

Redução do impacto ambiental na produção de cerâmicas: implicações e análise de investimentos

Reducing the environmental impact in the production of ceramics: implications
and investment analysis

Henrique Araújo Godinho¹, Diego Augusto de Jesus Pacheco², Carla Schwengber ten Caten³,
Carlos Fernando Jung⁴

¹Doutorando, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Transportes – PPGEP, Universidade Federal do Rio Grande do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

²Mestre, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Transportes – PPGEP, Universidade Federal do Rio Grande do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

³Doutora, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Transportes – PPGEP, Universidade Federal do Rio Grande do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

⁴Doutor, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Transportes – PPGEP, Universidade Federal do Rio Grande do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

Resumo

A fabricação de cerâmica e tijolos é por natureza geradora de altos índices de perdas e resíduos ambientais. O presente estudo avaliou a partir das técnicas de controle estatístico de processos um possível investimento a ser realizado no processo de extrusão e verificou o resultado de um investimento realizado no processo de secagem visando minimizar os impactos ambientais e otimizar os processos. Os principais resultados da pesquisa mostraram que a melhoria no processo de extrusão através da aquisição de uma retífica se mostrou economicamente viável, uma vez que o tempo de amortização do investimento ficou satisfatório para a empresa. Já no caso da melhoria no processo de secagem, o tempo de amortização do investimento foi avaliado em sessenta e dois meses, que apesar de ser um tempo elevado em termos estratégicos, tal melhoria faz parte de um programa de ampliação da produção da indústria estudada. Concluiu-se que as técnicas de controle estatístico de processos podem ser usadas de forma relevante para a decisão de investimentos que envolvem redução do impacto ambiental e otimização da produção da produção de cerâmicas.

Palavras-chave: Controle estatístico de processo. Extrusão. Secagem. Produção de cerâmicas. Análise de investimentos.

Abstract

The manufacture of ceramics and bricks is by nature generates high loss rates and environmental waste. This study assessed from the techniques of statistical process control a possible investment to be made in the extrusion process and verified the result of an investment in the drying process to minimize environmental impacts and optimize processes. The main results showed that the improvement in the extrusion process through the acquisition of a grinding proved economically viable, since the payback time of the investment was suitable for the company. In the case of improvement in the drying process, the payback time of the investment was valued at sixty and two months that despite being a high time in strategic terms, this improvement is part of a program to expand the production of the studied industry. It was concluded that the techniques of statistical process control can be used significantly to investment decisions that involve reducing environmental impact and optimizing production from the production of ceramics.

Keywords: Statistical process control. Extrusion. Drying. Production of ceramic. Investment analysis.

1 Introdução

O uso do tijolo cerâmico em construção data de quase cinco mil anos, sendo o mais antigo material fabricado pelo homem ainda em uso. Contudo ao invés de tornar-se antiguidade, o produto cerâmico continua sendo largamente utilizado e geralmente é o material de construção preferido pelos usuários (ROMAN, 1999). A produção industrial do tijolo de vedação (nome dado ao tijolo que não tem função estrutural em uma construção) pode ser descrita pelas etapas de: beneficiamento, conformação e tratamento térmico. A etapa de beneficiamento, como o próprio nome diz, tem a função de preparar a matéria-prima através de moagem, dosagem e alimentação, controle de umidade, desintegração e laminação. A etapa de conformação compreende as sub-etapas de extrusão e corte.

A extrusão é um método de conformação amplamente empregado, onde uma massa plástica rígida é “empurrada” através de uma boquilha, para formar uma barra de seção constante. A máquina utilizada é uma extrusora de vácuo também conhecida como “maromba”. A extrusora possui um caracol de forma helicoidal, que vai empurrando a massa, que é cortada em tamanhos pré-determinados. Por fim, a etapa de tratamento térmico é onde as peças são submetidas ao efeito do aumento de temperatura. Fazem parte desta etapa a secagem e a sinterização. O objetivo da secagem é o de eliminar a água, utilizada na etapa de conformação, necessária para a obtenção de uma massa plástica (VIEIRA, 2003).

Todos os processos de produção apresentam variações, gerando produtos ou serviços que diferem entre si. Os fatores que podem contribuir para estas mudanças nas características de qualidade do produto ou serviço são variações naturais existentes nas máquinas, nos métodos, nos materiais, no meio ambiente, na mão-de-obra ou nas medidas ou observações efetuadas nos produtos. O controle estatístico de processo (CEP) é uma das mais poderosas metodologias desenvolvidas visando auxiliar no controle eficaz da qualidade (MAYER, 2004). Pires (2000) aborda o controle e garantia da qualidade no processo de manufatura de óleo de arroz, através do monitoramento estatístico de variáveis de processo e produto, com vistas a atingir padrões de excelência no processo produtivo e na satisfação dos clientes. Outros trabalhos tratando do tema agrícola são encontrados nos artigos de Barros (2010), Milan (2002) e Silva (2007). Já em sua obra, Mayer (2004) aborda a redução da variabilidade e a redução de perdas da má qualidade em um processo de corrugação de chapas de corpo de silos de grãos, através da utilização do Controle Estatístico de Processos. No caso de Lima (2007), o trabalho foi em relação à aplicação do CEP em processos da indústria farmacêutica.

