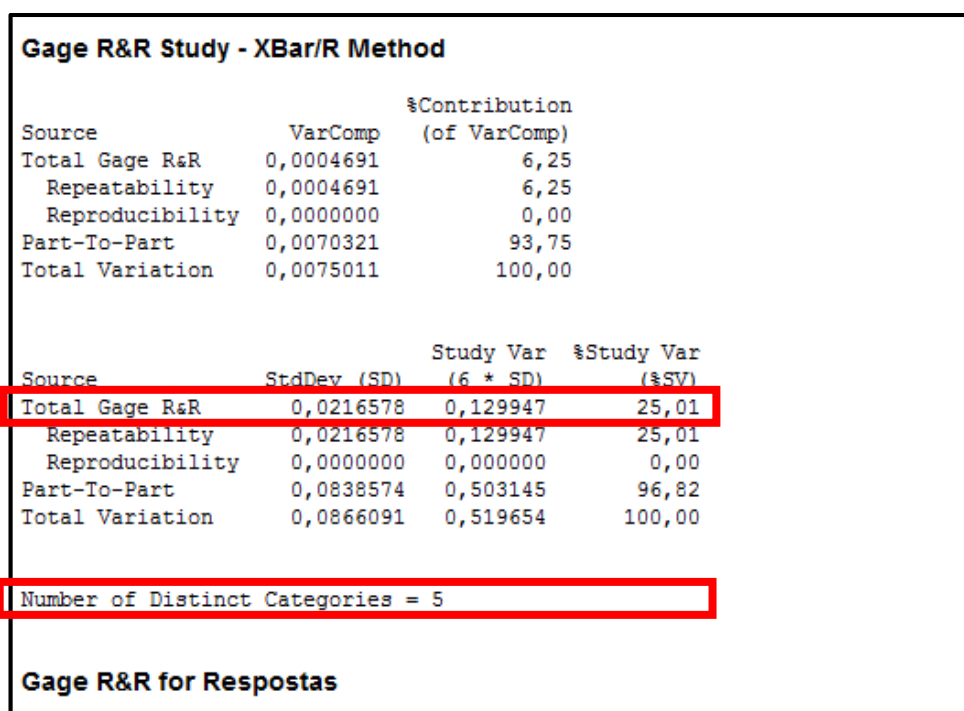


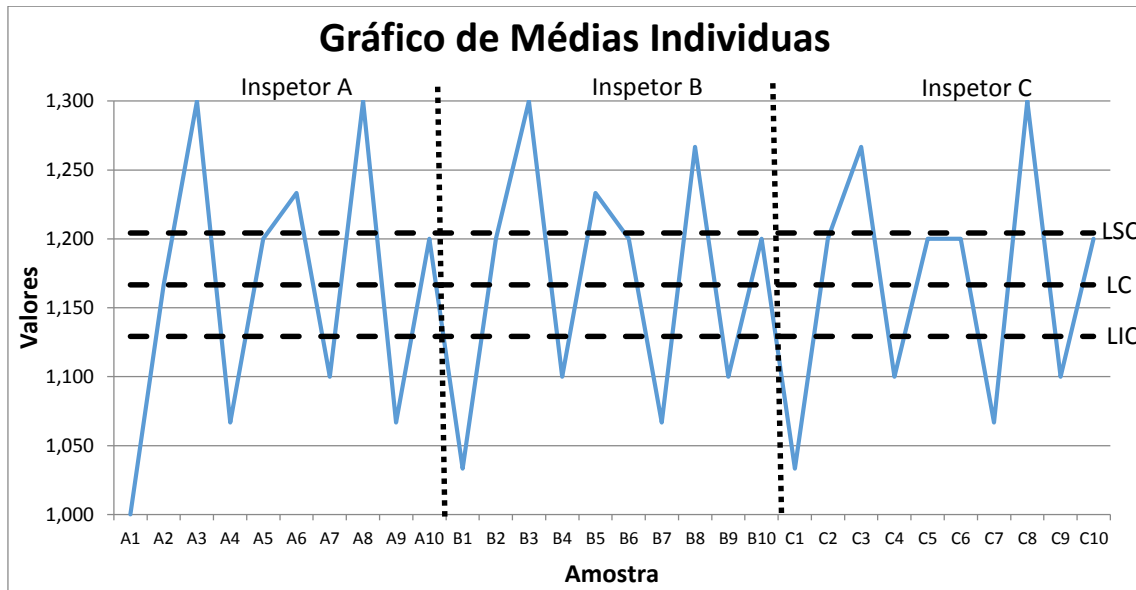
Figura 03 – Índice de %R&R erro de dispersão ,Software MINTAB

