

Análise da Capacidade do Processo de Secagem em uma Cerâmica Vermelha

Kamila Taira Paschoal Alves Corrêa*, Alexandre Meira de Vasconcelos*

** Faculdade de Engenharias, Arquitetura, Urbanismo e Geografia, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS, Campo Grande, MS, Brasil*

**e-mail: kamilapaschoal@gmail.com*

Resumo

O estudo mostra a capacidade do processo de secagem de um secador do tipo forçado em uma indústria cerâmica. O secador reutiliza o calor dos fornos para a secagem das peças, sendo um processo inovador e sustentável. Através do controle estatístico de processo e capacidade foi possível observar que mesmo realizado manualmente era considerado capaz.

Palavras-chave: secador, cerâmica, sustentabilidade, CEP, Cp, Cpk.

1. Introdução

A indústria da construção civil tem crescido no Brasil, devido aos incentivos do Governo tal como Minha Casa Minha Vida e Programa de Aceleração do Crescimento, além disso, dois grandes eventos sediados no Brasil como a Copa do Mundo em 2014 e as Olimpíadas de 2016. As indústrias que fornecem matérias primas para construção civil tiveram que ampliar o quadro de funcionários, agregar novas tecnologias e algumas ainda inauguraram novas plantas industriais para atender a demanda crescente.

A qualidade dessas matérias primas interfere diretamente na qualidade final da obra e na sua vida útil. Muitas empresas prezam pela entrega rápida e esquecem a qualidade do produto e sua influência nos projetos de edificações.

Silva¹ cita algumas características de acidentes e erros que ocorrem na construção civil, como problemas que ocorrem durante a produção, baixo nível de tecnologia, falha no treinamento da mão de obra devido a baixa escolaridade e alta rotatividade dos funcionários.

Como exemplo de material usado na construção civil temos os produtos advindos da indústria da cerâmica vermelha que tem como a argila sua principal matéria prima e partir daí surgem produtos tal como tijolos, telhas, pisos, etc. Esses produtos são produzidos em larga escala, logo se deve estar atento a todas as etapas de produção, pois é crucial para a qualidade final do produto.

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo analisar a capacidade de um processo com base na aplicação de indicadores de desempenho em uma indústria de Cerâmica Vermelha, situada na cidade de Campo Grande, Mato Grosso do Sul. A importância do estudo reside no fato de que um processo estável resulta em produtos padronizados. A avaliação foi realizada em um processo de secagem de tijolos, cuja a estabilidade da temperatura do secador é o interesse de estudo

2. Referencial Teórico

2.1. Processo produtivo na cerâmica vermelha

A cerâmica vermelha possui como principal matéria prima a argila, logo a resistência da peça depende diretamente dessa relação.

A argila é retirada da jazida e levada para o centro de produção. Segundo Arica e Aragão², as etapas do processo são: conformação; corte; prensagem; secagem; queima; estoque; expedição.

Na Figura 1 tem-se o resumo do processo produtivo de uma cerâmica vermelha.

A argila chega, é estocada na indústria e conforme a necessidade é abastecida no caixão dosador e é desintegrada. Com o auxílio de esteiras, a argila chega até o misturador na qual a água é dosada na quantidade necessária para que a peça atinja a resistência desejada. A partir daí a massa é levada para laminação e após isso para a extrusora, que é o momento de conformação da peça. Ao sair pela boquilha da extrusora, o carrinho cortador corta a massa no tamanho padrão. Nessa etapa a peça segue para a secagem e logo em seguida para queima no forno.

2.2. Processo de secagem

A secagem é muito importante, pois erros nessa etapa causam defeitos nas peças que só podem ser vistos depois da queima. A secagem tem o objetivo de eliminar a água da peça, esse processo de retração é que causa defeitos no produto e compromete sua qualidade³.

Muitas empresas nesse ramo são de pequeno porte e não investem em uma estufa de secagem adequada, sendo muitas vezes feito a secagem a temperatura ambiente, na qual o material é deixado para secagem ao ar livre, aumentando o tempo de produção, pois sua secagem é lenta.

