



## APLICAÇÃO DO CEP EM UM PROCESSO DE USINAGEM DE PEÇA EM UMA INDÚSTRIA METAL MECÂNICA

**Cássia da Silva Castro Arantes (PUC)** -cassiadasilva\_16@hotmail.com

**Rafael Gomes Loiola (PUC)** -rafaelgo.eng@gmail.com

### **Resumo:**

O artigo tem como objetivo principal realizar a aplicação do Controle Estatístico do Processo por meio da criação de cartas de controle estatístico em medidas inspecionadas durante o processo de inspeção dimensional de uma determinada peça usinada em uma empresa do ramo metal mecânico. Os resultados alcançados com a aplicação do estudo buscam identificar a estabilidade do processo e capacidade em atender as especificações do cliente. Além disto, identificou-se em algumas medidas analisadas que há presença de causas especiais que precisam ser tratadas para garantir a estabilidade e conseqüentemente a garantia da qualidade e melhoria contínua do processo.

### **Palavras Chave:**

controle estatístico de processo, estabilidade, capacidade.

### **1. Introdução**

Diante do cenário altamente competitivo do segmento metal mecânico, as empresas buscam diversas ferramentas de controle de qualidade que possibilitam assegurar processos cada vez mais padronizados, estáveis e capazes de serem controlados. A utilização do Controle Estatístico de Processo (CEP) se tornou assim uma técnica primordial para o aperfeiçoamento contínuo dos processos e redução da variabilidade dos principais parâmetros, garantindo assim a qualidade do processo e produto.

O produto ou serviço considerado de qualidade é aquele que atende sempre perfeitamente e de forma confiável, de forma acessível, de forma segura e no tempo certo, as necessidades do cliente (CAMPOS, 2004).





De acordo com Montgomery (2013), a premissa do CEP é controlar o comportamento de variáveis ao longo do tempo por meio da inspeção por amostragem, com o intuito principal de reduzir a variabilidade do processo, monitorando e vigiando o processo e estimando os parâmetros dos produtos ou processos. Desta forma, o monitoramento dos processos através de inspeção por amostragem é uma forma mais compensativa, na qual despende tempos menores do que quando realiza-se a inspeção em 100% do lote.

O CEP mostrar condições de ser aplicado em todos os processos, e tem como principais ferramentas a apresentação de histogramas, gráfico de Pareto, Diagrama de causa-e-efeito, Diagrama de concentração de defeito, Diagrama de dispersão e Gráfico ou Cartas de Controle.

Este artigo assim foi guiado pela seguinte problemática como a utilização da ferramenta de cartas de controle para a aplicação do Controle Estatístico do Processo pode trazer contribuição ao processo de fabricação de uma peça mecânica usinada em um torno CNC (Comando Numérico Computadorizado).

Como objetivo principal este estudo busca realizar uma análise dos resultados do processo de inspeção dimensional a fim de verificar e identificar a estabilidade e a capacidade do processo em atender às especificações do cliente.

## **2. Referencial teórico**

### **2.1 Controle Estatístico do Processo**

Controle estatístico de processos consiste em métodos para a compreensão, monitoramento e melhoria no desempenho do processo. Este método foi desenvolvido por Walter Shewhart durante a década de 1920, o CEP não é apenas uma técnica, mas uma maneira de pensar sobre a melhoria da qualidade, ele é considerada em muitas organizações como um elemento importante da Total Quality Management (TQM) (BEHBAHANI, SAGHAEI, NOOROSSANA, 2012).

De acordo com Montgomery (2004), o Controle Estatístico do Processo - CEP aplica técnicas em setores produtivos, no qual é possível identificar e reduzir a variabilidade de





um processo que se deseja monitorar, resultando na melhoria da qualidade dentro de seus limites de controle, determinados por projeto ou exigências de clientes. A qualidade é oposta a variabilidade, pois, para sua obtenção, é necessário reduzir a variabilidade das características da qualidade do produto e, para isto, pode-se recorrer à utilização de técnicas de controle estatístico da qualidade.

Conforme Antony et al. (2000), basicamente o principal objetivo do CEP é eliminar as causas especiais de variação no processo, com o intuito de garantir a estabilidade do processo. Uma vez alcançada a estabilidade do processo é possível buscar melhorias para a capacidade do processo por meio da redução das causas comuns de variação.

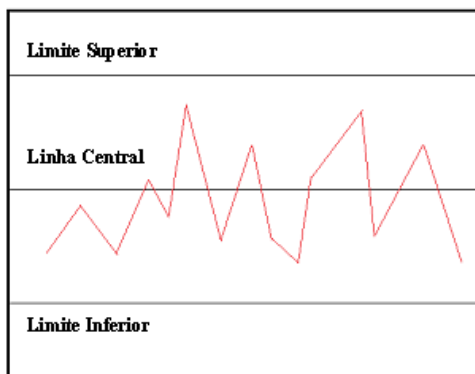
## 2.2 Cartas de controle

O gráfico ou carta de controle é uma das mais simples e importantes ferramentas do controle estatístico do processo, sua função principal é demonstrar a estabilidade de um processo.

Uma Carta de Controle – CC é a apresentação gráfica de uma característica da qualidade que foi medida ou calculada a partir de uma amostra versus o número da amostra ou o tempo. Como pode ser visto na figura 1, o gráfico contém uma linha central, representando o valor médio da característica da qualidade que corresponde ao estado sob controle, duas outras linhas horizontais, chamadas o limite superior de controle (LSC) e o limite inferior de controle (LIC) que também são mostradas no gráfico. Esses limites de controle são escolhidos de modo que, se o processo está sob controle, praticamente todos os pontos amostrais estarão entre eles. Contando que os pontos estejam entre os limites de controle, o processo é considerado sob controle, e neste caso não é necessário tomar nenhuma ação (MONTGOMERY,2013).



Figura 1 – Típica carta de controle



Fonte: Montgomery (2013)

Caso algum ponto extrapole a linha de limite superior ou limite inferior entende-se que o processo em questão está fora de controle, neste caso é necessário avaliar o processo entender porque os pontos estão fora de controle.

Geralmente estão presentes neste caso, causas especiais responsáveis pelas variações excessivas no processo, sendo este assim considerado instável, é então necessário tomar ações para identificar estas causas especiais que estão gerando o desvio e eliminá-las fazendo com que novamente o processo volte a estar sob controle (CATEN, RIBEIRO 2012).

Segundo Montgomery (2013), o Controle Estatístico do processo constitui-se como pode ser visto importante metodologia para eliminação da variabilidade do processo, mesmo não sendo possível eliminar totalmente a variabilidade, o gráfico de controle é uma ferramenta para a redução da variabilidade, tanto quanto possível.

Os gráficos de controle são geralmente classificados em dois grupos, cartas de controle para variáveis e cartas de controle para atributos. As cartas de controle para variáveis se subdividem ainda em: cartas de controle para  $\bar{X}$  e R, cartas de controle para  $\bar{X}$  e S e cartas de controle de Shewhart para medidas individuais. Já cartas de controle por atributos subdividem-se em: gráficos de controle para a fração não conforme e gráfico de controle para não conformidades.



