

CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO VIA LINGUAGEM LIVRE

Anderson Ara¹

Francisco Louzada²

João Paulo Sganzella³

RESUMO

A alta competitividade no mercado tem exigido que as empresas busquem agregar qualidade a seus produtos em busca de alto desempenho, minimização de desperdícios e redução do custo final do produto. Neste contexto, estrutura-se a metodologia de Controle Estatístico de Processo (CEP). Empresas que fazem uso de CEP necessitam de *softwares* específicos. Sua utilização, envolve a realização de cálculos estatísticos, construções de gráficos, medição de capacidade de processo, entre outras necessidades. Com isso, precisa disponibilizar recursos financeiros para compra de licença para a utilização dos mesmos, custo este que é muitas vezes repassado ao produto final. A proposta deste trabalho é a utilização de um ambiente computacional livre e gratuito que está disponível na rede mundial de computadores, conhecida como Linguagem R ou apenas *Software R* para proceder de forma gratuita à utilização do CEP. Neste artigo, procura-se demonstrar a aplicabilidade do CEP, via *Software R*, dentro do contexto industrial. Um conjunto de dados reais referente à textura superficial de eixos fabricados através de processo de usinagem é apresentado em detalhes.

Palavras-chave: CEP. Controle Estatístico de Processo. Processo de Usinagem. Rugosidade. *Software R*.

¹Mestre, co-autor, e-mail: anderson@ufscar.br

²PhD, co-autor, e-mail: louzada@icmc.usp.br

³Graduando, e-mail: jc_pedreira12@hotmail.com

1 INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento industrial direcionado por produtos e serviços, as empresas vêm cada vez mais se preocupando com a sua sobrevivência e destaque dentro do mercado. Períodos de menor concorrência e recursos abundantes em que as empresas apostavam em um alto volume de produção para obterem lucros, já foram ultrapassados. Em tal época não havia preocupação em se controlar de forma sistêmica a qualidade dos produtos e serviços. Entretanto, hoje, o Controle da Qualidade dos produtos e serviços é essencial para as empresas. Observa-se que as mesmas vêm investindo e desenvolvendo metodologias e ferramentas focadas em uma produção eficiente, pautada pela redução de custos e desperdícios.

No contexto acima, o Controle Estatístico de Processo (CEP) tem sido utilizado com sucesso em diversas empresas, o qual tem cada vez mais se consolidado como uma metodologia potente no controle de produtos e serviços.

Segundo Lopes (2007), o CEP tem como finalidade comparar continuamente os resultados de um processo aos padrões, identificando as tendências para as variações significativas a partir de dados estatísticos, a fim de eliminá-las ou controlá-las de modo preventivo. Por ser um sistema amplo, o Controle da Qualidade tem por finalidade a inspeção, a análise e a ação corretiva aplicadas a um processo produtivo. Segundo Ribeiro e Caten (1998), o CEP auxilia a diminuição da variabilidade do processo através de suas ferramentas e a obtenção de um processo estável.

Porém, para fazer uso do CEP, as empresas necessitam de um investimento financeiro, mão de obra qualificada, treinamentos e um *software* específico. Grande parte desse investimento pode ser considerada alto. Foi realizada uma pesquisa de valores de licença dos *softwares* comumente utilizados nas indústrias. Foram consideradas 8 empresas nacionalmente conhecidas na área de Controle Estatístico de Processo. Dentre as empresas pesquisadas, todas elas possuem sede no sudeste, sendo duas empresas internacionais. Como resultado, 5 delas disponibilizaram, via telefone, o investimento de implementação de seus *softwares* em uma empresa de médio porte, nos padrões de 5 licenças de uso. Em média, existe um gasto anual de R\$ 4 154,50 para cada licença, totalizando R\$ 20 772,60 anuais. Este valor é repassado ao produto final, tornando-o assim mais caro e possivelmente menos competitivo. Neste sentido, gera-se um custo à empresa que seria extinto caso a mesma pudesse utilizar um *software* Livre (*OpenSource*), o qual pode ser utilizado gratuitamente.

Neste trabalho apresentamos um *software* livre desenvolvido originalmente por Ross Ihaka e por Robert Gentleman na década de 90 na universidade de Auckland na Nova Zelândia, batizado como R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2010). Está disponível sob os termos da Licença Pública Geral (GPL - *General PublicLicense*), tornando-o um *software* que pode ser utilizado livremente em qualquer organização de cunho privado, governamental ou para sua utilização pessoal. A Licença Pública Geral é uma das modalidades mais utilizadas de *software* livre, a qual determinada o programador faz

alguma alteração no programa ele deve revelar o código fonte da nova versão. Além disso, está em constante desenvolvimento por receber contribuições de pesquisadores do mundo todo.

O Ambiente Computacional R é uma linguagem livre e possui funcionalidades que podem ser utilizadas para aplicar rapidamente as principais ferramentas de CEP ao conjunto de dados que a empresa deseja monitorar. Assim, a empresa terá plenas condições de fazer uso de recursos computacionais ao controlar a qualidade de um processo sem custo algum.