Existem diversos tipos de secadores mais tecnológicos, na qual são alimentados por gás natural, por queima

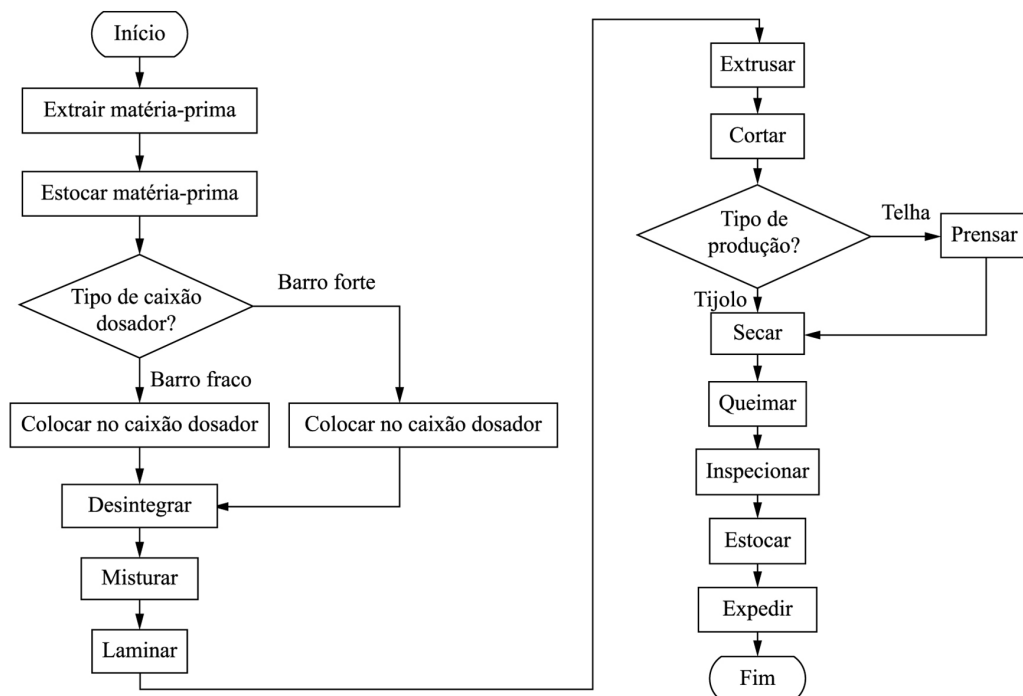


Figura 1. Fluxograma do processo produtivo em um indústria cerâmica. Fonte: Arica e Aragão².

de lenha ou ainda pelo aproveitamento do calor dos fornos. O secador-túnel contínuo do tipo forçado é um exemplo de aproveitamento de calor com auxílio de um exaustor. Nesse caso, o produto está sobre pistões na qual se movimentam dentro do túnel, o que proporciona uma secagem mais rápida.

2.3. Controle estatístico de Processo -CEP

O controle estatístico de Processo é uma ferramenta que analisa a conformidade e não-conformidade do processo podendo assim melhorar o processo e qualidade do produto.

Os gráficos utilizados nesse método permitem estimar as linhas médias e os limites dos gráficos de controle. Segundo Montgomery⁴, o gráfico de controle possui uma linha central (LC) e limites superior e inferior de controle (LSC e LIC) que podem ser observados na Figura 2. Esse método é utilizado para monitorar o processo e identificar suas variabilidades. Um processo controlado tem o gráfico entre as linhas delimitadas, algumas variações podem fazer com que haja pontos fora do limite, tal como em um sistema de produção em que a energia elétrica oscile e interfira no sistema e logo no produto final. As variáveis devem ser monitoradas e corrigidas o mais rápido possível.

Para plotar o gráfico de controle das médias é necessário o limite superior de controle (Equação 1), linha central (Equação 2), limite inferior de controle (Equação 3)⁵.

$$LSC = \bar{X} + 3 \frac{\bar{R}}{d2\sqrt{n}} \quad (1)$$

$$LC = \bar{X} \quad (2)$$

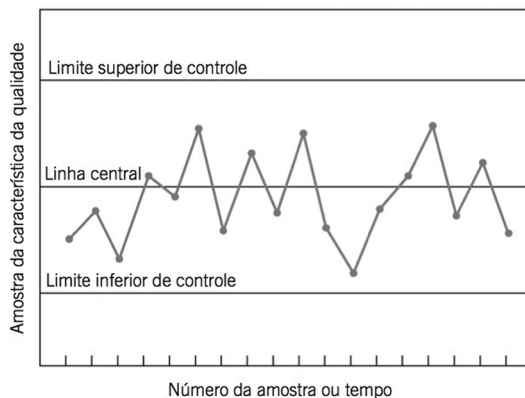


Figura 2. Gráfico de Controle. Fonte: Montgomery⁴.

$$LIC = \bar{X} - 3 \frac{\bar{R}}{d2\sqrt{n}} \quad (3)$$

Sendo:

LIC = Valor do limite inferior de controle da carta de amplitudes;

LSC = Valor do limite superior de controle da carta de amplitudes;

\bar{R} = Diferença entre a maior amplitude e a menor;

\bar{X} = Estimativa da média;

n = número de replicatas;

d2 = Valor para estimativa do desvio-padrão a partir da amplitude média.