Há trabalhos abordando a implantação do CEP na área de Construção Civil como na obra de Falcão, que disserta sobre a aplicação de ferramentas para o controle da qualidade e melhoria do processo de produção de uma etapa construtiva de edificações residenciais (FALCAO, 2001). Outro autor de artigo na área é o de Silva (2005), estudando a detecção de falhas estruturais utilizando controle estatístico de processos. No ramo da Indústria Têxtil, Almas (2003) cita a aplicação do CEP nos processos de uma empresa deste setor. Torminato (2004) estuda uma aplicação na produção de autopeças. Corrêa (2009) faz um estudo sobre controle e análise da capacidade do processo de produção de água potável citando mais uma aplicação eficaz da ferramenta. Diversos outros estudos de aplicação prática do CEP em diversas áreas podem ser encontrados na literatura (PIEROZAN, 2001; SOUZA, 2002; ALENCAR, 2004; ALENCAR, 2007; FERREIRA, 2011; CORTIVO, 2005; FERNANDES, 2011; INDEZEICHAK, 2005). Percebe-se através desses exemplos a importância e aplicabilidade do Controle Estatístico de Processos (CEP) em diferentes áreas de conhecimento. Entretanto, até onde se pesquisou, não se evidenciou aplicação do CEP para avaliação de investimentos em processos produtivos cerâmica industrial de tijolos de vedação.

O cenário atual das empresas no Brasil é caracterizado pelo aumento da exigência por qualidade dos consumidores e a presença de competidores cada vez mais numerosos. Por esse motivo, as empresas, seja o porte que for, estão sempre buscando melhorias em seus processos produtivos. O

objetivo deste trabalho, então, foi estudar um possível investimento a ser realizado no processo de extrusão assim como verificar o resultado de um investimento realizado no processo de secagem, ambos pertencentes a uma produção industrial de tijolos de vedação de uma cerâmica vermelha de pequeno porte, a partir de técnicas de controle estatístico de processos. A seção dois apresenta a metodologia adotada, os procedimentos de coleta e análise de dados, e a seção três detalha o estudo de estabilidade, de capacidade e análise de investimentos para melhoria das áreas. A discussão realizada nessa seção procura atender ao problema de pesquisa. Por fim, na seção quatro são apresentadas as conclusões e as oportunidades de continuidade na pesquisa.

2 Metodologia

Nesta pesquisa, o estudo de dois processos envolvidos na produção cerâmica industrial de tijolos de vedação ocorreu da seguinte maneira: (i) o processo de extrusão foi estudado considerando o percentual amostral de tijolos que saíram da extrusora ou cortados ou amassados (ambos indicando uma ineficiência da respectiva etapa produtiva) durante todo volume de produção no mês de Abril de 2013; (ii) já no processo de secagem, foi feito um acompanhamento do percentual amostral de tijolos que saíram do secador ou quebrados ou molhados (ambos indicando uma ineficiência da respectiva etapa produtiva) durante toda a produção no mês de Abril de 2013.

Por se tratarem de defeitos relacionados ao processo, os quatro indicadores estudados se comportam como atributos nos quais a especificação é menor-melhor para todos. As especificações destes atributos, estipulados e trabalhados na indústria estudada, são: (i) na extrusão: deve-se obter um percentual de tijolos cortados abaixo de 1,5% e de tijolos amassados abaixo de 0,5%; (ii) na secagem, deve-se obter um percentual de tijolos quebrados abaixo de 1,5% e de tijolos molhados abaixo de 0,5%.

O tipo de carta controle escolhido foi a carta-p para fração de não-conformes, pois trabalha-se neste estudo com atributos relacionados a defeitos na produção. O tamanho das amostras e a frequência da amostragem foram adaptados às peculiaridades do sistema produtivo instalado na indústria cerâmica estudada. Como o transporte dos tijolos dentro da cadeia produtiva é feito, após a extrusão, em carrinhos (chamados de “vagonetas”) o número de amostras foi definido em relação ao número de vagonetas analisadas.

Na análise do processo de extrusão, um funcionário contou o número de não conformidades, conforme atributos previamente explicados, em três vagonetas, com capacidade de 600 tijolos cada, durante o período da manhã e mais três vagonetas no período da tarde, totalizando seis vagonetas verificadas por dia de produção. Os dados coletados são apresentados no Apêndice A. Já no processo de secagem, o funcionário contou o número de não conformidades, conforme atributos previamente explicados, em seis vagonetas por dia, sendo todas as medidas realizadas no período da manhã. Os dados coletados são mostrados no Apêndice A.