Para apresentar a aplicabilidade deste *software*, este artigo exhibe uma situação real tratada através da metodologia CEP e vivenciada em uma indústria brasileira.

2 METODOLOGIA CEP

Através da coleta de dados referentes à linha de produção de uma empresa, aplicamos o CEP a uma característica importante definida pelo cliente, a rugosidade superficial dos eixos produzidos. Com isso, consegue-se avaliar como o processo produtivo da empresa está se comportando. Para a obtenção dos limites de controle, utiliza-se os limites tentativos (RYAN, 2009).

2.1 Controle Estatístico de Processo

A metodologia de CEP funciona de uma forma mais eficaz quando utilizado simultaneamente com entrada de dados em tempo real. Isto significa que, assim que o dado é inserido, o sistema já o considera para análise. Como resultado, os dados envolvidos no processo recebem avaliação imediata, o que permite uma rápida resolução de possíveis problemas, resultando em grandes ganhos de tempo e custo.

A intenção do CEP é prover um banco de dados para gerar facilmente relatórios e pesquisas rápidas capazes de identificar fontes de variação, direcionando soluções para reduzir ou eliminar os problemas.

De uma forma geral, o CEP utiliza um conjunto de ferramentas, tais como: Gráficos de controle por variáveis e atributos (conhecidas também como cartas de controle), Gráfico de Pareto, Histograma, Diagrama de causa e efeito (conhecido também como Diagrama de Ishikawa) e análise da Capacidade do Processo. Todos estes recursos se encontram disponíveis gratuitamente no *Software R*.

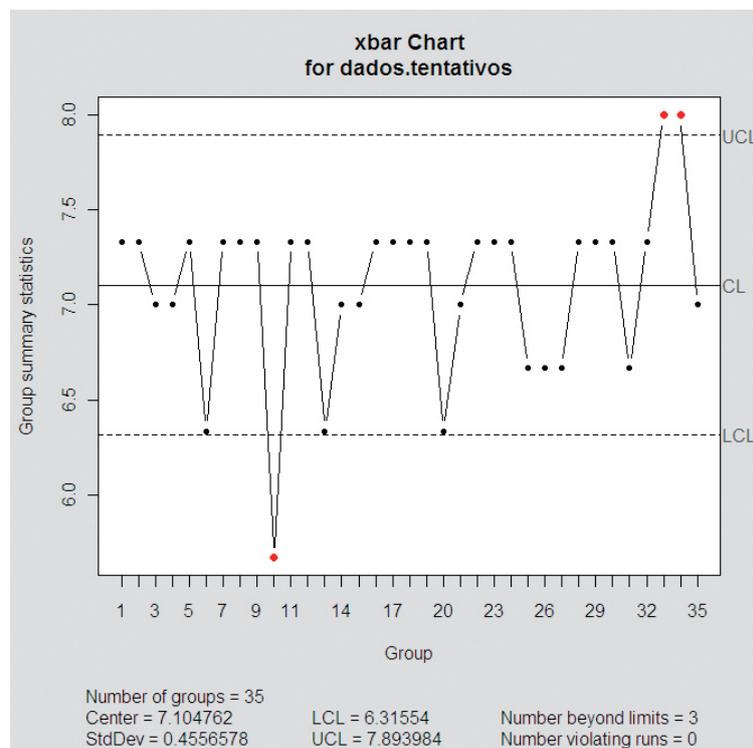
2.2 Estágios do emprego de gráficos de controle

Estágio 1: o procedimento geral é que os gráficos de controle são utilizados para verificar se um processo tem estado sob controle estatístico, analisando dados passados, assim classificam-se normalmente como uma análise retrospectiva dos dados. Com o objetivo de determinar se o processo esta sendo mantido sob controle estatístico, dados recentes podem ser usados para determinar os limites de controle que serão aplicados aos dados futuros obtidos de um processo.

Estágio 2: trata-se do monitoramento em tempo real. Entende-se por “tempo real” difere-se entre vários gráficos. Em algumas situações, os dados devem ser obtidos a cada 15 ou 30 minutos, com os pontos que são exibidos num gráfico de controle nesses intervalos. Em um gráfico p, por exemplo, os dados devem ser obtidos no final de um dia. Caso tenha sido necessário o descarte de alguns dados históricos que correspondem aos estados fora de controle e após os limites de controle serem recalculados, esses limites são usados para cada monitoração de processo em tempo real.

Quando os gráficos de controle estiverem sendo utilizados pela primeira vez é necessário determinar os limites de controle de experimentais. Para realizá-lo, é desejável obter pelo menos 20 subgrupos (de tamanho igual a 5) ou pelo menos 100 observações individuais (dependendo se o subgrupos ou as observações individuais tiverem de ser utilizados) dos dados passados, se estiverem disponíveis, ou os dados atuais.