Os cálculos dos limites de controle para construção do gráfico de amplitude são realizados através das equações abaixo (Equação 4-6):

$$LSC = D_4 \times \bar{R} \quad (4)$$

$$LC = \bar{R} \quad (5)$$

$$LIC = D_3 \times \bar{R} \quad (6)$$

Sendo:

\bar{R} = Estimativa da amplitude média;

D_4 e D_3 = Valores tabelados que dependem de número de replicações (n).

2.4. Índice de capacidade do processo

O índice de capacidade do processo mostra como o processo se comporta na especificação do produto. O índice de capacidade está ligado ao conceito seis sigmas que é uma métrica da qualidade para mensuração do processo⁶.

Para Montgomery⁴, a capacidade possui indicadores tal como C_p e C_{pk} , que são números adimensionais que permitem a quantificação do desempenho do processo.

O índice C_p , índice de capacidade potencial de processo, possui três parâmetros: LSE (limite superior de especificação), LIE (limite inferior de especificação) e σ (desvio-padrão) que foram exemplificados na Equação 7. Esses limites são dados pelas especificações técnicas do produto ou processo, algo já predeterminado.

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} \quad (7)$$

Na Tabela 1 tem-se uma regra quanto maior o valor de C_p , maior a capacidade do processo.

O índice C_{pk} mede a capacidade efetiva, sua magnitude em relação ao C_p é uma medida direta de quão fora de centro o processo está operando. A Equação 8 possui uma variável a mais que é μ , média do processo.

$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{LSE - \mu}{3\sigma}; \frac{\mu - LIE}{3\sigma} \right\}; \quad (8)$$

Para que o processo seja centrado é necessário que C_p seja igual a C_{pk} , caso ao contrário é considerado descentrado.

2.5. Teste Shapiro-Wilk

Existem diversos métodos para determinar se uma distribuição é normal ou não, sendo uma condição para interpretação dos dados.

Segundo Oliveira et al.⁵, o gráfico de probabilidade aliado com o teste Shapiro-wilk verificam se os dados compõem uma distribuição normal. No gráfico, quanto mais próximo os dados estiverem da reta, mais próximos estarão da distribuição normal. Para o teste Shapiro-wilk, a distribuição é considerada normal se o valor de p for

maior que 0,05, logo a hipótese nula é aceita, na qual os dados seguem uma distribuição normal.

3. Procedimentos Metodológicos

Este estudo tem carácter descritivo quantitativo. Quanto ao objetivo de pesquisa é descritiva, pois descreve uma situação real e relaciona suas variáveis⁷. Quanto à natureza da pesquisa é quantitativa, pois é estruturado em dados e análises estatísticas⁸.

Para o estudo foi utilizado o controle estatístico de processo para verificar a capacidade do processo de secagem de uma indústria de cerâmica vermelha na região de Campo Grande.

O secador utilizado na indústria em estudo é do tipo forçada, na qual se tem aproveitamento do calor dos fornos para a secagem do material antes da queima. O secador é alimentado por tubos que transferem calor, seu controle é feito manualmente através de uma entrada de ar que é aberta quando a temperatura sobe além do estipulado e é fechada quando a temperatura está abaixo da média permitida.

As amostras foram coletadas do painel digital de termopar dentro da estufa. A amostra da temperatura é dada em Graus Celsius.

Tabela 1. Interpretação dos valores de C_p .

| C_p | Itens não conformes (PPM) | Interpretação |
|------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| $C_p < 1$ | Acima de 2700 | Processo incapaz |
| $1 \leq C_p \leq 1,33$ | 64 a 2700 | Processo aceitável |
| $C_p \geq 1,33$ | Abaixo de 64 | Processo potencialmente capaz |

Fonte: Montgomery⁹.



Figura 3. Painel do Termopar da Estufa. Fonte: Elaborado pelo autor.

Os dados foram coletados a cada 23 minutos durante 72 horas, gerando 192 amostras do termopar. A Figura 3 ilustra o termopar da estufa utilizado na cerâmica.

A tabela utilizada para coleta dos dados está no Anexo 1.

O limite de especificação, a tolerância e os limites inferior e superior de especificação do termopar da estufa foram determinados pelo gerente da Cerâmica e distribuídos na Tabela 2.

Utilizou-se o software *Action* para análise dos dados e, a partir daí, foram construídos gráficos para melhor interpretação dos resultados.

4. Resultados e Discussão

As amostras foram agrupadas para que os dados que foram coletados no mesmo horário obtivessem uma média. A população de 192 amostras foi reduzida para 64 amostras.