Neste trabalho, o objetivo foi estudar um possível investimento a ser realizado no processo de extrusão assim como verificar o resultado de um investimento realizado no processo de secagem. Assim sendo, os dados referentes ao processo de extrusão foram analisados em conjunto a fim de se obter um padrão do processo instalado na cadeia de produção da respectiva indústria durante um mês inteiro. Após este estudo de estabilidade e capacidade do processo, um investimento em tecnologia foi analisado em questões financeiras. Com relação ao processo de secagem, os dados foram divididos em dois grupos: o primeiro corresponde aos dados do início do mês até o dia 15/04, e o segundo corresponde aos dados do restante do mês. O objetivo da divisão é comparar o desempenho do processo antes e após a instalação de uma nova tecnologia, em funcionamento a partir do dia 16/04. Em seguida ocorre o processo de densificação, através da sinterização, onde os produtos adquirem suas propriedades finais. O processo de fabricação de tijolos está representado na forma de fluxograma onde são apresentadas as principais etapas envolvidas (Figura 1).

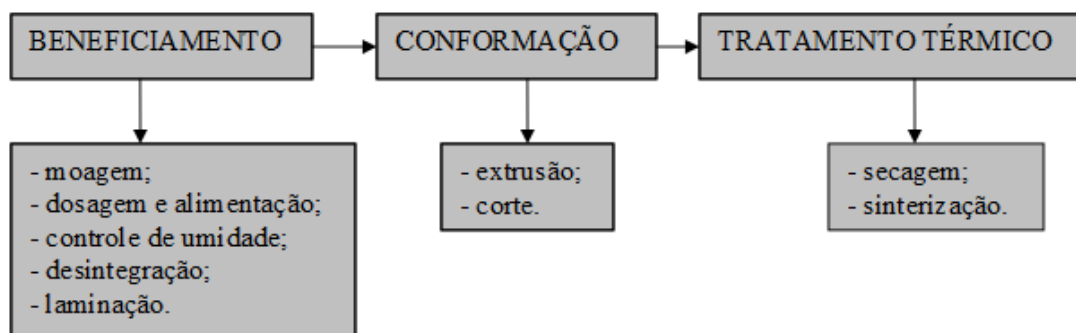


Figura 1. Fluxograma de fabricação de cerâmica vermelha. **Fonte:** autores (2014).

O custo da não-qualidade associado a uma unidade de tijolo de vedação não conforme na etapa de extrusão foi estimado como sendo R\$0,12. Por outro lado, o custo da não-qualidade estimado para um produto não conforme na etapa de secagem foi de R\$0,18.

3 Resultado e discussões

Com os dados coletados, calcularam-se os limites para as cartas de controle p referentes aos quatro atributos estudados neste trabalho segundo as equações referidas na seção dois. Vale lembrar que foram desconsiderados nos cálculos: pontos que ficaram abaixo ou acima dos limites; pontos em sequencia maior ou igual a sete acima ou abaixo da média; assim como pontos em sequencia maior ou igual a sete em escala crescente ou decrescente. Os resultados apresentados nesta seção estão divididos para os dois processos: (i) processo de extrusão, (ii) processo de secagem.

3.1 Estudo de estabilidade da extrusora

As figuras 2 e 3 mostram as cartas p para os atributos Tijolos Cortados e Tijolos Amassados, respectivamente, ambos referentes ao processo de extrusão. Algumas causas especiais foram observadas em ambas as cartas e podem ser explicadas pela variação da matéria prima no processo produtivo. Vale destacar que na indústria estudada, não há procedimento de controle de qualidade da matéria prima, então variações no processo de extrusão são esperadas uma vez que este depende muito das características intrínsecas da matéria prima trabalhada. Por estas razões peculiares do processo de extrusão, mesmo com a presença de algumas causas especiais pontuais, o processo foi classificado como estável, pois não há a presença de nenhuma causa especial devido a pontos que ultrapassem os limites da carta de controle.

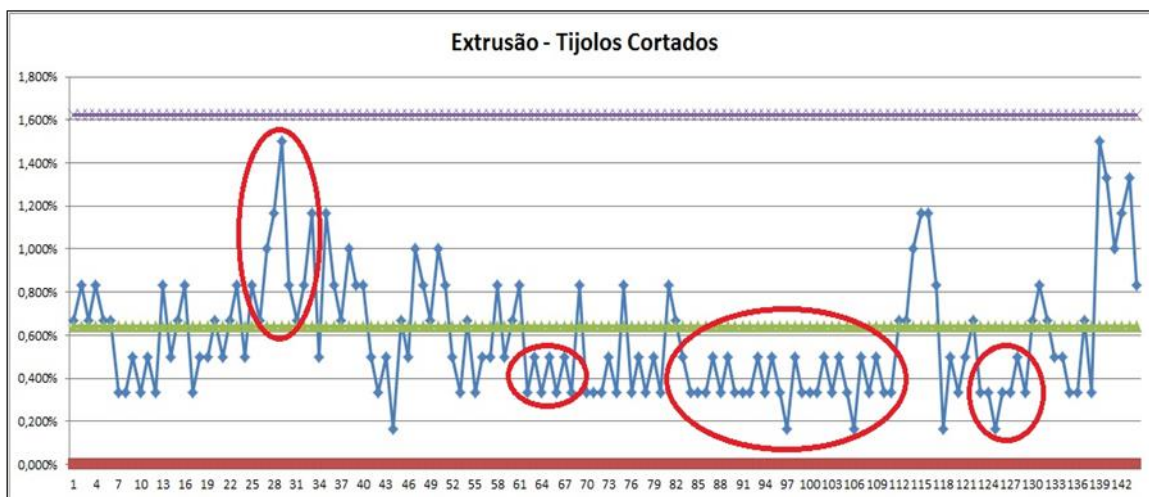


Figura 2. Carta-p para tijolos cortados provenientes da etapa de extrusão. Fonte: autores (2014).