Gráfico 1: Controle obtido com os dados experimentais através do Software R



Fonte: Dos autores

Os pontos do Gráfico 1 representam tais dados, com limite superior de controle (LSC) que no gráfico está denominado em Língua Inglesa como *Uppercontrol limit* (UCL) e o limite inferior de controle (LIC) que é denominado como *lower limit control* (LCL), indicando o limite superior de controle e o limite inferior de controle, respectivamente, e sendo a linha do meio, o valor médio da estatística que está sendo exibida a média dos dados históricos, que seria média dos pontos representados no gráfico do Estágio 1.

Existem no gráfico três pontos fora dos limites de controle, esses devem ser investigados, pois eles foram incluídos no cálculo dos limites de controle experimentais. Dependendo do resultado da investigação podem ou não ser revisados. Se ao investigar cada um dos pontos em busca de uma “causa especial” (por exemplo, uma máquina fora de ajuste), mas ao se investigar as causas que serão removidas, aí sim, poderá recalculá-los os limites de controle. Em casos que a causa não puder ser eliminada, deve-se considerar os pontos fora como parte permanente do processo. Assim os limites experimentais não poderão ser recalculados. Por haver uma variação natural do processo, se encontrarão pontos fora dos limites de controle, isso acontece onde é exibido um grupo de pontos ao invés de um gráfico sequencial dos pontos individuais. Especificamente, se α for a probabilidade de um único ponto estar fora dos limites de controle quando os pontos forem exibidos individualmente, a probabilidade de que pelo menos κ pontos representados venham a cair fora dos limites é de aproximadamente $\kappa\alpha$. (Ryan, 2009).

A questão que se propõe relaciona-se ao que se deve ser feito quando um ou mais pontos encontram-se fora dos novos limites, a partir da remoção dos pontos que estão fora dos limites antigos. Isso poderia ocorrer como os pontos do Gráfico 1, já que ao se remover os pontos fora dos limites ocorreria com que os novos limites fiquem mais juntos. Assim sendo, os pontos que mal estão dentro dos limites antigos também podem mal estar fora dos limites recalculados ou novos limites.

Os pontos que encontram-se fora dos novos limites, devem ser investigados como “causa especial”, removidos e, esses limites recalculados se, e somente se, essa “causa especial” puder ser detectada e removida.

Temos assim um ciclo que deve prosseguir até que nenhuma outra ação possa ser tomada.

Com o trabalho de trazer o processo para um estado de controle estatístico, pode se dar início a um estudo de capacitação do processo, com o objetivo de determinar a capacitação em relação ao atendimento as especificações.

Os gráficos de controle, não podem produzir por si só o controle estatístico, ou seja, o pessoal responsável pelo processo deve se encarregar de eliminar as “causas especiais” que determinam a máxima variabilidade do processo. Os gráficos de controle indicam se o processo está sendo mantido sob controle estatístico e proporcionam aos usuários outros sinais a partir dos dados. Podem também se utilizar dos gráficos de controle, para empregá-los no estudo de capacitação de processo.

Para gráficos de controle existem muitos modelos diferentes, além de também várias maneiras de se calcular os limites de controle.

Passando do Estágio 1 para o Estágio 2, começa-se a fazer uma progressão para o uso de mais observações para os cálculos dos limites de controle. Para o Estágio 1 é adequado o número de 100 observações, individuais ou em grupos. Agora para o Estágio 2 os limites de controle a serem empregados, devem ser calculados a partir de pelo menos 300 observações. Esse número de observações tem sido recomendado na literatura (QUESENBERRY,1993).

Tendo como ponto de partida a ideia geral de ter os limites de controle calculados a partir de observações suficientes de todo o processo, o desejável é obter boas propriedades estatísticas para os limites de controle.

Assim, se forem utilizadas 100 observações no Estágio 1, os dados quando o processo estiver sob controle no Estágio 2, teria de somar a suas contrapartes no primeiro estágio, com os limites de controle (semipermanentes) do Estágio 2 calculados a partir do número necessário de observações. Esses limites de controle devem ser recalculados especialmente quando há sinais de uma alteração no processo.