# III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

Quando a característica de qualidade pode ser medida e expressa como um número pode ser utilizado à carta de controle chamada de variável. Em tais casos, é conveniente descrever a característica de qualidade com uma medida de centro de tendência e uma medida de dispersão por meio de gráficos chamado gráficos de controle para variáveis. No entanto, algumas características de qualidade não podem ser adequadamente representadas por variáveis quantitativas. Nestes casos, os produtos são classificados como "conforme" ou "não conforme", de acordo com característica observada estando esta de acordo ou não com as especificações, estes tipos de características de qualidade são chamados de atributos. Os dados por atributos tem apenas dois valores: conforme / não-conforme, aprovação / reprovação, ele funciona / não funciona, presente / ausente. Os gráficos de controle para esses recursos são chamados de gráficos de controle para atributos (JOEKES, BARBOSA, 2013).

O gráfico de Controle  $\bar{X}$  é um dos tipos existentes de carta de controle variável e é o mais amplamente utilizado devido à sua simplicidade. O principal objetivo desses gráficos é detectar a ocorrência de causas atribuíveis para que as medidas corretivas necessárias possam ser tomadas antes de um grande número de produtos não conformes serem fabricados. O uso deste tipo de carta de controle requer a seleção de três parâmetros, o tamanho da amostra  $n$ ,  $h$  intervalo de amostragem, e largura dos limites de controle  $k$  para o gráfico (GANGULY, PATEL, 2014).

Porém mesmo cartas de controle  $\bar{X}$  e  $R$  e  $\bar{X}$  e  $S$  sendo bastante difundidas devido sua eficiência e simplicidade, há casos em que a medição de uma característica de qualidade específica é caro e demorada, nestes casos é interessante considerar a utilização de um gráfico de controle baseado em inspeção atributo, que são geralmente mais simples e rápidos gerando assim menores custos (HO, QUNINO, 2013).

Assim, observa-se que todos os tipos de cartas de controle oferecem contribuições ao CEP, mas é necessário analisar adequadamente o processo em questão verificar qual o tipo de informação que se deseja obter e a partir daí realizar a escolha da carta de controle que melhor se ajuste ao controle que deseja realizar, já que para determinado





problema uma ou outra podem possibilitar melhores análise e controles de processo mais eficientes.

A seguir, no próximo tópico discutir-se-á sobre o que é a capacidade do processo, quando um processo pode ser considerado capaz e como a capacidade do processo está ligada ao CEP propriamente.

## 2.3 Capacidade do processo

Há duas estratégias complementares quando se aborda o CEP a primeira envolve o estudo de estabilidade do processo, onde implementam-se as CC e a segunda contempla o estudo de capacidade, onde se verifica se o processo está centrado e se é capaz de produzir dentro das especificações (KORZENOWSKI, 2013).

Assim a capacidade do processo é conceituada como, um estudo estatístico utilizado para quantificar a variabilidade do processo, analisar a variabilidade em relação às exigências ou especificações do produto e ajudar no desenvolvimento e fabricação deste, e na eliminação ou redução da variabilidade. Diz respeito a distribuição de probabilidade, com uma forma, um centro (média) e uma dispersão (desvio padrão) especificados (MONTGOMERY, 2013).

Novamente segundo Korzenowski (2013) um verdadeiro estudo de capacidade do processo conhece a sequência temporal dos dados gerando inferências sobre a estabilidade do processo ao longo do tempo, isto é, mescla as duas estratégias do CEP.

Com o intuito de realizar a adequada da análise de capacidade de um processo três técnicas fundamentais são utilizadas: histogramas ou gráficos de probabilidades, gráficos de controle e experimentos planejados (MONTGOMERY, 2013).

Também são utilizados os índices de capacidade potencial ( $C_p$ ) e capacidade efetiva ( $C_{pk}$ ). O  $C_p$  é um índice usado para avaliação de características do processo com seus limites, é uma medida da habilidade potencial do processo de produzir um produto que esteja dentro da tolerância do projeto ou exigências do cliente. Ele indica a capacidade potencial do processo, mas não verifica a centralização, considerando-se capaz um





processo sempre que  $C_p \geq 1$ . Já o índice  $C_{pk}$  mede a capacidade real do processo. Quando os resultados de  $C_{pk}$  e  $C_p$  são iguais demonstra que o processo está centrado. Na indústria automotiva o  $C_{pk}$  exigido para o processo ser considerado centralizado é  $C_{pk} > 1,33$  para máquinas antigas. (CATEN, DALCIN, TREVISAN, 2013)

Segundo Montgomery (2013), o cálculo destas medidas ( $C_p$  e  $C_{pk}$ ) deve ser efetuado apenas após a verificação da estabilidade do processo, via CC pois, no caso do processo estar fora de controle não é seguro estimar a capacidade do processo.

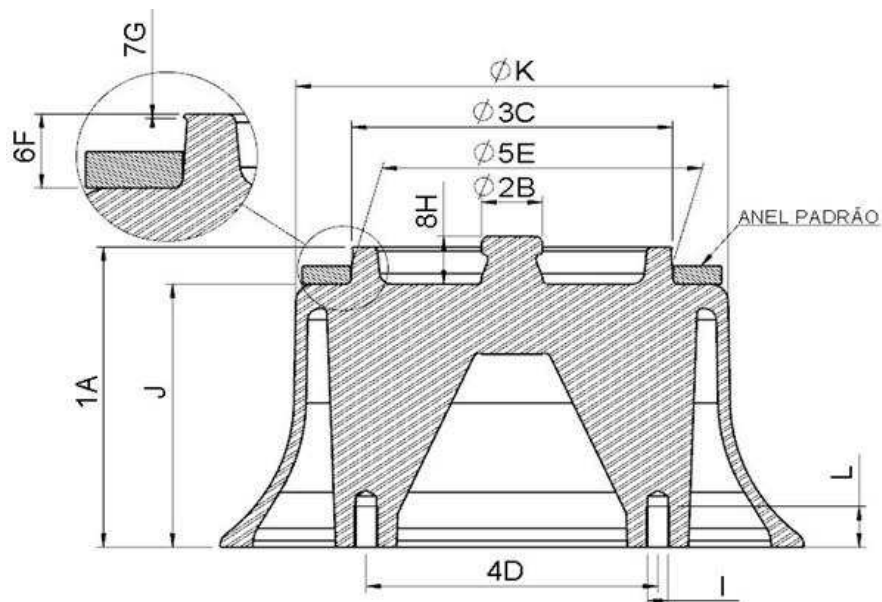
### 3. Metodologia

Desenvolveu-se o artigo a partir da aplicação do CEP por meio da ferramenta de cartas de controle em um processo de usinagem de peça mecânica realizada em um torno CNC de uma empresa do ramo industrial metal mecânico, localizada em Aparecida de Goiânia, Goiás. A peça em questão foi selecionada para este estudo dentre as demais pois é uma das mais representativas da empresa tanto em volume quanto em faturamento de acordo com os dados do primeiro semestre de 2014.

