

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

FABÍOLA KACZAM

**AVALIAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO DE UMA INDÚSTRIA DE
CERÂMICA VERMELHA DO OESTE PARANAENSE POR MEIO DA
APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE**

TRABALHO DE DIPLOMAÇÃO

Medianeira

2016

FABÍOLA KACZAM

**AVALIAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO DE UMA INDÚSTRIA DE
CERÂMICA VERMELHA DO OESTE PARANAENSE POR MEIO DA
APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE**

TRABALHO DE DIPLOMAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção, do Departamento Acadêmico de Administração e Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Profa. Dra. Carla Adriana Pizarro Schmidt

Co-orientadora: Profa. Dra. Edna Possan

Medianeira

2016



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS MEDIANEIRA

Diretoria de Graduação
Coordenação de Engenharia de Produção
Curso de Graduação em Engenharia de Produção



TERMO DE APROVAÇÃO

AVALIAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO DE UMA INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA DO OESTE PARANAENSE POR MEIO DA APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Por

FABÍOLA KACZAM

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 14h:40min do dia 24 de novembro de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Profa. Dra. Carla Adriana Pizarro Schmidt
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Profa. Dra. Edna Possan
Universidade Federal do Paraná da Integração
Latino-Americana

Profa. Me. Luani Back
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Profa. Dra. Silvana Lígia Vincenzi
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Me. Neron Alípio Cortes Berghauser
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso –

A Deus, a minha família e aos meus amigos...

... pela confiança, apoio...

... e incentivo aos estudos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pois sem Ele, eu não teria forças para completar essa longa jornada.

A minha família, em especial, aos meus pais Romeu Luís Kaczam e Marily Liliane Datsch Kaczam, aos meus avós Lourivaldo Datsch e Dulce Rusch Datsch, e a minha tia-avó Adelta Rusch Kantorski pela confiança, pelo apoio e incentivo aos estudos.

Ao meu namorado, melhor amigo e companheiro de todas as horas, Rafael Vieira dos Santos, pelo carinho, compreensão, amor e solidariedade inefável. Por estar sempre disposto a me ajudar contribuindo, e muito, para a conclusão deste trabalho.

Aos amigos e colegas de Curso, pela força e pelo apoio em relação a esta jornada.

As minhas orientadoras Profa. Dra. Carla Adriana Pizarro Schmidt e Profa. Dra. Edna Possan, grandes responsáveis pela consolidação deste trabalho. Muito obrigada, pelo imenso apoio, empenho, confiança e cumplicidade.

Aos meus orientadores de projeto, Prof. Dr. Everton Coimbra de Araújo e Profa. Me. Priscila Pigatto Gasparin. Eu posso dizer, que a presença de vocês em minha vida foi fundamental para minha formação profissional e pessoal.

Ao Coordenador do Curso Prof. Me. Neron Alípio Cortes Berghauser, por seus ensinamentos, paciência e apoio ao longo desta jornada.

A cada pessoa que passou pela minha vida, deixou um pouco de si e me fez mais forte. Saiba, que você também contribuiu para a realização deste trabalho.

Muito obrigada a todos!

"É graça divina começar bem. Graça maior,
é persistir na caminhada certa.
Mas, a graça das graças é não desistir nunca. "

Dom Hélder Câmara

RESUMO

KACZAM, Fabíola **Avaliação do Processo Produtivo de uma Indústria de Cerâmica Vermelha do Oeste Paranaense por meio da Aplicação de Ferramentas da Qualidade**. 2016. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 82 p.