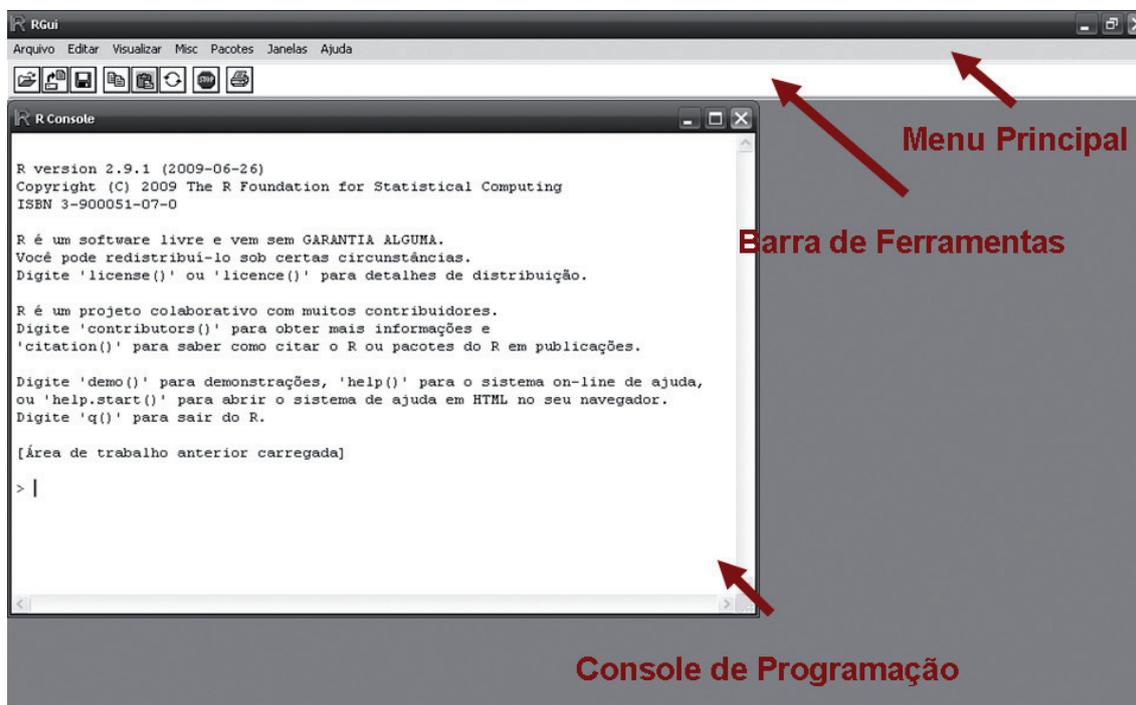
Não existem regras quando os limites devem ser recalculados, isso é uma questão de julgar a necessidade, na ausência de eventos discerníveis.

Sempre é interessante ter os limites de controle calculados a partir de dados mais recentes, assim, a questão é quando deve ser feito, ao invés de, se isso deve ser feito.

2.3 A Linguagem R

O Ambiente Computacional R surge inicialmente em 1996, desenvolvida originalmente por Ross Ihaka e por Robert Gentleman na universidade de Auckland, Nova Zelândia. Batizada com o nome R, pelo fato de ser a letra inicial de ambos os nomes e até como referência a linguagem S.

Figura 1: Partes principais da tela Inicial do *Software R*



Fonte: Dos autores

Neste *software*, encontramos uma facilidade de manipulação e armazenamento de dados e uma diversidade de ferramentas intermediárias para análise de dados, com fácil visualização gráfica em tela ou impressa.

Em um site de apoio do *Software R* se encontram disponibilizada as documentações relativas às formas de se operar, arquivos necessários para sua instalação, bem como uma relação de pacotes disponíveis no *Software*. O R é compatível com diversos sistemas operacionais, como Windows, Linux, Macintosh e Unix. A Figura 1 exibe a tela de programação do *Software*.

2.4 Pacote *QualityControlCharts* (qcc)

O programa básico do R (R base) possui alguns pacotes que fornecem as principais funcionalidades para a análise de dados. Como já dito, o R é uma aplicação de código aberto, outras funcionalidades são desenvolvidas e disponibilizadas para adicionar ao programa. Desta forma é possível instalar novos pacotes que são disponibilizados no CRAN. Os pacotes podem ser instalados de duas maneiras: através de arquivos zip ou através da *Internet*.

Para instalar pacotes através de arquivos zip, devemos clicar, no Menu Principal, na opção **Pacotes->Instalar pacotes a partir de arquivos zip locais**. Para instalar pacotes através da Internet, devemos clicar na opção **Pacotes->Instalar pacotes** e selecionar o repositório de dados mais próximo ao computador de acesso. Através da Internet o pacote pode ser baixado diretamente da página do projeto, tanto para Linux e *Windows*. Após a instalação do pacote, este é carregado no *Software R* através da função `require(qcc)`.

O pacote *QualityControlCharts* (`qcc`) é apenas um dos quase 1,6 mil pacotes disponíveis em apenas um dos muitos sites dedicados à Linguagem R. Este é direcionado ao Controle Estatístico de Processo e desenvolvido por Scrucca (2004). Este pacote permite: a geração dos gráficos de controle *Shewhart* para variáveis e atributos, efetuarem a Análise da Capacidade Processos, construir os gráficos de Pareto e diagramas de Causa e Efeito, etc.

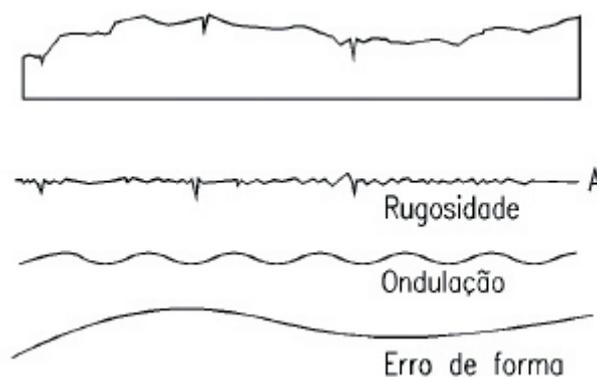
2.5 Descrição dos Dados Reais

A situação em estudo consiste de um processo de usinagem onde se deve controlar a principal característica em potencial de uma peça, característica que pode influenciar diretamente na qualidade, trata-se do controle da textura superficial de eixos fabricados através de um processo de usinagem.