Utilizaram-se dados referentes à diferença entre as medidas de precisão padrão especificados pelos clientes como ideal para que o produto possa ser considerado dentro dos padrões de qualidade dos limites superiores de controle (LSC) e limites inferiores de controle (LIC) respectivamente, ou seja, a na figura 2 são apresentados o resultado da diferença entre estes dois limites, que demonstram a variação contida nas medições das várias cotas inspecionadas durante o processo de uma determinada peça mecânica, conforme mostrado na Figura 2. O intuito do estudo é analisar a estabilidade e capacidade do processo referente às diferentes rastreabilidades produzidas na empresa.



Figura 2 – Medidas do modelo de peça inspecionado



Fonte: Elaborado pela empresa

O tipo de carta de controle aplicado ao estudo foi a carta IM/R, utilizadas em situações em que o tamanho amostral para o controle de processo é considerado igual a 1. Neste caso utiliza-se como estimativa a amplitude móvel de duas ou mais observações sucessivas.

Utilizaram-se 23 rastreabilidades distintas referentes ao mesmo modelo de peça, nas quais realizaram-se a análise de 10 cotas diferentes na mesma, utilizando um paquímetro digital como ferramenta de precisão e a inserção de dados em um planilha digital da ferramenta MS-Excel. Estas cotas referem-se aos nomes 1A, 2B, 3C, 4D, 5E, 6F, 7G, 8H, J e K, conforme observa-se na Figura 2.

#### 4. Experimentação

A partir da coleta e inserção de dados na planilha Excel referente aos limites superiores e inferiores de controle durante o processo de inspeção final na empresa, realizaram-se os cálculos por meio das diferenças entre os limites superiores e inferiores correspondentes



a cada rastreabilidade observada. Após este cálculo os novos dados resultantes foram inseridos no pacote estatístico *Action* vinculado ao *Microsoft Office Excel* a fim de se gerar as cartas de controle de cada uma das medidas presentes na peça estudada. Alguns dados gerados tiveram que ser transformados, já que estes não eram considerados normais, ou seja, após o teste de normalidade o P-valor era menor que 0,05. Para estes houve a necessidade de transformação, utilizando-se a transformação de Box-Cox e seguiu com a geração das cartas de controle posteriormente. Observam-se na Tabela 1 as medidas hachuradas que necessitaram ter seus dados iniciais transformados.

Tabela 1 – Medidas hachuradas e transformação Box Cox

Rastreabilidade	1A (=6F+1A)	2B	3C	4D +8.F0	5E	6F	7G	8H	J	K
2814	0,2	0,04	0,09	0,1	0,05		0,07		0,2	
2914	0,1	0,03	0,02	0,12	0,02				0,1	0,18
3014	0,1	0,04	0,05	0,11	0,05		0,06		0,1	0,28
1934	1,1			0,1		0,1	0,15	0,1		0,1
2534	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02
2734	0,05	0,04	0,012	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
2834	1,2	0,03	0,02	0,04	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03
144	0,03	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01
2454	0,02	0,04	0,02	0,07	0,03	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04
2754	0,03	0,04	0,06	0,07	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05
2854	0,03	0,03	0,03	0,08	0,06	0,05	0,07	0,05	0,05	0,07
1364	0,1	0,03	0,03	0,15	0,05		0,05		0,1	0,15
3064				0,1	0,03		0,02			0,3
174			0,05		0,07		0,07			0,3
274			0,02		0,02					
2974	0,11	0,06	0,08	0,14	0,08	0,09	0,06	0,13	0,06	0,15
3074			0,05		0,04		0,05			0,4
3174	0,1		0,05		0,07		0,1			0,2
184					0,03		0,08			0,1
584	0,11	0,08	0,11	0,08	0,1	0,04	0,07	0,13	0,06	0,06
2084	0,15	0,08	0,04	0,1	0,06		0,12		0,06	0,22
104	0,06	0,06	0,03	0,03	0,06	0,05	0,04	0,1	0,03	0,05
2704	0,06	0,04	0,03	0,03	0,02	0,04	0,02	0,03	0,02	0,05

Fonte: Elaborado pelos autores

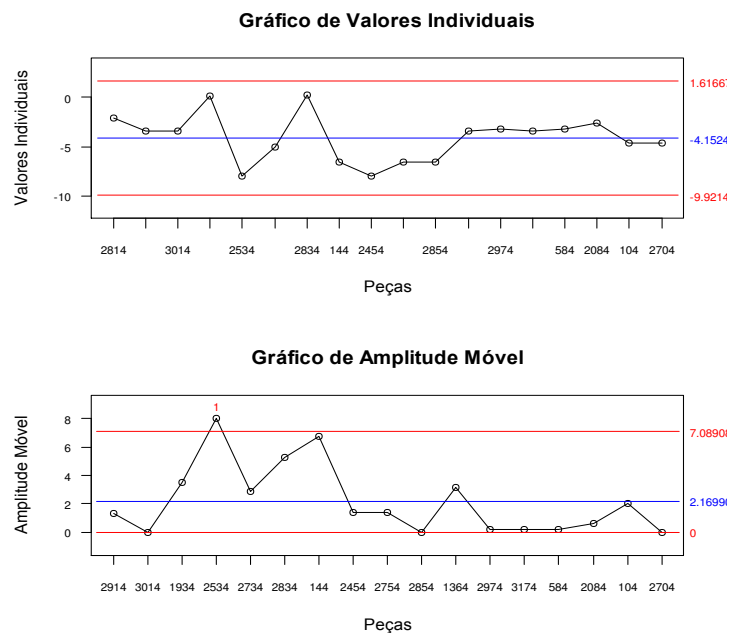
Com os dados coletados que demonstram as variações entre os limites de especificações de produção de cada parte da peça, foram geradas as cartas de controle específicas para cada uma destas, com o objetivo de verificar a estabilidade do processo.

#### 4.1. Estudo da estabilidade do processo

Para a medida 1A realizaram-se os cálculos de limites de controle para o desenvolvimento da carta de controle IMR/S, resultando no Limite de Controle Inferior-LCI e no Limite de Controle Superior-LCS de -9,9215 e 1,6167 mm respectivamente. Para carta de amplitudes, calcularam-se os limites de controle em que se obteve

7,0891mm para o LCS e 0 para LCI. A Figura 3 apresenta a carta de controle com todas as amostras.

Figura 3 – Carta de controle referente à medida 1A (=6F+J)