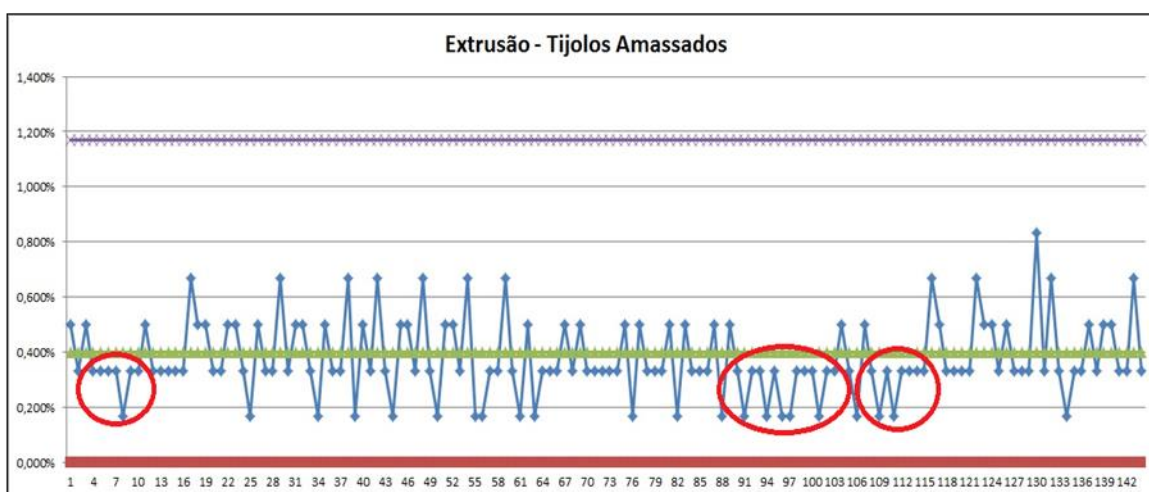


Figura 3. Carta-p para tijolos amassados provenientes da etapa de extrusão. Fonte: autores (2014).

3.2 Estudo de estabilidade da secagem

As figuras 4 e 5 mostram as cartas p para o atributo Tijolos Molhados referentes ao processo de secagem, a parte 1 (figura 4) se refere ao período antes da instalação de uma inovação tecnológica e a parte 2 (figura 5) se refere ao período após a instalação da inovação. Completando a análise do processo de secagem, as figuras 6 e 7 mostram as cartas p para o atributo Tijolos Quebrados, a parte 1 (figura 6) se refere ao período antes da instalação de uma inovação tecnológica e a parte 2 (figura 7) se refere ao período após a instalação da inovação.

Pode-se notar que causas especiais foram observadas somente nas cartas de controle referentes ao primeiro período estudado, em ambos os atributos. Isso se deve à instalação de um procedimento de pré-secagem, que eliminou a causa especial na qual alguns tijolos chegavam com uma umidade excessiva para o processo de secagem.

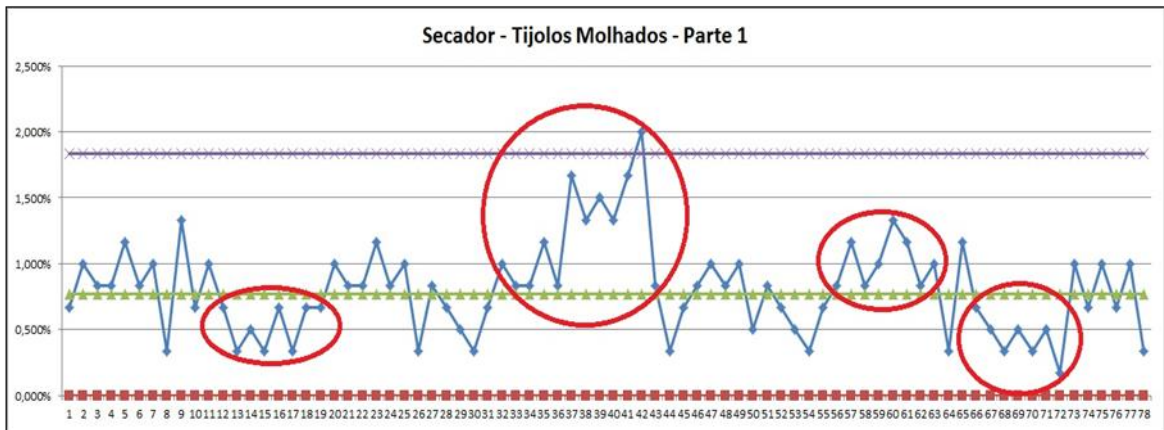


Figura 4. Carta-p para tijolos molhados da etapa de secagem - Parte 1. Fonte: autores (2014).