A rugosidade consiste do conjunto de irregularidades que são pequenas saliências e reentrâncias que caracterizam uma superfície. O perfil apresentado por um gráfico, depois de uma filtragem para eliminar a ondulação à qual se sobrepõe geralmente a rugosidade (Figura 2). Tomando-se uma pequena porção da superfície, observam-se certos elementos que a compõe (CAMARGO, 2002).

O rugosímetro é o aparelho eletrônico para a mensuração e avaliação de superfícies de peças e ferramentas. Ele assegura um alto nível de qualidade nas medições, onde a característica a ser obtida é a análise dos problemas relacionados à rugosidade das superfícies.

Figura 2: Perfil efetivo de uma superfície



Fonte: Camargo (2002)

O processo consiste, basicamente, em percorrer com o apalpador a superfície a ser analisada de formato normalizado, este deve ser acompanhado de um guia (patim) em relação ao qual ele se move verticalmente.

Ao percorrer a rugosidade da superfície com o apalpador, o guia (patim) acompanha as ondulações da superfície. Transformando o movimento da agulha em impulsos elétricos e registrados no mostrador e no gráfico.

3 RESULTADOS

Os dados foram alimentados por inspetores através de um ponto de coleta eletrônico instalado no setor produtivo (Controle estatístico em tempo real), μ inchRa é uma unidade utilizada para medir grandeza de rugosidade e o instrumento utilizado foi um rugosímetro portátil. A frequência de medição está estabelecida em 3 peças por dia. Utiliza-se um banco de dados referente há 65 dias, sendo os 40 primeiros dias referentes à aplicação dos limites tentativos, após isso os limites de controle são considerados fixos e a análise subsequente é exibida para os 25 dias restantes.

Quadro 1: Códigos em R para geração de ajustes de limites de controle calculados

```
dados=qcc.groups(x,amostra)

qcc(dados,type="R",limits=c(LIC.R,LSC.R),center=R.barra)
```

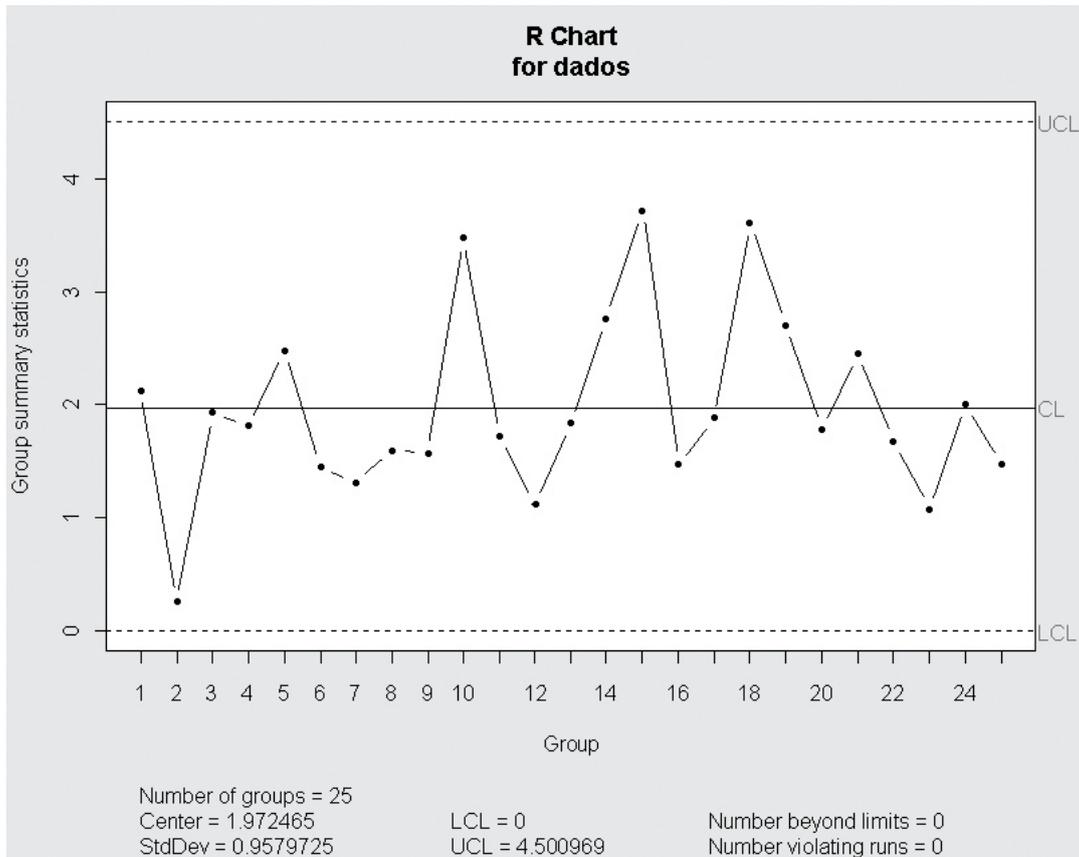
Fonte: Dos autores

Neste primeiro caso temos a adição das amostras para o gráfico R amplitude (Quadro 1), em negrito estão os códigos para a obtenção do gráfico de controle, este ultimo é exibido no Gráfico 2, de onde observa-se a carta de controle gerada pelo *Software* R. Verifica-se que para este gráfico a amplitude esta sob controle, mesmo com alguns pontos individualmente distantes.