Analisando o índice de R&R demonstrado na figura 03, observa-se que o valor obtido neste estudo foi de 25,01%, ou seja, a variação do sistema de medição esta consumindo aproximadamente 25% da tolerância especificadas pela engenharia. Utilizando como referencia a tabela 02, o sistema de medição pode ser aceito, ou seja, os problemas de rejeições do processo não esta relacionado diretamente com as rejeições. Outro índice analisado foi o NDC (número de distintas categorias), onde o mesmo teve como resultado, 5 índice de categorias distintas, e conforme Albertin (2011), quando o NDC for ≥ 5 , o sistema de medição permite a distinção das medidas.

A próxima análise realizada foi o gráfico de valores individuais por operador plotados em uma carta de controle. Para a realização dos cálculos dos limites de controle superior e inferior de processo utilizou-se a equação 14 citadas por Vilaça e Oliveira (2011).

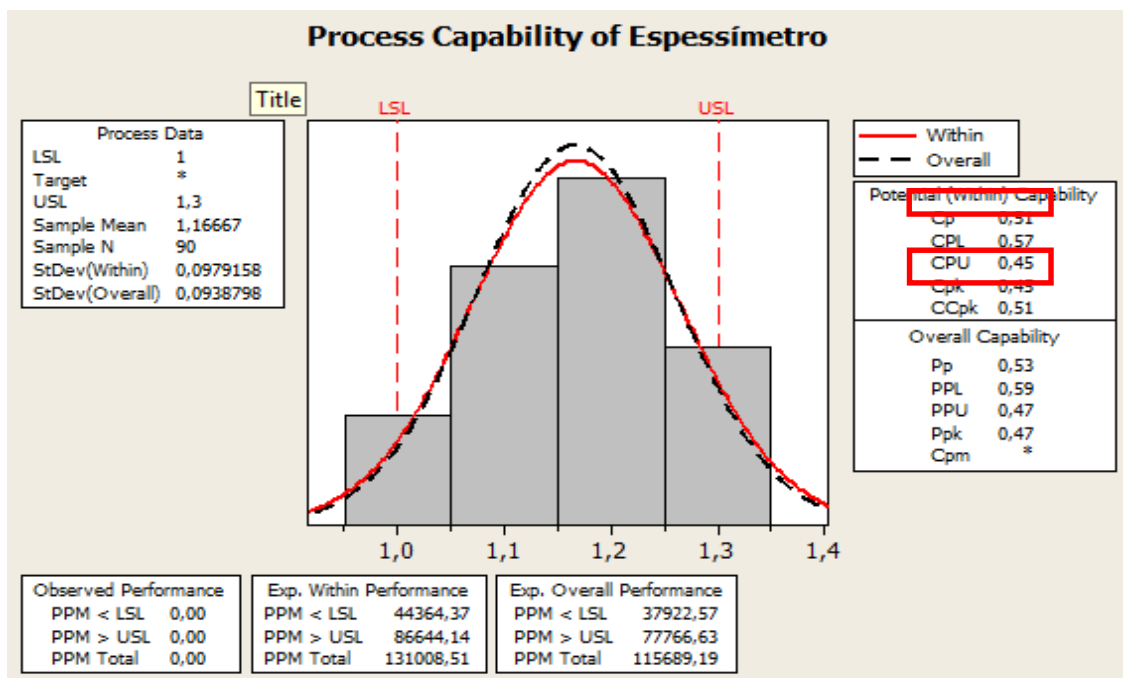
Segue na figura 04, o gráfico de controle de processos e os valores coletados por cada um dos inspetores de qualidades.

Figura 4 – Carta de controle de processo das amostras medidas pelos inspetores



Analisando os valores coletados e limites de controle do processo, percebe-se que nas amostras coletadas, 66,66% da amostra estão fora do especificado, ou seja, 20 das 30 amostras medidas estão fora dos limites de controle do processo. Previamente pode-se acreditar que este processo tem um baixo índice de capacidade ou de capacidade, ou ambos. A análise da capacidade e da capacidade foi realizada com o auxílio do software MINITAB e esta demonstrada na figura 05.

