COMPARATIVO ENTRE SISTEMAS DE ARGAMASSA PROJETADA E CONVENCIONAL – ESTUDO DE CASO

Tema: Processos de execução.
Grupo: 2

LUCAS RAMOS[1], ABRAHÃO BERNARDO ROHDEN[2]

[1]Engenheiro Civil, Fundação Universidade Regional de Blumenau, lucas_ramos@hotmail.com.br
[2] Prof. Dr., Fundação Universidade Regional de Blumenau, arohden@pucrs.br

RESUMO
O método mecanizado de projeção de argamassa visa racionalizar o processo de forma que o tempo de execução, o uso de recursos humanos e o desperdício de materiais sejam menores. O presente trabalho compara o sistema de revestimento com projeção manual e o sistema com projeção mecânica. O sistema mecanizado de projeção de argamassa apresentou maior produtividade em relação ao método convencional, cerca de 40% para o revestimento interno e apenas 15% para o revestimento externo, porém, notou-se que a falta de gerenciamento afetou diretamente a produtividade, onde os resultados dos índices C_pk ficaram abaixo do mínimo necessário para considerar o processo viável.

Palavras-chave: argamassa; produtividade; custos; sistema mecanizado de projeção.

COMPARATIVE BETWEEN PROJECTED AND CONVENTIONAL MORTAR SYSTEMS - CASE STUDY

ABSTRACT
The mechanized method of projecting mortar aims to rationalize the process so that the execution time, the use of human resources and the waste of materials are smaller. The present work analyzes the advantages and disadvantages of the use of the mechanized system. The mechanized mortar projection system presented higher productivity than the conventional method, about 40% for the internal coating and only 15% for the external coating, but it was noticed that the lack of management directly affected the productivity, where the results of the C_pk indices were below the minimum required to consider the feasible process.

Key-words: mortar; productivity; costs; mechanical projection system.

1. INTRODUÇÃO

Geralmente os revestimentos à base de argamassa, industrializados ou não, são aplicados de forma manual, caracterizando uma etapa bastante dependente da mão-de-obra. Essa característica quase artesanal do processo, que depende enormemente da cultura de cada empresa e do preparo individual de cada operário, é um dos motivos da baixa produtividade desta etapa e de grande variação de qualidade encontrada em todo o país. Uma alternativa cada vez mais presente nos canteiros de obra é a projeção da argamassa, que se trata de um método de aplicação mecanizado, que visa racionalizar o processo, de forma que o tempo de execução, o uso de recursos humanos e o desperdício de materiais sejam menores. Nesse caso, podem ser utilizados diversos tipos de máquinas, que devem ser escolhidas conforme a dimensão e layout do canteiro, características da argamassa a ser projetada, os equipamentos disponíveis no mercado e a tipologia da obra [(1)].

Para Zanelatto[(2)] denomina-se sistema de projeção de argamassas o conjunto de equipamentos utilizados para realizar desde atividades relacionadas ao recebimento dos materiais no canteiro (no caso de armazenamento de argamassa em silos) até a aplicação da argamassa no substrato. Esses sistemas são, por sua vez, denominados sistema de projeção via seca ou sistema de projeção via úmida.

O estudo da produtividade é tradicional na Indústria Seriada, tendo recebido uma atenção maior na Indústria da Construção apenas mais tardiamente. No entanto, em função das peculiaridades de tal atividade, torna-se relevante a utilização de metodologias especialmente desenvolvidas para este setor. Este é o caso do Modelo dos Fatores, que cria um caminho ao mesmo tempo simples e eficaz para se mensurar o consumo de mão de obra nos serviços de construção[(3)].

Segundo Souza[(4)] o Modelo dos Fatores, foi desenvolvido na Pennsylvania State University, e o desenvolvimento do modelo assume a existência de uma condição padrão de trabalho, sob esta produtividade diária será a ideal (pode-se ou não assumir a existência de aprendizado).

Araújo e Souza[(3)] afirmam ainda que o Modelo dos Fatores tem as seguintes características básicas: foco na produtividade da mão de obra em nível de equipe (medida em homens-hora por unidade de serviço); possibilidade de consideração dos efeitos da curva de aprendizagem; detecção de correlação de vários fatores, que podem ser mensurados, com a produtividade.