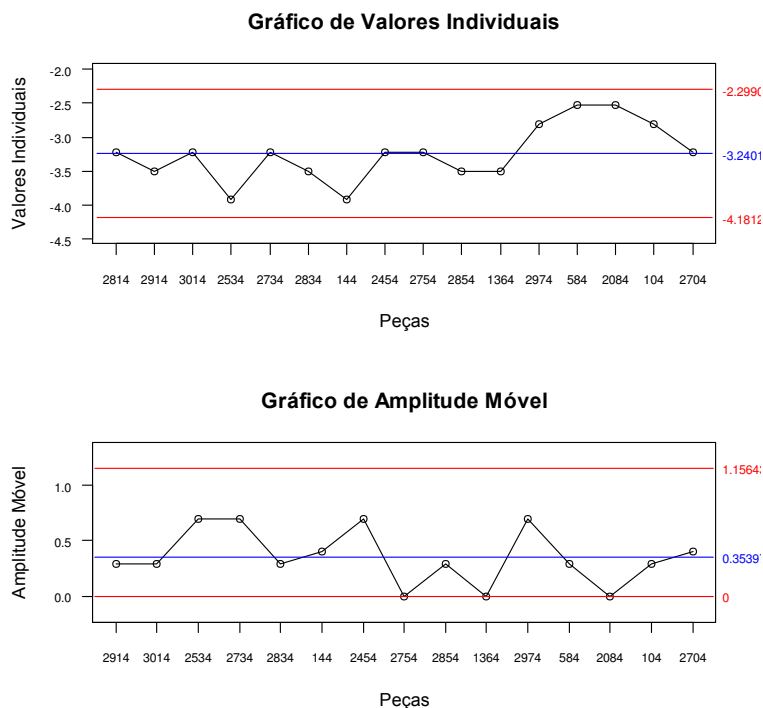


Fonte: Elaborado pelos autores

Onde observa-se que no gráfico de valores individuais há variação em torno do limite central e principalmente após a rastreabilidade de número 2854 apresenta valores muito próximos do limite central deixando claro a estabilidade do processo. Já o gráfico de amplitude móvel mostra que existe alta variabilidade dentro da amostra inclusive demonstrando um ponto fora acima do limite superior de controle.

A seguir a figura 4 apresenta a carta de IMR/S para a medida 2B, o limite de controle superior LCS calculado neste caso foi de -2,29901 e limite de controle inferior LCI - 4,18122mm. Já observando a carta de amplitudes, se obteve 1,15643mm para o LCS e 0 para LCI.

Figura 4 – Carta de controle referente à medida 2B



Fonte: Elaborado pelos autores

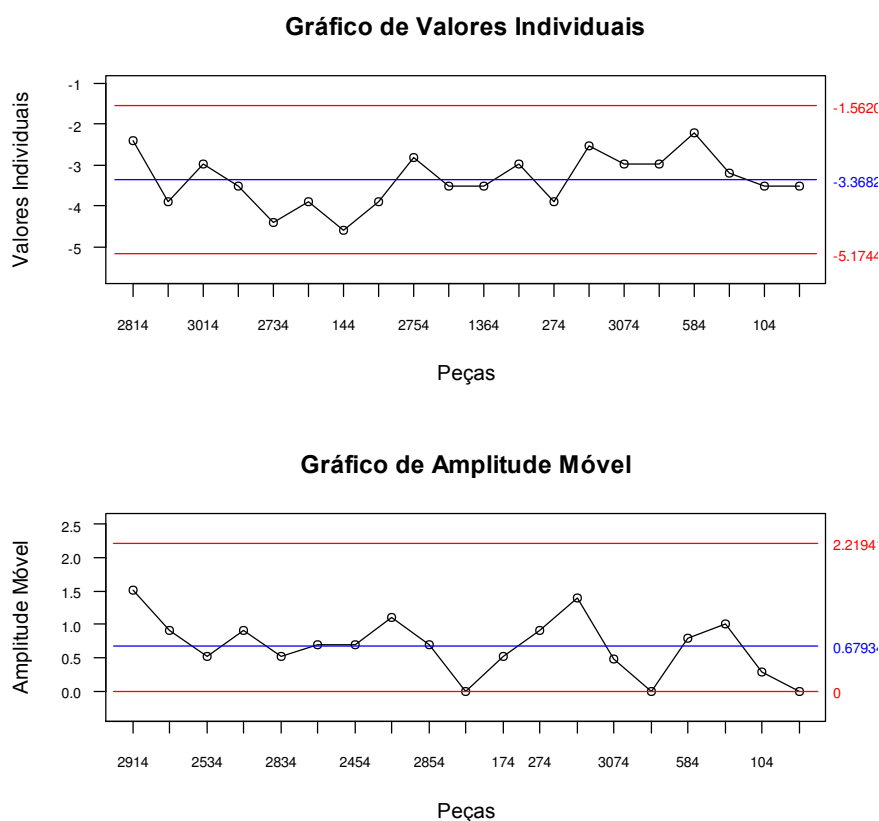
Como pode ser observado tanto a carta de valores individuais, quanto a carta de amplitude móvel demonstram que o processo está sob controle, não apresentando pontos nem acima nem abaixo dos limites superior e inferiores de controle.

Na Figura 5 observam-se os gráficos de controle para a medida 3C, onde o LSC calculado foi de -1,56209 e o LIC -5,17440.

Evidenciando que o processo está sob controle, pois não há nenhum ponto fora dos limites superior e inferior. Outros testes que também foram aplicados em todas as cartas de controle geradas neste trabalho sendo: presença de 9 pontos em sequência no mesmo lado da linha central, 6 pontos em sequência, todos crescentes ou todos decrescentes, 14 pontos em sequência, alternando-se acima e abaixo, casos os testes obtivessem resultados positivos no gráfico seria destacado o ponto sob estas condições, indicando a evidência de causas especiais no processo denotando que este não está sob controle, nota-se que não somente o fato dos pontos estar dentro dos limites inferiores e

superiores indicam processo sob controle, outros testes podem ser aplicado para maior acuracidade.

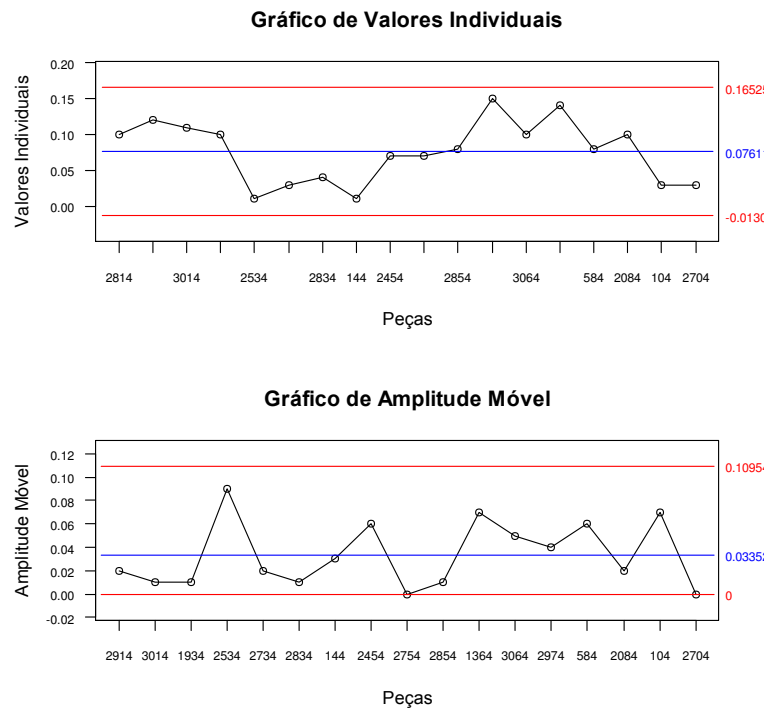
Figura 5 – Carta de controle referente à medida 3C



Fonte: Elaborado pelos autores

Na figura 6 carta de controle para a medida 4D, conclui-se que esta parte do processo encontra-se sob controle pois não há pontos acima ou abaixo das linhas de limite superior e inferior, não há 9 pontos em sequência no mesmo lado da linha central, 6 pontos em sequência, crescentes ou decrescentes e também não estão presentes 14 pontos em sequência, alternando-se acima e abaixo das linhas de limite, os dados variam aleatoriamente sempre dentro dos limites.