No segundo caso analisamos o gráfico X-barra para as 25 amostras, assim como no exemplo anterior, Gráfico 2 apresenta em negrito os códigos para a geração do gráfico.

Verifica-se no Gráfico 2 que a média do processo encontra-se sob controle, pois os pontos estão dentro dos limites estatísticos.

Gráfico 2: Controle de amplitude para todos os dados



Fonte: Dos autores

Quadro 2: Códigos em R para a geração do gráfico de controle X-barra com limites calculados

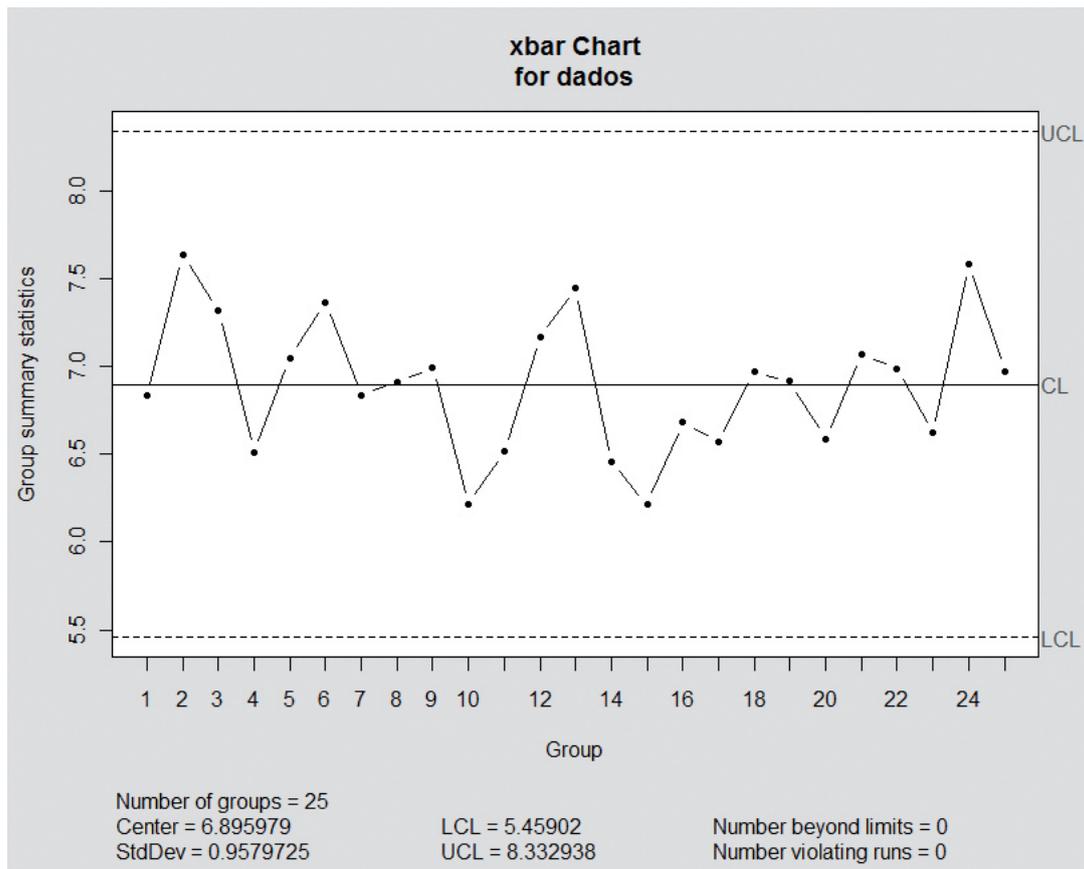
```
processo=qcc(dados,type=»xbar»,limits=c(LIC.xbar,LSC.xbar),center=X.barra.barra)
```

Fonte: Dos autores

3.1 Capabilidade do Processo

Através do *Software R*, pode-se também obter o gráfico de capacidade do processo, que indica se o processo é ou não capaz de atender as especificações do cliente. Pois, mesmo um processo sob controle pode produzir um produto ruim.