Assim o objetivo deste trabalho foi comparar o sistema de revestimento com projeção manual e o sistema com projeção mecânica, através de indicadores de produtividade.

2. PROGRAMA EXPERIMENTAL

2.1. Obra estudada

O estudo foi realizado em um empreendimento localizado Blumenau - SC. Constituído de nove pavimentos, com 8.303,14 m² de área construída. A estrutura da edificação foi construída em

concreto armado e utilizaram-se blocos cerâmicos para a alvenaria de vedação. Por se tratar de uma obra com canteiro apertado alguns fatores como acesso ao canteiro (1), área disponível para produção de argamassa em obra (2), disponibilidade de equipamentos para transporte vertical (3) e trânsito na região (4) influenciaram na adoção do sistema de projeção de argamassa (Figura 1).

Figura 1 – Fatores que influenciam no planejamento do canteiro de obras



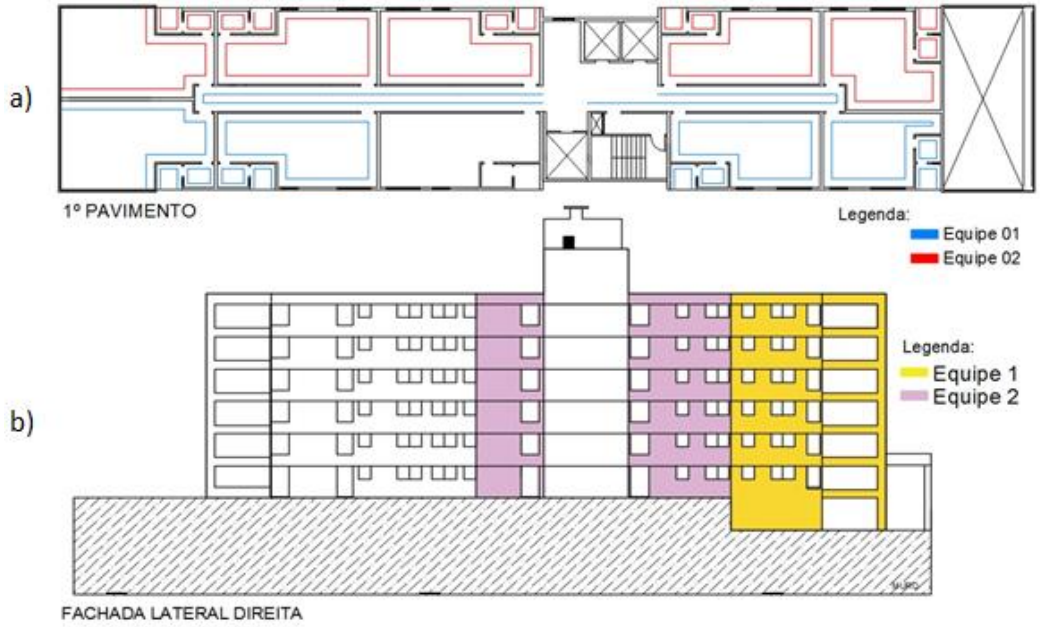
A mão de obra para o revestimento de argamassa era terceirizada, os pedreiros recebiam remuneração por produção (m²) e os serventes de acordo com as horas trabalhadas. Não havia projeto de revestimento e nem plano de projeção, ficando a critério dos pedreiros a definição de quais frentes de trabalho seriam atacadas. As principais características na etapa de execução do revestimento de paredes internas e externas da obra em questão foram: a) Argamassa industrializada a granel; b) Material estocado em silos; c) Transporte por bombeamento via seca; d) Aplicação através de equipamentos de projeção; e) Taliscamento e mestras executadas junto com a massa única; f) Acabamento sarrafeado e desempenado.

Para a execução do revestimento de argamassa interno foram utilizadas duas equipes de formadas por dois pedreiros cada e também um funcionário cuidava do equipamento de bombeamento e projeção. O fornecimento de argamassa se deu através de uma misturadora com projetor acoplado. As duas equipes diretas revezavam o uso do equipamento de projeção de acordo com as frentes de trabalho.

Para a execução do revestimento de argamassa externo também foram utilizadas duas equipes de trabalho com dois pedreiros cada e um servente como apoio para as duas equipes. As equipes trabalhavam de forma independente uma da outra, utilizando dois balancins leves. Para a aplicação da argamassa as equipes tinham a disposição um equipamento de projeção, que era revezado entre elas.