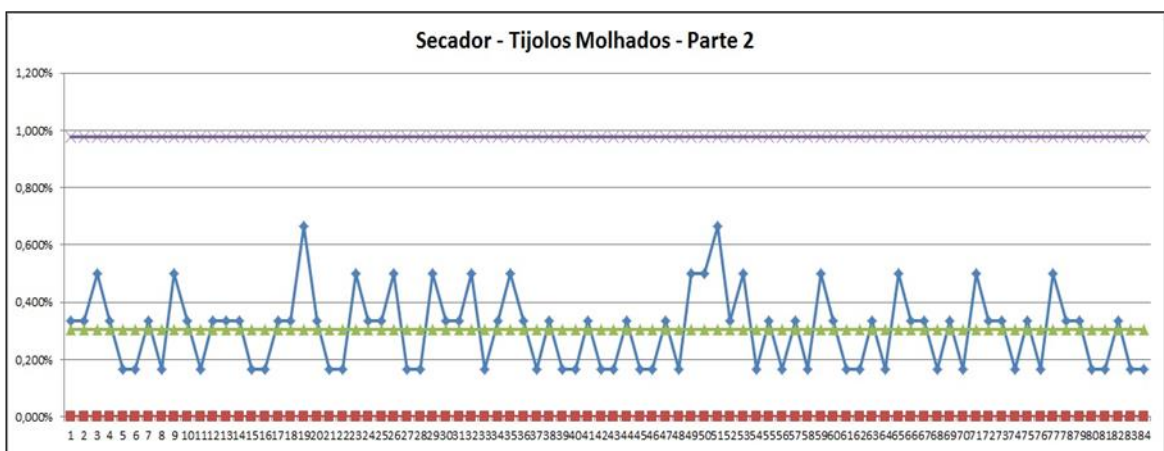


Figura 5. Carta-p para tijolos molhados da etapa de secagem - Parte 2. Fonte: autores (2014).

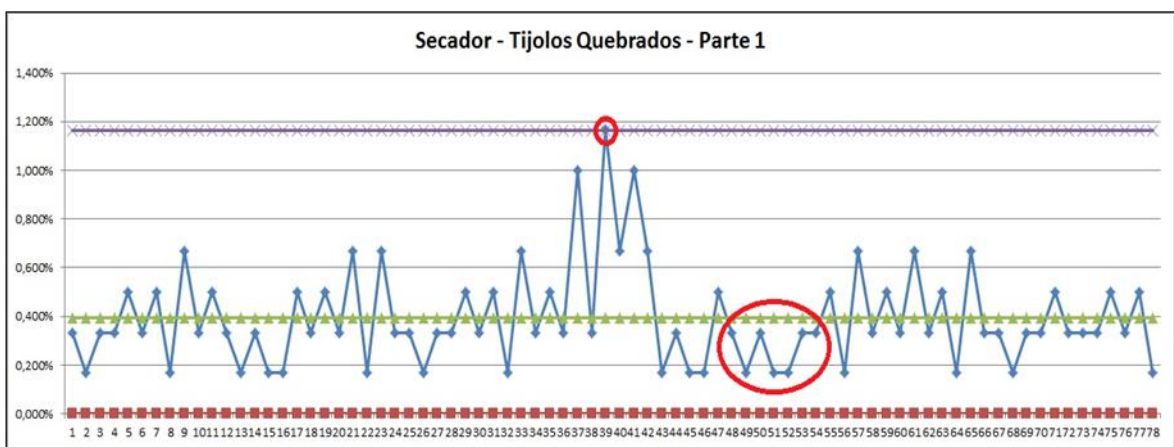


Figura 6. Carta-p para tijolos quebrados da etapa de secagem - Parte 1. Fonte: autores (2014).

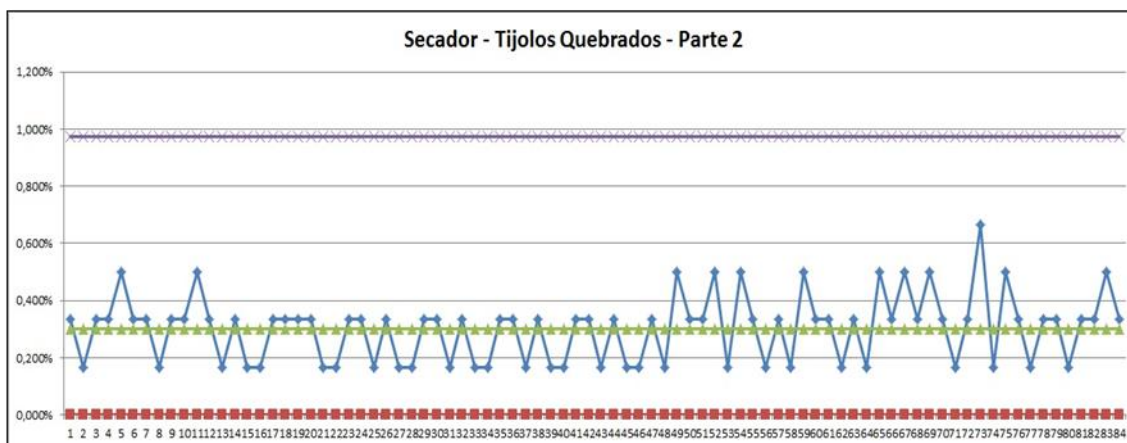


Figura 7. Carta-p para tijolos quebrados da etapa de secagem - Parte 2. Fonte: autores (2014).