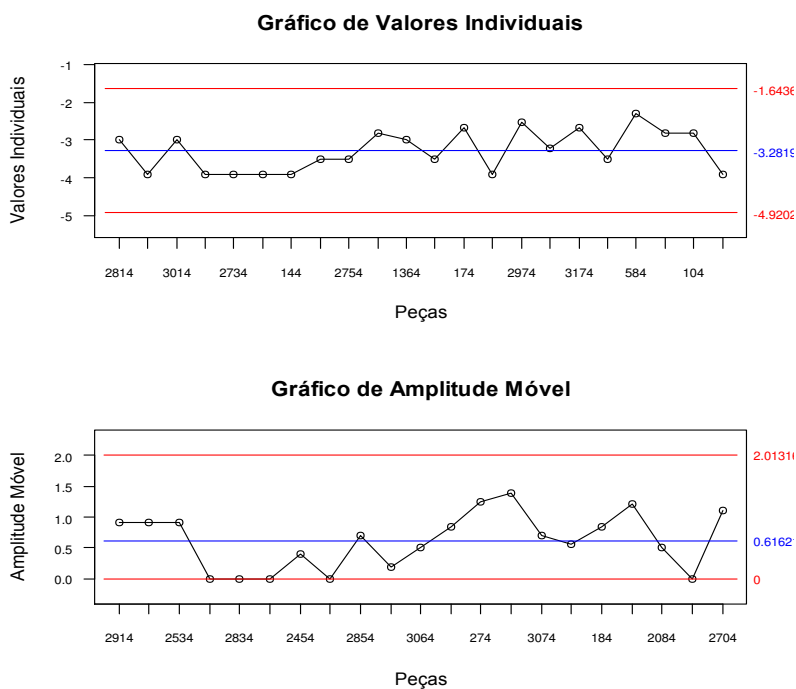
Figura 6 – Carta de controle referente à medida 4D (+8.50)



Fonte: Elaborado pelos autores

Tem-se as mesmas conclusões também ao observar os resultados da carta de controle referente à medida 5E ilustrada na Figura 7.

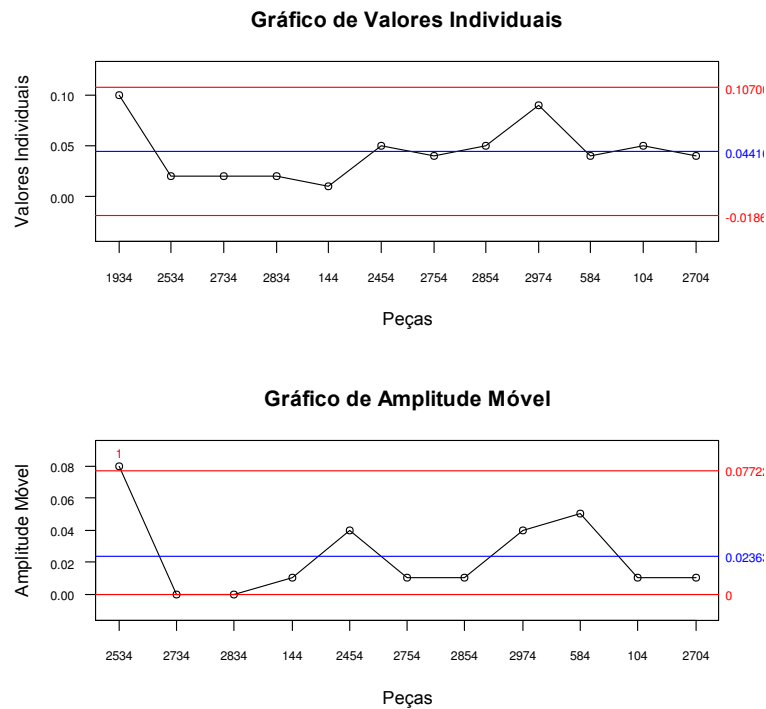
Figura 7 – Carta de controle referente à medida 5E



Fonte: Elaborado pelos autores

Já para a carta de controle da medida 6F representada na Figura 8 verifica-se que na carta de controle de valores individuais todos os pontos aparecem dentro dos limites superior e inferior, mas o primeiro ponto está bem próximo de ultrapassar o limite superior. Na carta de amplitude o primeiro ponto extrapola o limite superior.

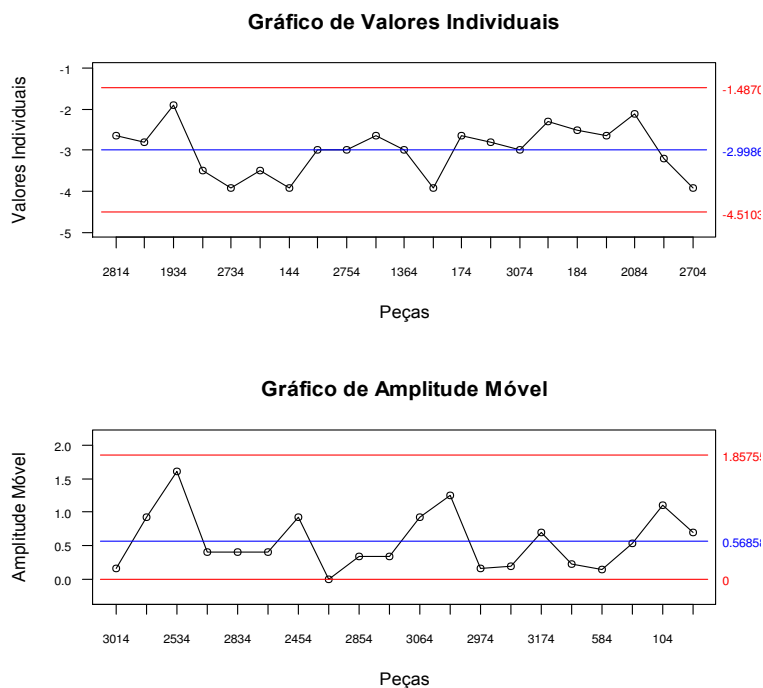
Figura 8 – Carta de controle referente à medida 6F



Fonte: Elaborado pelos autores

Referente à medida 7G descrita na figura 9 o LSC -1,48702 e LIC -4,51037 para a carta de valores individuais, nesta todos os pontos variam aleatoriamente sobre a média demonstrando a ausência de causas especiais que precisariam ser tratadas e resolvidas.