A coleta de dados para medição da produtividade foi realizada através do preenchimento diário de uma planilha, contendo o tempo de trabalho envolvido da mão de obra direta e do mapeamento da produção interna (figura 2 – a) e externa (figura 2 – b) de cada equipe de trabalho. Através disso, foi possível quantificar a produtividade para a produção de revestimento de argamassa.

Figura 2 – Levantamento de área interna revestida (a) e área externa revestida (b)



É importante ressaltar que a coleta de dados é referente as equipes diretas de trabalho, as horas efetivamente trabalhadas e a área líquida revestida. As áreas se referem ao serviço de massa única, embutido os valores de taliscamento e chapisco.

2.2. Indicadores de produtividade

Para análise da produtividade, neste trabalho foram utilizados os indicadores de Razão Unitária de Produção (RUP) diária, RUP cumulativa e RUP potencial. A RUP é calculada com os valores de homens-hora e quantidade de serviço referentes ao dia de trabalho analisado. A RUP cumulativa é calculada a partir de valores de homens-hora e quantidade de serviço, referentes ao período que vai do primeiro dia em que se estudou a produtividade até o dia em questão. A RUP potencial corresponde a mediana dos valores da RUP menores ou iguais à RUP cumulativa.

2.3. Capabilidade do processo

Para Oliveira *et al.*[5] o índice Cp, chamado de índice de capacidade potencial do processo, considera que o processo está centrado no valor nominal da especificação. Kane (1986 apud

Oliveira *et al.* [5]) propôs o índice de desempenho Cpk, que leva em consideração a distância da média do processo em relação aos limites de especificação. Este índice é dado pela Equação 1. L.C.S é o limite de controle superior; L.C.I. é o limite de controle inferior; μ é a média do processo e σ é o desvio-padrão do processo. O referido autor também sugere os intervalos indicados na Tabela 1 para análise dos resultados.

Para análise da capabilidade do processo utilizou-se o índice Cpk, considerando apenas o limite de controle superior (L.C.S.), onde o valor adotado foi o inverso da RUP potencial, ou seja, o valor adotado é igual a mediana dos valores da RUP diária que ficaram acima da RUP cumulativa. Neste estudo não se adotou limite de controle inferior (L.C.I.), pois quanto menor a RUP maior a produtividade, sendo este um aspecto positivo. Diferentemente da produção de peças na indústria seriada, onde há que se ter limites superiores e inferiores nas medidas de uma determinada peça.

$$c_{pk} = MIN\left(\frac{L.C.S. - \mu}{3\sigma}; \frac{\mu - L.C.I.}{3\sigma}\right) \quad (1)$$

Tabela 1 – Intervalos de referência para análise do índice CP

Cp	Intens não conformes (PPM)	Interpretação
Cp < 1	Acima de 2700	Processo incapaz
1 ≤ Cp ≤ 1,33	64 a 2700	Processo aceitável
Cp ≥ 1,33	Abaixo de 64	Processo potencialmente capaz

Fonte: Montgomery (2004 apud Oliveira *et al.* [5])