3.3 Estudo de capacidade da extrusora e da secagem

Os índices C_p e as capacidades do processo de extrusão foram calculados para os dois atributos relacionados à etapa de extrusão. Os resultados podem ser vistos nas tabelas 1 e 2, onde se destaca a capacidade do processo em superar as especificações meta de ambos os atributos ($C_p > 1$).

Tabela 1. Capacidade e índice C_p para o atributo Tijolos Cortados referentes ao processo de extrusão

Média Tijolos Cortados (P)	0,643%
σ	0,326%
P-Meta	1,500%
C_p	2,33
Capacidade	99,357%

Tabela 2. Capacidade e índice C_p para o atributo Tijolos Amassados referente ao processo de extrusão

Média Tijolos Cortados (P)	0,399%
σ	0,257%
P-Meta	0,500%
C_p	1,25
Capacidade	99,601%

Os índices C_p e as capacidades do processo de secagem foram calculados para os dois atributos relacionados à etapa de secagem. Os resultados podem ser vistos nas tabelas 3 e 4.

Tabela 3. Capacidade e índice C_p para o atributo Tijolos Quebrados referente ao processo de secagem

#	Período 1	Período 2
Média Tijolos Cortados (P)	0,767%	0,304%
σ	0,356%	0,225%
P-Meta	1,500%	1,500%
C_p	1,95	4,94
Capacidade	99,233%	99,696%

Tabela 4. Capacidade e índice Cp para o atributo Tijolos Molhados referente ao processo de secagem

#	Período 1	Período 2
Média Tijolos Cortados (P)	0,395%	0,302%
σ	0,256%	0,224%
P-Meta	0,500%	0,500%
Cp	1,27	1,66
Capacidade	99,605%	99,698%

A análise dos resultados leva a conclusão que a instalação da etapa de pré-secagem (inovação tecnológica) aumentou consideravelmente a capacidade do processo em superar as especificações meta relacionadas a ambos os atributos estudados. No caso do atributo Tijolos Quebrados, o Cp passou de 1,95 para 4,94; enquanto no caso do atributo Tijolos Molhados, o Cp passou de 1,27 para 1,66.

3.4 Custo da não qualidade na extrusão e secagem

Para estimar o custo da não qualidade associado às peças não conformes no processo de extrusão, utilizaram-se os valores: do custo da não qualidade de uma unidade do produto; o valor obtido para a média de porcentagem de produtos não conformes durante o mês; e o valor de produção mensal da extrusora. O custo mensal é o produto destes três valores citados anteriormente. A tabela 5 mostra os cálculos para o atributo Tijolos Cortados e a tabela 6 mostra os cálculos para o atributo Tijolos Amassados.

Tabela 5. Custo da não qualidade associada ao atributo Tijolos Cortados relativo ao processo de Extrusão

Custo da Não Qualidade de um Produto (A₀)	R\$0,12
Média de não Conformidade (p)	0,643%
Produção Mensal Extrusora	568.320
Custo da Não Qualidade por Mês	R\$438,52

Tabela 6. Custo da não qualidade associada ao atributo Tijolos Amassados relativo ao processo de Extrusão

Custo da Não Qualidade de um Produto (A₀)	R\$0,12
Média de não Conformidade (p)	0,399%
Produção Mensal Extrusora	568.320
Custo da Não Qualidade por Mês	R\$272,11

Para estimar o custo da não qualidade associado às peças não conformes no processo de secagem, utilizaram-se os valores: do custo da não qualidade de uma unidade do produto; o valor obtido para a média de porcentagem de produtos não conformes durante os dois períodos do mês (período 1 é referente à primeira quinzena do mês e o período 2 à segunda quinzena); e o valor de produção mensal do secador. O custo mensal é o produto destes três valores citados anteriormente. A tabela 7 mostra os cálculos para o atributo Tijolos Quebrados (nos dois períodos estudados) e a tabela 8 mostra os cálculos para o atributo Tijolos Molhados (nos dois períodos estudados).

Tabela 7. Custo da não qualidade associada ao atributo Tijolos Quebrados relativo ao processo de Secagem

#	Período 1	Período 2
Custo da Não Qualidade de um Produto (A₀)	R\$0,18	R\$0,18
Média de não Conformidade (p)	0,767%	0,304%
Produção Mensal Extrusora	562.398	562.398
Custo da Não Qualidade por Mês	R\$776,45	R\$307,75

Tabela 8. Custo da não qualidade associada ao atributo Tijolos Molhados relativo ao processo de Secagem

#	Período 1	Período 2
Custo da Não Qualidade de um Produto (A₀)	R\$0,18	R\$0,18
Média de não Conformidade (p)	0,395%	0,302%
Produção Mensal Extrusora	562.398	562.398
Custo da Não Qualidade por Mês	R\$399,87	R\$305,72

3.5 Análise de viabilidade financeira de investimento na extrusão

Uma melhoria no processo de extrusão foi estudada em relação à sua viabilidade financeira. A fim de diminuir o percentual de Tijolos que saem cortados da extrusora, poderia se investir na aquisição de uma retífica no valor de R\$6.500,00 que diminuiria o percentual de Tijolos Cortados em 0,3%. A tabela 9 compara os dados relativos aos gastos com não qualidade no processo de extrusão antes e depois de um possível uso de uma retífica.