Figura 05 – Curva de distribuição do processo e índice de CP e CPK do processo



Fonte: *Software* MINTAB

Analisando o gráfico gerado pelo MINITAB percebe-se que o processo está disperso, ou seja, o processo ultrapassa os limites de controle estatísticos, sendo possível a visualização que o processo está em desconformidade com as necessidades.

Analisando o índice do Cp de capacidade do processo, seu resultado obtido foi de 0,51, ou seja, demonstrando que o processo não tem capacidade e conseqüentemente altos índices de rejeição. O índice de Cpk calculado na amostra é de 0,45, ou seja, além do processo não ter capacidade, a sua média está deslocada em relação aos limites de especificação, e neste caso, as medidas estão deslocadas na direção do limite superior de especificação.

Após estas análises, percebe-se que o sistema de medição gera interferência nos resultados das inspeções, mas a grande parte da variação que gera as rejeições está no processo produtivo, sendo que se faz necessário realizar uma análise profunda na máquina de rebaxe do couro, porque neste processo que está gerando muitas peças fora espessura especificada.

Analisando os dados coletados durante a pesquisa, e relacionado os resultados do estudo de MSA e os índices gerados pelo controle estatístico do processo, evidencia-se que o sistema de medição tem variabilidade considerável (25,01%), e que ele está gerando a possibilidade de materiais fora do especificado serem aprovados, posteriormente serem remetidos aos clientes, gerando reclamações e devoluções posteriores para a empresa e prejudicando a marca da empresa, mas a fragilidade do sistema de medição se potencializa quando o processo possui um alto índice de dispersão, ou seja, por causa da dispersão do processo e os baixos índices de Cp e Cpk, percebe-se que muitas rejeições chegam à inspeção e combinado com a variação do sistema de medição, corroboram para materiais fora do especificados são remetidos aos clientes.

A aplicação da carta de controle para entender o comportamento do processo, apoia a entender se o processo tem alta variabilidade, se existem medidas fora dos limites de controle e identificar se existem pontos de causas normais ou causas especiais que geraram a variação.

Em semelhança ao artigo de Lima et al (2010), a ferramenta CEP mostrou-se útil, para monitorar o comportamento e a capacidade do processo, podendo assim investigar as possíveis causas dos problemas e conseguir dar um diagnóstico eficaz para a eliminação desses problemas.

Nos gráficos elaborados a partir das medições realizadas durante a pesquisa, 66,66% das amostras ficaram fora dos limites de controles, ou seja, neste caso, como a maioria das medições estão fora dos pontos de controle, com isso, entende-se que temos um grande impacto da causa especial, ou causas especiais, que geram as variações no processo e elas precisam ser tratadas de maneiras estruturadas para serem eliminadas, com o objetivo da redução de variabilidade e evitando que materiais rejeitados cheguem aos clientes.

Para buscar a melhoria deste processo elaborou-se um grupo para trabalhar na análise dos problemas com o objetivo de reduzir a variabilidade do processo e reduzir o erro no sistema de medição

Como ações principais, buscou-se desenvolver um sistema de medição mais robusto, sendo utilizados equipamentos calibrados para a inspeção e onde não exista a possibilidade da interferência humana. O equipamento realiza as medições de forma automatizada, sem a necessidade da interpretação humana no dispositivo de medição.

Para atacar o principal problema, dos altos índices de rejeição gerados pela variabilidade do processo, criou-se um time multifuncional para realizar uma análise completa do processo, utilizando a diagrama de Ishikawa (LIMA et al, 2010), onde desta análise saíram grupos de ações a serem executadas, principalmente relacionadas aos fatores citados a seguir:

- Set-up
- Análise de matéria-prima
- Treinamento operacional;
- Plano de manutenção de equipamentos;
- Controle do ferramental produtivo.

A partir destas ações, estima-se que os índices de reclamações dos clientes chegarão a zero e as rejeições internas reduziram em aproximadamente 90%. Atingindo o resultado esperado, a empresa reduz seu custo fortemente, aumenta seu resultado e fortalece a marca junto ao seu cliente, gerando a oportunidade do negócio prosperar.