3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

3.1. Revestimento interno

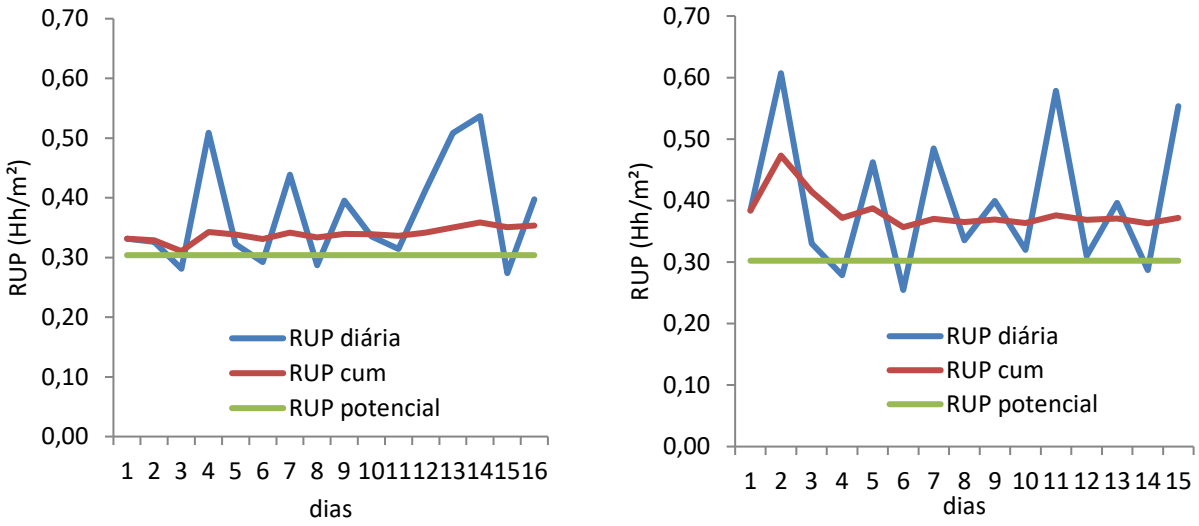
Para o revestimento interno, foram analisadas duas equipes durante 16 dias de trabalho. Pode ser observado na Figura 3-(a) que a equipe 1 não demonstrou aprendizado com a repetição dos serviços, analisando a RUP cumulativa pode-se perceber que há pouca variação de valores, e a curva tende a se afastar da RUP potencial, o que demonstra diminuição da produtividade.

Conforme dados apresentados na Figura 3-(b), a equipe 2 demonstrou certo aumento da produtividade com a repetição dos serviços. A RUP cumulativa tende a se aproximar da RUP potencial, o que caracteriza aprendizado da equipe, porém essa aproximação foi discreta.

De modo geral, as equipes tiverem desempenho semelhante, onde a RUP diária se mostrou bastante variável, devido ao mal dimensionamento das equipes e também da falta de um plano de projeção. Não havia um funcionário fixo para realizar a projeção, e algumas vezes, a máquina de projeção ficava parada devido a necessidade de os pedreiros executarem os serviços de requadro que ficaram pendentes, tarefa que tinha que ser realizada ou não

poderiam prosseguir para a próxima etapa, fato que resultou na oscilação constante da RUP diária.

Figura 3 – RUP revestimento interno Equipe 1 (a) e equipe 2 (b).



Aplicando o método estatístico de gestão de qualidade, denominado capabilidade do processo, tanto a Equipe 1 (Figura 4-a) como a Equipe 2 (Figura 4-b) se mostraram ineficazes na realização do serviço, ficando os valores de Cpk abaixo de 1, que teve como causa a grande variabilidade do processo (oscilação da RUP diária,), resultando em 26,67% das amostras acima do L.C.S. para a Equipe 1 e 18,75% das amostras acima do L.C.S. da Equipe 2. O desempenho das equipes poderia ser melhorado, conforme estudos realizados pela Comunidade da Construção [(1)] através da unificação das duas equipes e da divisão de funções dos operários.