Gráfico 3: Controle de X-barra para todos os dados



Fonte: Dos autores

Quadro 3: Códigos em R para geração do gráfico de capacidade

```
>process.capability(processo,c(3.5,10.5))
Process Capability Analysis
Call:
process.capability(object = processo, spec.limits = c(3.5, 10.5))

Number of obs = 100      Target = 7
      Center = 6.895979    LSL = 3.5
StdDev = 0.9579725      USL = 10.5

Capability indices:

      Value   2.5%   97.5%
Cp      1.218   1.048   1.387
Cp_l    1.182   1.033   1.330
Cp_u    1.254   1.098   1.411
Cp_k    1.182   1.005   1.359
Cpm     1.211   1.042   1.379

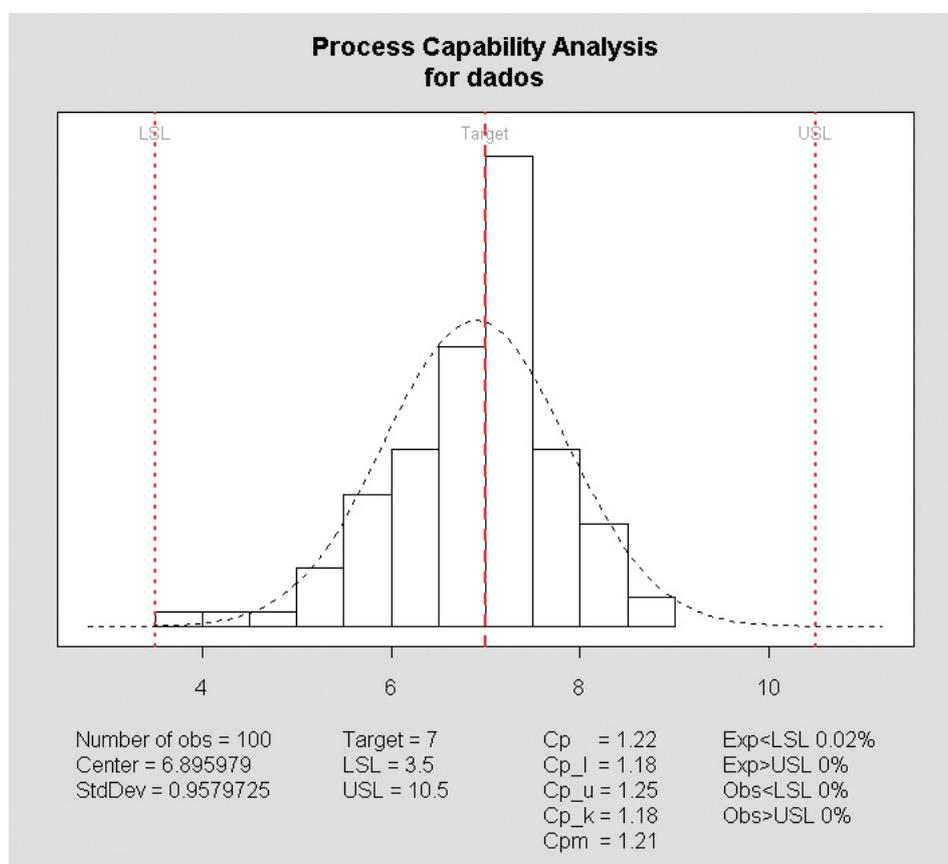
Exp<LSL 0.020%  Obs<LSL 0%
Exp>USL 0%Obs>USL 0%
```

Fonte: Dos autores

Assim, o Quadro 3 representam os códigos em negrito para obtenção das medidas da capacidade do processo, resultantes no gráfico de capacidade do processo exibido no Gráfico 4.

Através do Gráfico 4, verificamos que o processo mantém um índice Cp de capacidade considerado adequado ($Cp > 1$) e apresenta uma distribuição simétrica, onde os pontos estão centralizados entre 7 e 8.

Gráfico 4: Capabilidade



Fonte: Dos autores

3.2 Viabilidade Econômica

Ao utilizar um *software* livre, a empresa deixa de investir em programas pagos e comercializados do setor, além de não possuir custo algum sobre a manutenção do *software* adquirido. Seu único investimento será em treinamentos para a utilização do R, os quais são disponibilizados por centros universitários e empresas de consultoria. O valor médio deste investimento é de R\$ 1.000,00 para um treinamento de 6h para um grupo de 20 pessoas, segundo uma pesquisa realizada por telefone com uma prestadora deste serviço.

Para avaliar o valor econômico ganho por uma empresa ao utilizar o *Software* R e não utilizados os outros *softwares* comerciais, em um prazo de 10 anos, considera-se a metodologia do Valor presente Líquido - VLP (GUIDORIZZI, 2002).

$$VPL(i\%, A_1:A_n) = \frac{F_1}{(1+i\%)} + \frac{F_2}{(1+i\%)^2} + \frac{F_n}{(1+i\%)^n}$$

Sendo $i\%$ a taxa base anual de juros considerada no prazo de 10 anos, o fluxo de caixa para cada mês e o número de 10 anos.

A uma taxa base de 6% ao ano, um investimento anual de R\$ 1.000,00 para os treinamentos e um ganho de R\$19.772,60 a cada ano, por não utilizar um *software* comercial, a economia, em dias atuais, chega a R\$ 145.528,10. Os dados para esse cálculo se encontram na Seção 1.