Figura 9 – Carta de controle referente à medida 7G

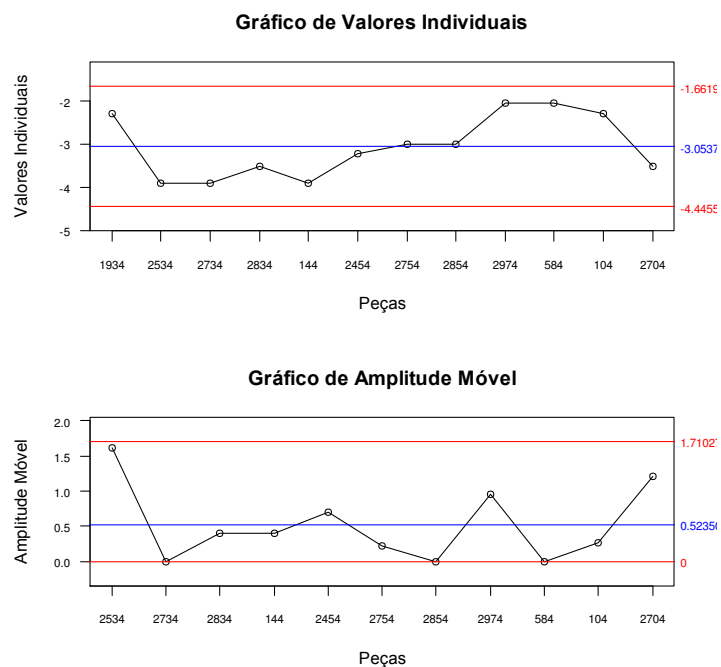


Fonte: Elaborado pelos autores

A próxima carta é a carta para a medida 8H, conforme a figura 10 principalmente na carta de amplitude pode ser notado que os pontos margeiam muito as linhas de limite superior e inferior podendo indicar necessidade de certa atenção ao processo.



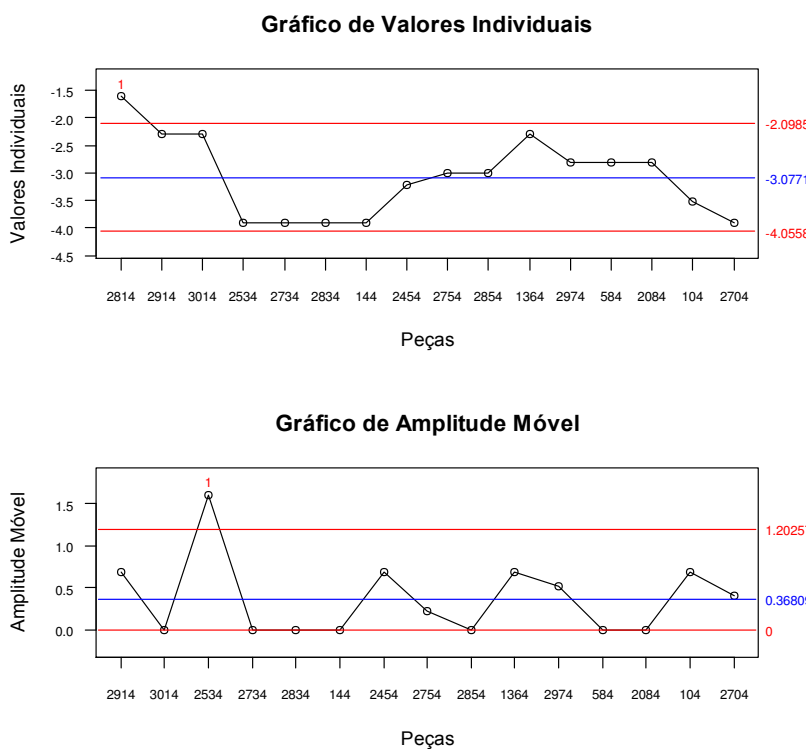
Figura 10 – Carta de controle referente à medida 8H



Fonte: Elaborado pelos autores

A carta de controle para a medida J expressa na figura 11 demonstra que o processo está fora de controle há presença de causas especiais tanto na carta de valores individuais quanto na carta de amplitude.

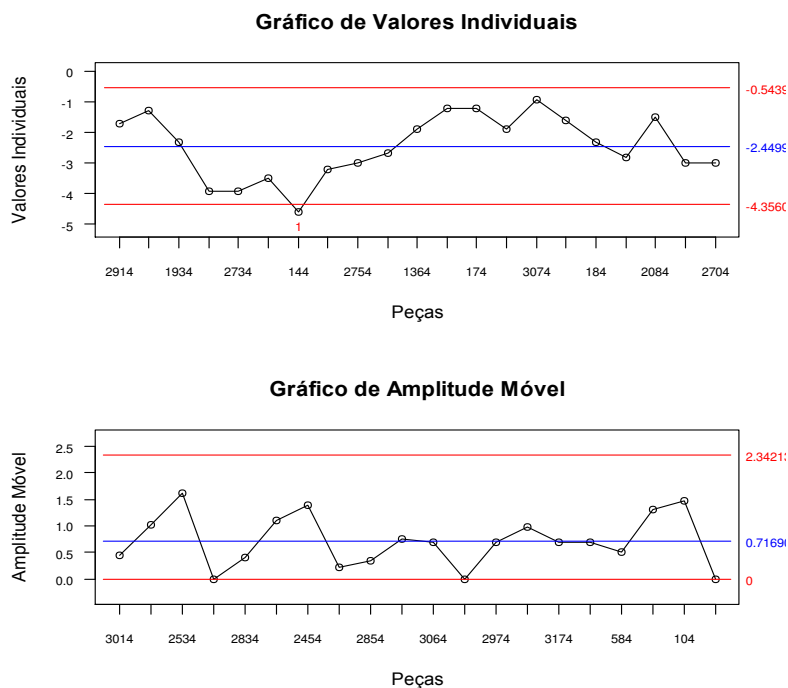
Figura 11 – Carta de controle referente à medida J



Fonte: Elaborado pelos autores

O mesmo é observado também na figura 12 para a medida K, existe um ponto fora de controle que requer análise.

Figura 12 – Carta de controle referente à medida K

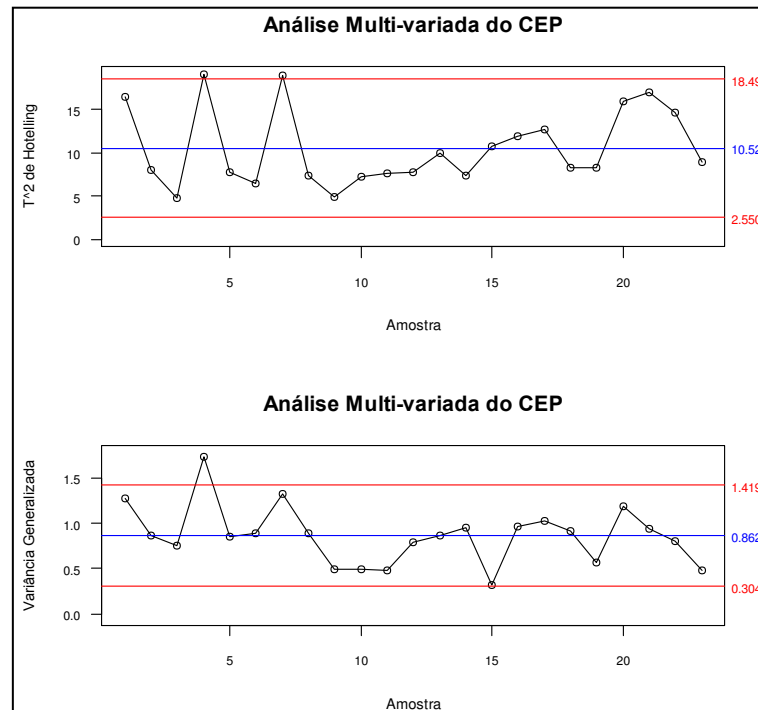


Fonte: Elaborado pelos autores

Assim, após analisar todas as cartas de controle variáveis, fica evidente possíveis causas especiais para as medidas 1A, 6F, J e K, torna-se necessário que seja realizado uma análise minuciosa no processo para identificar a causa raiz do desvio e tratá-la. Sugere-se também que sejam novamente geradas as cartas de controle para validação das melhorias, e em seguida realizar análise da capacidade do processo.