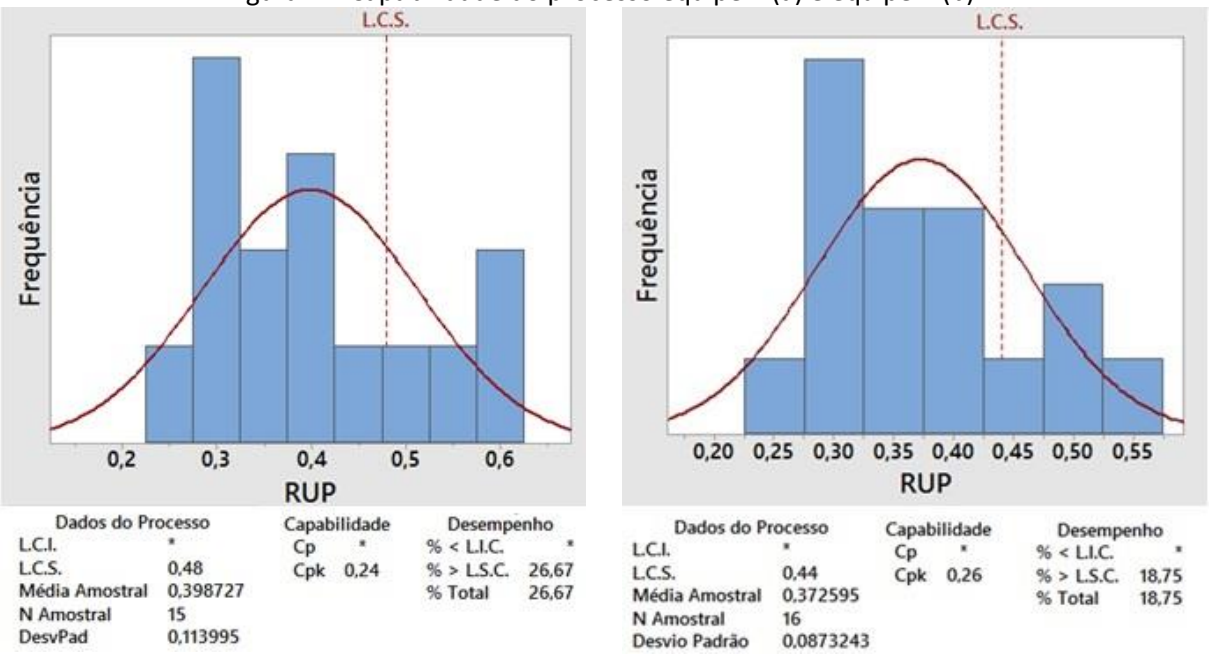
3.2. Revestimento externo

Para o revestimento externo foram analisadas duas equipes de trabalho em um período de cinco meses. Nos primeiros dois meses, a equipe 1 estava realizando o revestimento em um muro sem muitos requadros, onde nota-se aprendizado com a repetição dos serviços do primeiro para o segundo mês. Nos três meses seguintes, a equipe executou o revestimento de fachada na obra em estudo, onde, inicialmente tiveram uma queda na produtividade, devido a adaptação da equipe, e nos meses seguintes podemos observar uma melhora considerável na produção como pode ser visto na Figura 5-a.

Já na Figura 5-b pode-se observar que a RUP cumulativa tente a se afastar da RUP potencial, o que caracteriza perda de produtividade. No primeiro mês, a equipe estava trabalhando em conjunto com a equipe 1 no revestimento do muro externo, porém, no segundo mês,

trabalharam em outro serviço na obra, voltando a executar o serviço no revestimento externo com fornecimento de balancim apenas no terceiro mês, devido a essa descontinuidade a equipe não conseguiu melhorar seu desempenho. A maior RUP (0,88) no último mês teve como anormalidade cerca de 60% dos panos revestidos com mais de 5 cm de espessura.

Figura 4 – Capabilidade do processo equipe 1 (a) e equipe 2 (b).

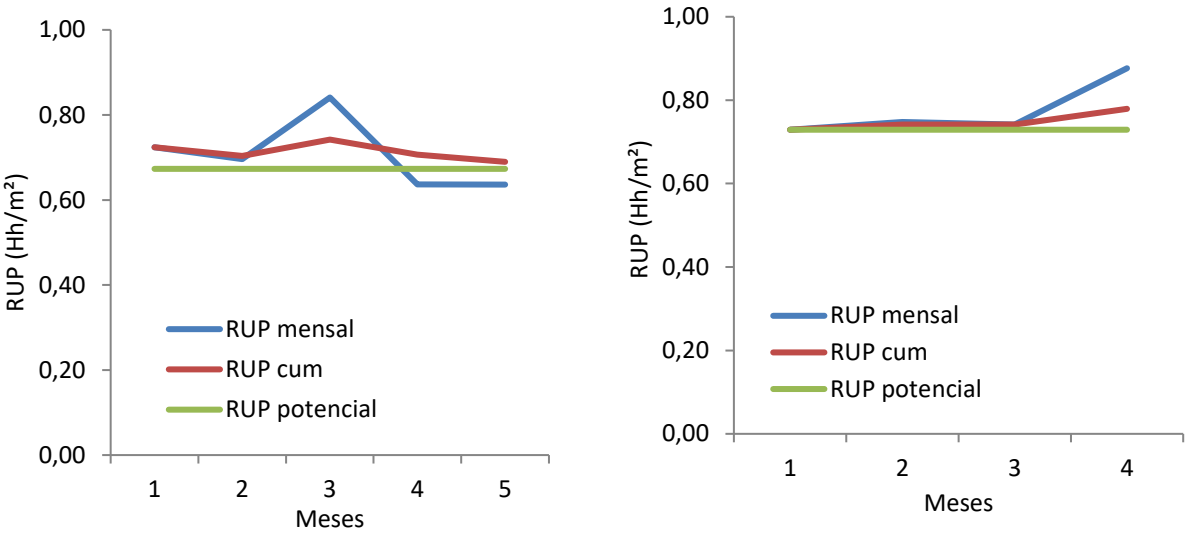


(a) (b)