4 CONCLUSÃO

Pode-se dizer que a metodologia CEP, utilizando o ambiente computacional R, é uma forte alternativa para as empresas que desejam manter seu controle de qualidade, amenizando os seus custos, já que o ambiente computacional R é de licença livre. O diferencial é que este pode ser obtido em tempo real, onde o inspetor responsável pela coleta das amostras lança os resultados de imediato no *Software R* e realiza a análise dentro dos limites de controle calculados, verificando a variação de seu processo.

A empresa, oferecendo um treinamento anual a seus funcionários e deixando de investir em *softwares* comerciais, possui uma economia significativa em seus gastos. Além das vantagens financeiras, a empresa terá em mãos um *software* totalmente customizável, no qual qualquer metodologia de análise de dados pode ser aplicada ou programada.

O *Software R* não é amplamente conhecido no ambiente industrial, sendo mais utilizado na área acadêmica e grandes multinacionais, como Google e *Bank of America*. Um dos objetivos com este artigo é divulgar esta ferramenta, facilitando a implementação da análise de dados em pequenas e médias empresas, especialmente aquelas que não possuem capital suficiente para investimento em *softwares* comerciais, bem como incentivar a substituição de *softwares* comerciais por *softwares* livres, o que gera a redução de custos e fornece mais um gatilho para a impulsão do crescimento industrial do país.

Além de apresentar o *Software R* aplicado à problemática de uma indústria específica, nota-se que seu processo produtivo atende as especificações dos clientes e está sob controle estatístico, média e variabilidade constante.

Além da estrutura metodológica apresentada no presente artigo, direcionada para controle de variáveis contínuas, como é o caso variável rugosidade aqui estudada, existe ainda a possibilidade de se ter interesse no CEP com base em atributos, como por exemplo, a quantidade de defeitos apresentados ou mesmo a proporção dos mesmos. Maiores detalhes sobre o CEP para atributos podem ser encontrados em Montgomery (2004).

STATISTICAL PROCESS CONTROL VIA FREE LANGUAGE

ABSTRACT

The high market competitiveness has demanded companies to add quality to their products in order to achieve high-performance minimize waste and reduce the cost of the final product. In this context emerges the methodology of Statistical Process Control (SPC). Companies that make use of SPC require specific *software*, which involves performing statistical calculations, construction of graphs, and measurement of process capability, among other needs. They need to provide financial resources to purchase a license for their use; this cost is often passed on to the final product. The purpose of this work is to employ a free and open computing environment that is available on the World Wide Web, known as Language R or *Software R*, to carry out the SPC gratuitously. In this paper, we demonstrate the applicability of SPC via *Software R* within the industrial context. Areal data set related to the surface texture of axles manufactured by machining process is presented in detail.

Keywords: SPC, Statistical Process Control, Machining Process, Roughness, R *Software*.

REFERÊNCIAS

- CAMARGO, R. **Rugosidade superficial nas operações de torneamento**. Santa Bárbara D'Oeste: SENAI/SP, 2002.
- GUIDORIZZI, h. I. **Matemática para administração**. Rio de Janeiro: LTC, 2002.
- LOPES, L. F. D. **Controle estatístico de processo**. 2007. 68 p. Santa Maria, 2007. Apostila do curso de Engenharia de Produção.
- MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.
- QUESENBERRY, C. P. The effect of sample size on estimated limits for X and control charts. **J. Quality Technol**, [S.l.], vol. 25, pp. 237-247, 1993.
- RIBEIRO, J. L.; CATEN, C. T. **Controle estatístico do processo**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1998. Apostila do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.
- RYAN, T. P. **Estatística moderna para engenharia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing.** [S.l.]: R Foundation for Statistical Computing, 2010.

SCRUCCA, L. Qcc: an R package for quality control charting and statistical process control. **R News**, [S.l.], vol.4, no.1, pp.11-17, 2004.

SOBRE OS AUTORES



Anderson Ara

Doutorando em Estatística pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Docente de Estatística na Faculdade de Tecnologia SENAI Antônio Adolpho Lobbe, São Carlos, SP, Brasil. Pesquisador vinculado ao Centro de Estudos do Risco (CER) do Departamento de Estatística da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, SP, Brasil.



Francisco Louzada

PhD em Estatística, University of Oxford (Oxford), Inglaterra. Docente Titular do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (ICMC-USP). Diretor Adjunto do Centro de Matemática e Estatística Aplicadas à Indústria (CeMEAI-USP) e do Centro de Estudos do Risco (CER-USFSCar). Bolsista em Produtividade do CNPq.



João Paulo Sganzella

Graduando em Tecnologia em Fabricação Mecânica na Faculdade de Tecnologia SENAI Antônio Adolpho Lobbe, São Carlos, SP, Brasil. Colaborador da Tecumseh do Brasil Ltda., São Carlos, SP, Brasil. Possui formação em Gestão da Qualidade, Estatística Aplicada a Qualidade e Inspeção da Qualidade Industrial.