Na próxima etapa do estudo, foi gerada também a carta de controle Multivariada conforme apresentado na figura 13 para ainda uma melhor análise.

Figura 13 – Carta de controle referente à análise multivariada do CEP



Fonte: Elaborado pelos autores

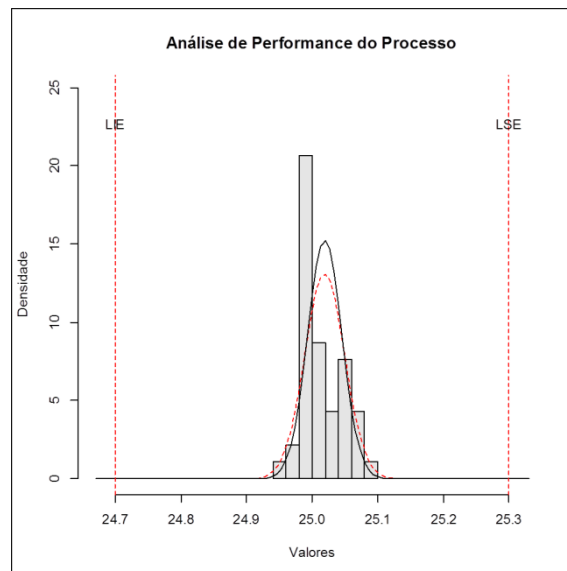
Utilizou-se este tipo de carta de controle, pois permite analisar como as variáveis, ou seja, cada uma das medidas de cada parte da peça em questão são capazes de conjuntamente influenciar o processo. Onde pode-se notar que o processo não manteve-se estável ao longo do período considerado.

#### 4.2. Estudo da capacidade do processo

Após analisar detalhadamente a estabilidade do processo, analisou-se também sua capacidade. Porém destaca-se que os processos referentes às medidas 1A, 6F, J e K não se encontram estáveis, portanto não foi possível analisar a sua capacidade, assim serão apresentadas as análises de capacidade somente para os processos estáveis referentes as partes 2B, 3C, 4D, 5E, 7G e 8H.

Na figura 14 tem-se a análise de capacidade de processo para a medida 2B, considerando-se as especificações do projeto da peça entre 25,30mm como especificação superior e 24,70 como especificação inferior, os índices CP e CPk para esta foram 3,82 e 3,57 respectivamente, conforme apresentado anteriormente os valores ideais para este caso são  $C_p \geq 1$ , e  $CPk > 1,33$ , assim conclui-se que o processo em questão é considerado capaz porém está descentrado pois CPk é menor que o índice CP.

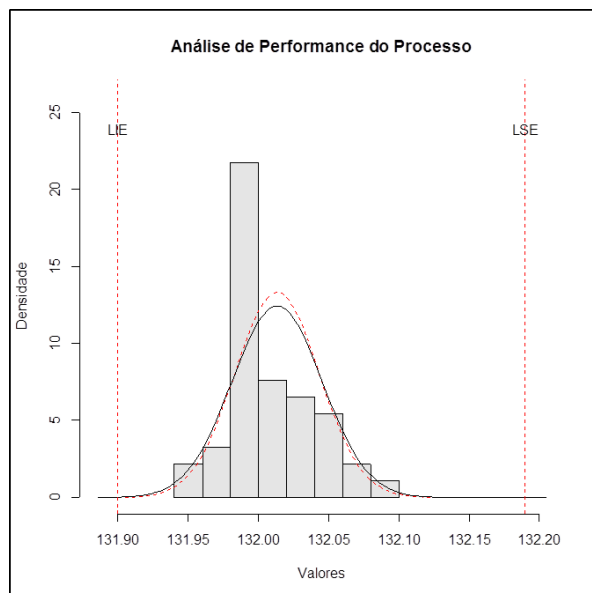
Figura 14 – Análise de capacidade referente a medida 2B



Fonte: Elaborado pelos autores

Na figura 15 para a peça 3C o valor de  $CP = 1,51$  e  $CPk = 1,177$  o processo não está centrado e é considerado incapaz pois o CPk está abaixo do especificado, considerando especificação superior 132,10 e inferior 131,90.

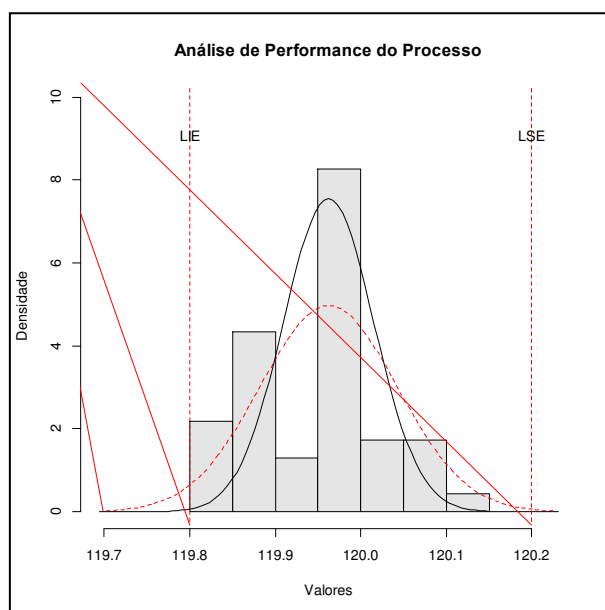
Figura 15 – Análise de capacidade referente a medida 3C



Fonte: Elaborado pelos autores

Na figura 16 capacidade para a medida 4D têm-se  $CP=1,26$  e  $CPk=1,02$  este também abaixo do esperado para um processo capaz, com especificação superior 120,20 e inferior 119,80.

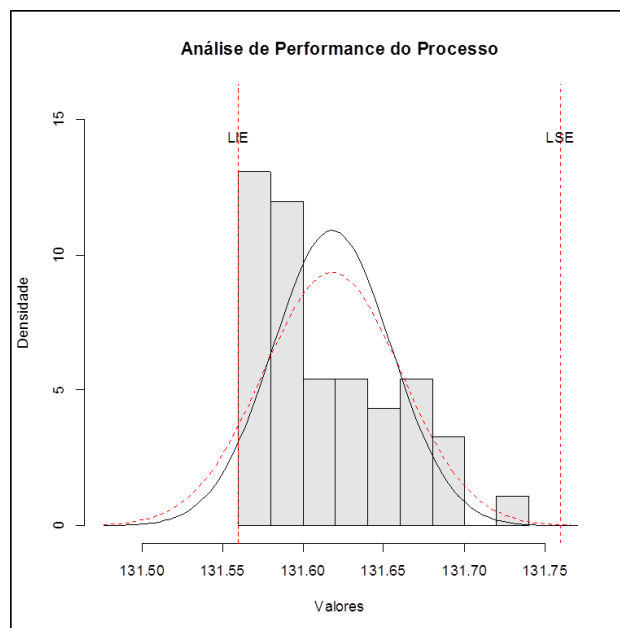
Figura 16 – Análise de capacidade referente a medida 4D



Fonte: Elaborado pelos autores

Para a medida 5E observando as especificações superior de 131,76 e inferior de 131,56, tem-se  $CP = 0,9106$  e  $CPk = 0,5285$  ambos muito baixos identificando que o processo está descentrado e é incapaz.