Tabela 9. Custos da não qualidade no processo de extrusão antes e depois do possível uso da retífica

Descrição	Antes da Retífica	Depois da Retífica
Gasto mensal da Não Qualidade associado aos Tijolos Cortados.	R\$438,52	R\$233,92
Gasto mensal da Não Qualidade associado aos Tijolos Amassados.	R\$272,11	R\$272,11
Total de Gastos	R\$ 710,63	R\$ 506,03

Vale ressaltar que o investimento na aquisição de uma retífica para o processo de extrusão não altera o índice de produtos não conformes devido ao atributo Tijolos Amassados devido a este ser causado exclusivamente pelo trabalho inadequado da mão-de-obra. A tabela 10 mostra os cálculos referentes ao retorno do investimento em melhoria caracterizado pela aquisição de uma retífica. Pode-se observar que seriam necessários mais que dois anos para ocorrer o retorno do capital investido.

Tabela 10. Cálculo do retorno do investimento na melhoria do processo de extrusão

Investimento (Aquisição de retífica)	R\$ 6.500,00
Ganho Mensal	R\$204,60
Número de Meses para Retorno do Investimento	32 meses (2 anos e 8 meses)

A princípio, um retorno de capital investido estipulado em 32 meses não é um valor consideravelmente pequeno, inviabilizando financeiramente o investimento. Porém, ao considerar que o tempo de amortização usual de um investimento em um equipamento de mesmo porte de uma retífica em uma indústria de pequeno porte varia de 5 a 10 anos, o investimento estudado se mostra viável economicamente.

3.6 Análise do investimento feito na etapa de secagem

A melhoria realizada no processo de secagem foi estudada em relação à sua viabilidade financeira. Para isso, utilizaram-se os dados coletados antes e após a implementação da melhoria, conforme mostrados na tabela 11.

Tabela 11. Custos da não qualidade no processo de secagem antes e depois da melhoria

Descrição	Antes da Pré-Secagem	Depois da Pré-Secagem
Gasto mensal da Não Qualidade associado aos Tijolos Quebrados.	R\$776,45	R\$307,75
Gasto mensal da Não Qualidade associado aos Tijolos Molhados.	R\$399,87	R\$305,72
Total de Gastos	R\$ 1.176,32	R\$613,47

A tabela 12 mostra os cálculos referentes ao retorno do investimento em melhoria caracterizado pelo uso de um sub-processo de pré-secagem. Pode-se observar que serão necessários mais que cinco anos para ocorrer o retorno do capital investido.

Tabela 12. Cálculo do retorno do investimento na melhoria do processo de secagem

Investimento (Processo de Pré-secagem)	R\$ 35.000,00
Ganho Mensal	R\$562,85
Número de Meses para Retorno do Investimento	62 meses (5 anos e 2 meses)

A princípio, um retorno de capital investido estipulado em 62 meses é um valor relativamente alto, inviabilizando financeiramente o investimento. Porém, o motivo da melhoria está ligado à questão estratégica da empresa, uma vez que a utilização do processo de pré-secagem faz parte de um programa de ampliação da produção industrial da mesma.

4. Conclusões

Essa pesquisa se propôs a dois objetivos principais: analisar um possível investimento a ser realizado no processo de extrusão e verificar o resultado de um investimento realizado no processo de secagem. O processo de extrusão pertencente à produção na cerâmica vermelha estudada neste trabalho é influenciado pela falta de controle de matéria prima. Quando se desconsidera pequenas variações pontuais nos atributos do processo de extrusão, este pode ser considerado estável e capaz. A melhoria do processo através da aquisição de uma retífica se mostrou economicamente viável, uma vez que o tempo de amortização do investimento ficou satisfatório para a empresa.

Por outro lado, o processo de secagem pertencente à mesma linha de produção apresentou um grande aumento de capacidade após a realização da melhoria de implantar um sub-processo de pré-secagem, que eliminou as causas especiais e aumentou a capacidade do processo. Em termos econômicos, o investimento feito na linha de produção estipulou um retorno do investimento previsto em sessenta e dois meses. Em termos estratégicos, a melhoria faz parte de um programa de ampliação da produção da indústria estudada.