O principal fator para este desempenho é o dimensionamento da equipe, onde cada um projetava e executava o acabamento do seu próprio balancim, de forma individual. Desta forma, o primeiro pedreiro segurava a bomba até a finalização da projeção do seu pano. Isso ocasionou a ociosidade dos próximos pedreiros, que ficavam esperando a liberação da bomba de projeção.

A Comunidade da Construção [(1)] realizou um estudo sobre práticas que impactam na melhora da produtividade, onde após a implantação da divisão do trabalho obtiveram um aumento da produtividade de quase 40%. Na obra referida estudada os pedreiros trabalhavam de forma individual, e passaram a seguir a seguinte divisão de trabalho: Pedreiro 1: Preparador do balancim - responsável por deixar os balancins seguintes prontos para a projeção (preparação de taliscas e telas); b) Pedreiro 2: Projetista - responsável pela projeção; c) Pedreiro 3: Sarrafeador - responsável pelo sarrafeamento, trabalha em conjunto com o projetista, enquanto um projeta o outro sarrafeia; d) Pedreiro 4: Desempenador - responsável por desempenar e fazer o acabamento dos panos após os mesmos terem sido sarrafeados pelo pedreiro 3. Enquanto não houver área para ser desempenada ele exerce a função do pedreiro 1.

Figura 5 – RUP revestimento externo equipe 1 (a) e equipe 2 (b).



4. CONCLUSÕES

Os resultados do sistema mecanizado na obra em estudo, apresentaram maior produtividade em relação ao sistema de projeção manual estimados com base na TCPO 13 [6], cerca de 40% para o revestimento interno e apenas 15% para o revestimento externo. Porém notou-se que a falta de gestão impediu o aumento de produtividade das equipes fosse ainda maior, o que ficou evidente após a aplicação do método estático de gestão da qualidade, denominado capabilidade do processo, onde os resultados dos índices C_pk, para um limite de controle superior (L.C.S.) pré-estabelecido ficaram abaixo de 1 (um), caracterizando o processo como inválido, ou incapaz de executar o serviço, tendo como causas especiais o mal dimensionamento das equipes, e a falta de um plano de projeção, uma vez que ficava a critério dos pedreiros quais panos seriam atacados, o que causou grande oscilação da RUP diária, caracterizando a produção como “qualidade dente de serra” ou “empresa serrote”. Notou-se que para o L.C.S. estabelecido para as equipes internas, 18,75% dos valores da RUP diária da Equipe 1 e 26,67% dos valores da Equipe 2 ficaram acima do limite, valores elevados que influenciaram para que o processo se tornasse incapaz. Ficou claro que a falta de planejamento afeta diretamente a produtividade, ou seja, apenas a mecanização não basta, há que se ter também uma boa gestão.

5. REFERÊNCIAS

1. COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Argamassa Projetada**. 1. ed. Salvador, BA, Comunidade da Construção. 2012.

2. ZANELATTO, K. C. **Avaliação da influência da técnica de execução no comportamento de revestimento de argamassa aplicado com projeção mecânica continua**. Dissertação (Mestrado)-Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

3. ARAÚJO, L.O.C.; SOUZA, U.E.L. **A produtividade da mão-de-obra na execução de revestimentos de argamassa**. Brasil - Vitória, ES. 1999. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, Vitória, 1999. Artigo técnico.

4. SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes. **Metodologia para o estudo da produtividade da mão-de-obra no serviço de fôrmas para estruturas de concreto armado**. Brasil - São Paulo, SP. Tese (Pós-graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal de São Paulo, 1996.

5. OLIVEIRA, J. B.; SOUTO, R. R.; MAIA, R. D. A.; MEIRA, J. A.; LIMA, V. S. P. **Análise da capacidade de um processo: Um estudo de caso baseado nos indicadores Cp e Cpk**. XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Belo Horizonte, 2011.

6. TCPO: **Tabelas de composição de preços para orçamentos**. 13.ed. São Paulo: Editora Pini, 2010.