Primeiramente, é necessário avaliar se os dados coletados possuem uma distribuição normal. O teste de normalidade foi realizado através do método Shapiro-Wilk, resultando em um p-valor 0,0632 que é maior que o nível de significância utilizado no estudo que é 0,05, sendo assim possui uma distribuição normal.

Tabela 2. Dados para monitoramento do termopar.

| | |
|----------------|--------|
| ESPECIFICAÇÃO | 315 °C |
| TOLERÂNCIA (±) | 10 °C |
| LIE | 305 °C |
| LSE | 325 °C |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 3. Índices de Capacidade do Processo.

| | |
|-----|-------|
| Cp | 1,490 |
| Cpk | 1,326 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

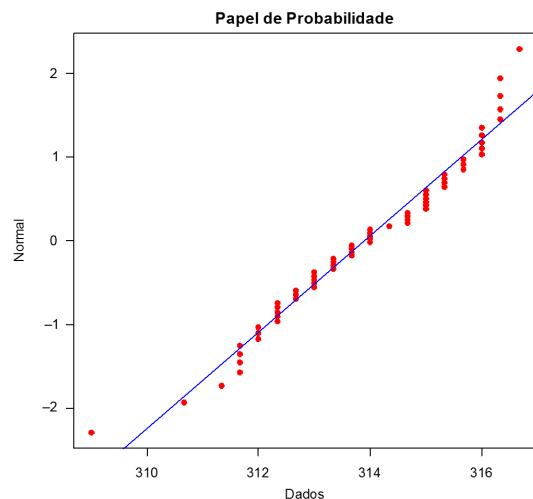


Figura 4. Teste Shapiro-Wilk para os dados. Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 4 é possível ver o comportamento dos dados que estão próximos a uma reta confirmando a normalidade.

A qualidade do controle de temperatura foi mensurada através de gráficos de carta de controle das médias e amplitudes para verificar se o processo estava sob controle.

A carta de controle das médias foi construída a partir do valor das médias de cada medição, na qual se obteve por meio de cálculos o limite superior e inferior de controle. É possível analisar o desempenho na Figura 5, as linhas em vermelho indicam os limites de controle e a linha azul corresponde à média das temperaturas. O limite superior das médias resultou em 317,87 e o limite inferior em 309,94.

Pode ser observada, na Figura 6, a carta de controle das amplitudes das temperaturas. O limite superior da amplitude resultou em 9,974 e o limite inferior em zero.

A partir dos dados da Tabela 2, foi calculado os índices de capacidade do processo resumido na Tabela 3 e sua ilustração na Figura 7.

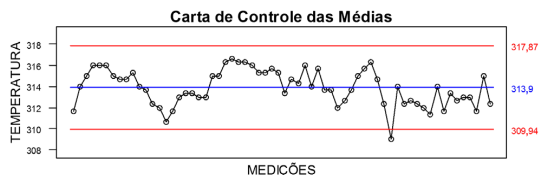


Figura 5. Carta de Controle das Médias da Temperatura. Fonte: Elaborado pelo autor.

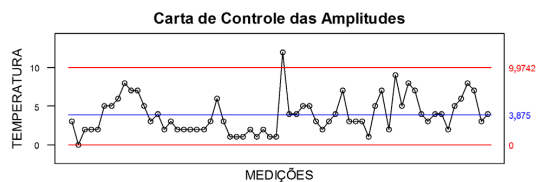


Figura 6. Carta de Controle das Amplitudes da Temperatura. Fonte: Elaborado pelo autor.

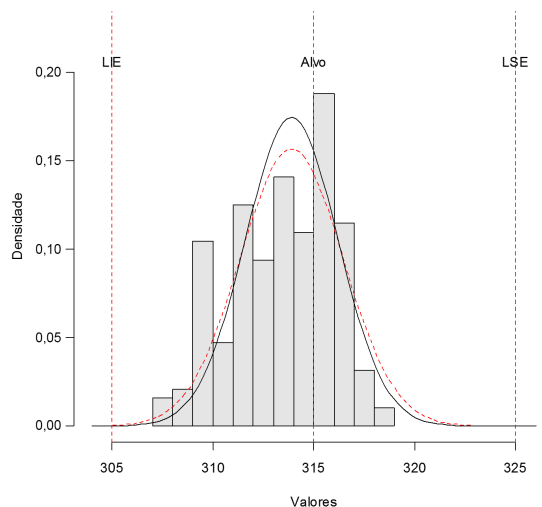


Figura 7. Análise do Desempenho do Processo. Fonte: Elaborado pelo autor.