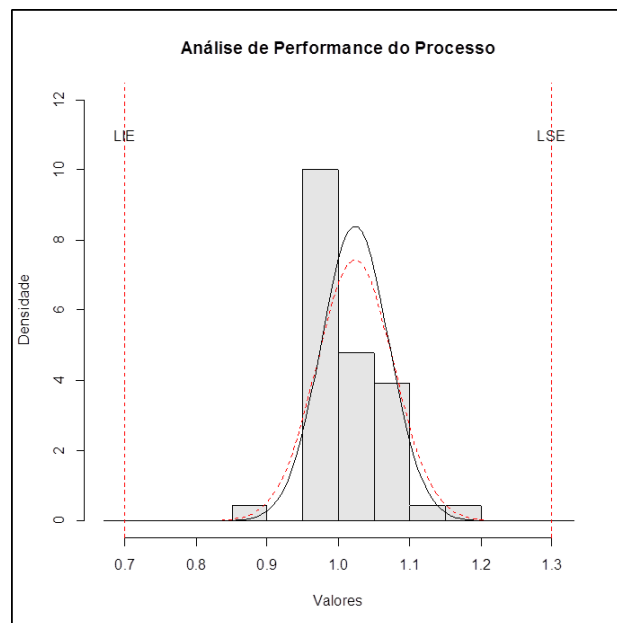
Figura 17 – Análise de capacidade referente a medida 5 E



Fonte: Elaborado pelos autores

Na figura 18 para a medida 7G com especificação superior 1,30 e inferior 0,70,  $CP = 2,109$  e  $CPk = 1,946$  demonstrando que o processo é capaz.

Figura 18 – Análise de capacidade referente a medida 7G

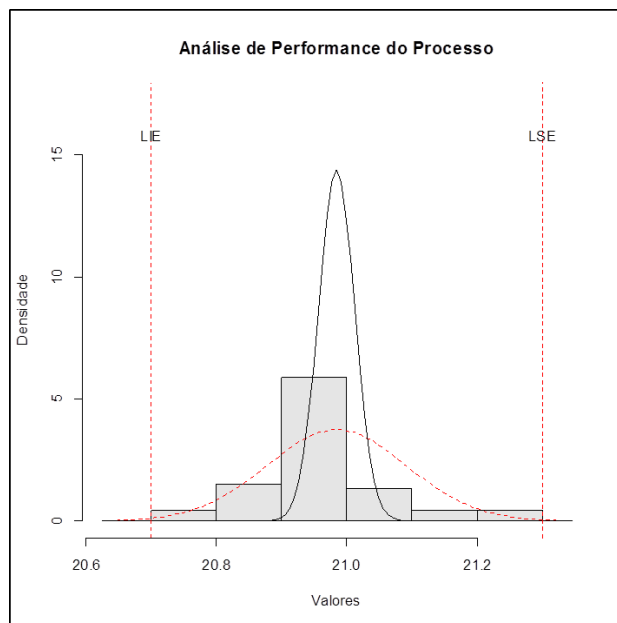


Fonte: Elaborado pelos autores

Para a medida 8H com limites de especificação superior de 21,30 e superior 20,70 tem-se o gráfico apresentado na figura 19, onde os índice  $CP= 3,604$  e  $CPk= 3,42$  ou seja, o processo é totalmente capaz e está bem acima dos índices esperados.



Figura 19 – Análise de capacidade referente a medida 8H



Fonte: Elaborado pelos autores

## 5. Conclusão

Este artigo tem como objetivo a aplicação do Controle Estatístico do Processo em um processo de fabricação de uma peça mecânica. Analisou-se as dimensões de cada uma das partes da peça observando se estavam conformes com as especificações dos clientes, através da análise de estabilidade e capacidade.

Os resultados permitiram identificar a estabilidade do processo para as partes 2B, 3C, 4D, 5E, 7G e 8H, para as demais 1A, 6F, J e K há presença de causas especiais que precisam ser tratadas para garantir a estabilidade.

Quanto à capacidade do processo em atender as especificações do cliente nota-se que para as partes 2B, 7G, 8H são consideradas capazes, os demais possuem índice CPk menor que 1,33.

Ressalta-se que poderia ter sido realizada apenas a carta de controle multivariada, mas a título de comparação e para ter maiores detalhes também foram geradas as cartas de controles para cada uma das medidas da peça individualmente.



Sugere-se que em trabalhos futuros seja analisado as causas especiais que geraram o desvio de estabilidade, tratada a causa raiz, e realizada nova análise para verificação dos resultados obtidos, bem como análise de capacidade após a estabilização do processo.

Deste modo, este trabalho apresentou a aplicação de uma ferramenta de bastante relevância para a identificação de erros no processo, visando assim a garantia da qualidade e a melhoria contínua, além de propiciar redução de perdas por produção e envio de peças fora dos padrões à clientes.

## Referências

ANTONY, J.; BALBONTIN, A.; TANER, T. Key ingredients for the effective implementation of statistical process control. *Work Study*, v.49 (6), p. 242-247, 2000.

BEHBAHANI, M.; SAGHAEI, A.; NOOROSSANA, R. A case-based reasoning system development for statistical process control: Case representation and retrieval. *Computers & Industrial Engineering*. V.63. P.1107-1117.2012.

CAMPOS, V.F. TQC: Controle da Qualidade Total: no estilo japonês. Nova Lima: INDG, 2004.

CATEN, C. T.; RIBEIRO, J. L. D.. Controle estatístico do processo. Porto Alegre: PPGEP / UFRGS, 2012.

CATEN, C.S.T.; DALCIN, A.; TREVISAN, M.E.R. Aplicação do CEP em um processo de usinagem: um estudo de caso em indústria de peças automotivas. *Negócios e Talentos*. V.10. 2013.

GANGULY, A.; PATEL, S.K.; A teaching-learning based optimization approach for economic design of X-bar control chart. *Applied Soft Computing*. V. 24. P.643-653. 2014.

HO, L.L.; QUININO, R.C.; An attribute control chart for monitoring the variability of a process. *Int. J. Production Economics*. V.145.P. 263-267.2013.





# III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

JOEKES, S. BARBOSA, E.P. An improved attribute control chart for monitoring non-conforming proportion in high quality processes. Control Engineering Practice.V.21. P.207-412.

KORZENOWSKI, A.L. Teoria e prática na implantação de CEP em empresas gaúchas. In:XXXIII Encontro Nacional De Engenharia De Produção. Salvador, BA, Brasil, 2013.

MONTGOMERY, D. C. Introdução ao controle estatístico da qualidade. 4.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