A presente pesquisa evidenciou que o estudo de CEP pode ser uma ferramenta válida para tomada de decisão nas organizações, quando associada como indicadores de análise de investimentos. Nesse âmbito, o cálculo dos custos de não qualidade são fundamentais. Como sugestões de pesquisas futuras sobre o tema, sugere-se que pesquisas sejam realizadas em processos produtivos com pouco uso de tecnologia, como foi o caso da fabricação de tijolos. Um ponto de partida poderia ser as cerâmicas e olarias que manufaturam diferentes produtos, como blocos, canoas, tubos, etc.

Referências

- Alencar, J. R. B.; Souza, M. B.; Neto, P. J. R.; Lopes, C. E. Uso de controle estatístico de processos (CEP) para validação de processo de glibenclamida comprimidos. *Rev. Bras. Farm.*, 85(3): 115-119, 2004.
- Alencar, J. R. B.; Lopes, C. E.; Souza, M. B. Monitoramento do processo de compressão de comprimidos de captopril utilizando controle estatístico de processos. *Rev. Bras. Farm.*, 88(2): 89-97, 2007.
- Almas, F. Implementação do Controle Estatístico de Processos em uma Empresa Têxtil. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Produção, UNIFEI, Itajubá, 2003.
- Barros, F. F.; Milan, M. Qualidade operacional do plantio de cana-de-açúcar. *Bragantia*, Campinas, v. 69, n. 1, p. 221-229, 2010.
- Correa, J. M.; Chaves, A. N. Estudo do controle e análise da capacidade do processo de produção de água potável. XLI SBPO, pg. 1414-1424. Curitiba, 2009.
- Cortivo, Z. D. Aplicação do controle estatístico de processo em sequencias curtas de produção e análise estatística de processo através do planejamento econômico. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Paraná, 2005.
- Falcao, A. S. G. Diagnóstico de perdas e aplicação de ferramentas para o controle da qualidade e melhoria do processo de produção de uma etapa construtiva de edificações habitacionais. Tese de Mestrado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

- Fernandes, A. P. L. M.; Costa, C. E. S.; Souza, E. S. O.; Barbosa, M. A. C. O uso de controle estatístico de processo na gestão de qualidade: um estudo de caso Grupo Coringa – AL. INGEPRO, vol. 03, n. 6, Junho, 2011.
- Ferreira, E. B.; Elisei, L. Jr.; Militani, M. V. B. Controle estatístico de processo no resfriamento de aves: um estudo de caso. Revista da Universidade do Vale do Rio Verde, Três Corações, v. 9, n. 2, p. 119-128, ago/dez, 2011.
- Indezeichak, V. Análise do controle estatístico da produção para uma empresa de pequeno porte: um estudo de caso. Dissertação de Mestrado – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2005.
- Lima, A. A. N.; Lima, J. R.; Silva, J. L.; Alencar, J. R. B.; Soares-Sobrinho, J. L.; Lima, L.G.; Rolim-Neto, P.J. Aplicação do controle estatístico de processo na indústria farmacêutica. Universidade Federal de Pernambuco, Mar/2007.
- Mattos, V. L. D. Implantação de controle estatístico de processo em uma olaria de pequeno porte. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.
- Mayer, P. C. Redução da variabilidade em uma linha de produção de chapas de corpo de silos de grãos de corrugação 4'' através da implantação do controle estatístico do processo. Tese de Mestrado Profissionalizante – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.
- Milan, M.; Fernandes, R. A. T. Qualidade das operações de preparo do solo por controle estatístico de processos. Scientia Agricola, v. 59, n. 2, p. 261-266, abr/jun, 2002.
- Montgomery, D. C. Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade. 4. Ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2004, 513 p.
- Noronha, R. H. F.; Silva, R. P., Chioderoli, C. A.; Santos, E. P.; Cassia, M. T. Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada diurna e noturna de cana-de-açúcar. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal (FCAV/UNESP), Ago/2011.
- Pierozan, L. Estabilização de processos: um estudo de caso no setor de pintura automotiva. Tese de Mestrado Profissionalizante – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.
- Pires, V. T. Implantação do controle estatístico de processos em uma empresa de manufatura de óleo de arroz. Tese de Mestrado Profissionalizante – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.
- Roman, H. R.; Mohamad, G. Alvenaria estrutural – classificação e materiais. Universidade Federal de Santa Catarina – 1999.
- Silva, R. P.; Souza, F. G.; Cortez, J. W.; Furlani, C. E. A.; Vigna, G. P. Variabilidade espacial e controle estatístico do processo de perdas na colheita mecanizada do algodoeiro. Eng. Agríc. Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 742-752, set./dez., 2007.
- Silva, S.; Dias, M. Jr.; Lopes, V. Jr. Detecção de falhas estruturais utilizando controle estatístico de processos. DINCON, Unesp – Campus de Bauru. Junho de 2005.
- Souza, G. R. Implantação do controle estatístico de processos em uma empresa de bebidas. Tese de Mestrado Profissionalizante – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.
- Torminato, S. M. Análise da utilização da ferramenta CEP: um estudo de caso na manufatura de autopeças. Dissertação de Mestrado Profissional. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2004.
- Vieira, C. M.; Feitosa, H. S.; Monteiro, S. N. Avaliação da secagem de cerâmica vermelha através da curva de bigot. Cerâmica Industrial, v.8,p.42-46, 2003.