4. Conclusões

Este artigo apresentou uma aplicação das técnicas de repetitividade e reprodutibilidade e CEP, onde o objetivo foi conhecer a variabilidade do sistema de medição, mostrando as variações do instrumento de medições, quando usada por um mesmo avaliador, medindo a mesma peça, e também conhecer as limitações do processo, e seus índices de Cp e Cpk. O resultado da pesquisa proporcionou a melhoria do controle da qualidade, e o embasamento de estudo, assim proporcionando a oportunidade de reduzir o índice de produtos com defeitos e reclamações por parte dos clientes.

Com a finalidade de dar seguimento a pesquisa, sugere-se que a aplicação dos estudos de repetitividade e reprodutibilidade, CEP e os índices de Cp e Cpk, sejam replicadas em outros setores da empresa e os resultados sejam comparados com os resultados da presente pesquisa.

É de extrema importância, que os conhecimentos dos colaboradores sejam aprimorados com novas técnicas, isso será uma atividade que o setor de recursos humanos deverá analisar e desenvolver ao longo prazo, para que não ocorra resistência a novas investigações de

anormalidades no processo, essas são algumas contribuições que podem ser significativas para facilitar novas propostas de estudo ou técnicas.

5. Referências

ALBERTIN, M. R.; SOARES JÚNIOR, L.; Silva, J. B. A. Uma proposta para garantia da qualidade metrológica em peças de geometria complexa. *Gestão da Produção, Operações e Sistemas*. GEPROS. *Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, v. 1, p. 1, 2011.

ALBIERO, D.; MACIEL, S. D. J. A.; MILAN, M.; MONTEIRO, A. D. L.; MION, L. R. Avaliação da distribuição de sementes por uma semeadora de anel interno rotativo utilizando média móvel exponencial. *Revista Ciência Agronômica*, vol. 43, nº 1, pág. 86-95, janeiro-março, 2012.

ALVES, P. H. B. F., NEUMANN, C. S. R. & RIBEIRO, J. L. D. Etapas para implantação de controle estatístico do processo: um estudo aplicado. ENEGEP Ouro Preto. 2003.

GONÇALVEZ, U. P.; WERNER, L. Comparação dos índices de capacidade do processo para distribuições não-normais. *Revista Gestão e Produção*, São Carlos, vol. 16, nº 1, pág. 121-132, janeiro- março, 2009.

HENNING, E.; WALTER, F. C. M. O.; SOUZA, D. S. N.; SAMOHYL, W. R. Um estudo para a aplicação de gráficos e controle estatístico de processo em indicadores de qualidade da água potável, *Revista eletrônica, Sistemas de gestão*, 2014.

LIMA, J. T.; FERREIRA, T. F.; BARBOSA L. Measurement Systems Analysis (MSA): garantindo a consistência dos controles nos processos de fabricação. *Revista Banas Qualidade*, São Paulo, ano 19, n. 26, p. 74-79, jun. 2010.

MIGUEL, PC; FLEURY, AC. 2012. *Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações*. Rio de Janeiro.

MELO, P. R.; ALBIERO, D.; MONTEIRO, A. L.; SOUZA, H. F.; SILVA, G. J. Qualidade na distribuição de sementes de milho em semeadoras em solo cearense. *Revista Ciência Agronômica*, vol. 44, nº 1, pág. 94-101, janeiro 2013.

PEDOTT, H. A. Análise de dados funcionais aplicada ao estudo de Repetitividade e Reprodutibilidade: Anova das distâncias. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014. Escola de Engenharia. Programa de pós-graduação em engenharia de produção.

ROLDAN, V. P. S.; CABRAL, A. C. Q.; FILHO, J. C. L. S.; SANTOS, S. M.; PESSOA, M. N. M. Inovação em serviços: análise do caso de uma empresa de médio porte no nordeste brasileiro. *Revista Gestão Industrial*, vol. 09, nº 01. Pg. 01-23, 2013.

VILAÇA, A.C.; OLIVEIRA, R. C. B. Utilização do Controle Estatístico de Processo para avaliação de peso de massas para pastel. *FAZU em Revista*, Uberaba, nº 8, pág. 137-146, 2011.