Os Blocos Cerâmicos são essenciais para o setor da Construção Civil. A qualidade e o desempenho destes materiais têm grande influência na vida útil das edificações. A indústria da cerâmica vermelha está presente em todo o Estado do Paraná e é responsável pelo consumo de mais de 70% de toda matéria prima (a argila), assim como, pela maioria das empresas e empregos do setor. As empresas que compõem este setor são, em geral, de pequeno e médio porte. Apesar do esforço para atender a demanda do mercado, muitas destas empresas enfrentam dificuldades em relação a capacidade do processo produtivo, assim como, em relação a qualidade do produto final. Este trabalho teve como objetivo estudar e avaliar, com o auxílio das Ferramentas da Qualidade e normas técnicas vigentes, o processo produtivo de uma Indústria de Blocos Cerâmicos, localizada na Região Oeste do Estado do Paraná. Foram amostrados 130 Blocos Cerâmicos, dos quais foram coletadas as medidas de massa, espessura das paredes externas, espessura dos septos, diâmetro do furos, largura, comprimento e altura. Verificada a normalidade dos valores médios os gráficos de controle foram, então, construídos. Foi observado que todas as variáveis analisadas estiveram sob controle. Na sequência, para as variáveis: largura, altura, comprimento, espessura das paredes externas e espessura dos septos, foram calculados os índices de capacidade do processo. Com esta análise, foi possível constatar que o processo produtivo não é capaz de produzir Blocos Cerâmicos conforme os limites de tolerância indicados na norma NBR 15.270-1: 2005, da ABNT.

Palavras-chave: Controle de Qualidade. Controle Estatístico de Processo. Cerâmica Vermelha.

ABSTRACT

KACZAM, Fabíola. **Productive Process Evaluation of a Red Ceramic Industry in the West Region of Paraná through the Application of Quality Tools**. 2016. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 82 p.

Ceramic Blocks are essential for the Construction sector. The quality and performance of these materials have a great influence on the lifespan of the buildings. The red ceramic industry is present throughout the State of Paraná and it is responsible for the consumption of more than 70% of all raw material (clay), as well as most of the companies and jobs in the sector. The companies that make up this sector are, in general, of small and medium size. Despite the effort to meet market demand, many of these companies face difficulties in terms of the capacity of the production process, as well as the quality of the final product. The objective of this work were to study and evaluate, with the help of Quality Tools and current technical standards, the production process of a Ceramic Blocks Industry, located in the Western Region of the State of Paraná. One hundred and thirty Ceramic Blocks were sampled, from which the mass, external wall thickness, septa thickness, hole diameter, width, length and height were measured. Once the normal values were verified, the control charts were constructed. It were observed that all evaluated variables were under control. Then, for the variables: width, height, length, external walls thickness and septa thickness, the process capacity indices were calculated. With this analysis, it were possible to verify that the production process were not able to produce Ceramic Blocks according to the tolerance limits indicated in the norm NBR 15.270-1: 2005, from ABNT.

Keywords: Quality Control. Statistical Process Control. Red Ceramic.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Consumo de Blocos Cerâmicos, segundo o tamanho da empresa com relação ao quadro de pessoal ocupado	17
Figura 2. Consumo dos Principais Materiais de Construção no período de 2011 a 2013	18
Figura 3. Evolução do Conceito de Qualidade no Âmbito Organizacional.....	21
Figura 4. Passos para Implantar um Programa <i>Six Sigma</i>	27
Figura 5. Funções dos Dispositivos <i>Poka-Yoke</i>	29
Figura 6. Representação de um Fluxograma	30
Figura 7. Exemplo de Folha de Verificação	31
Figura 8. Exemplo de Gráfico de Controle Estatístico de Processo	32
Figura 9. Exemplo de Gráfico de Pareto	33
Figura 10. Exemplo de Histograma.....	35
Figura 11. Representação de um Processo Centrado	36
Figura 12. Representação das Especificações Unilaterais Inferior e Superior.....	37
Figura 13. Estrutura do Diagrama de Causa e Efeito	39
Figura 14. Exemplo de Diagrama de Dispersão	40
Figura 15. Ciclo PDCA	41
Figura 16. Localização da Empresa, na qual o estudo foi realizado	44
Figura 17. Representação dos Blocos Cerâmicos produzidos	45
Figura 18. Procedimentos Metodológicos.....	48
Figura 19. Peças Coletadas para Análise.....	49
Figura 20. Representação da Espessura das Paredes Externas e dos Septos	49
Figura 21. Fluxograma do Processo Produtivo de Blocos Cerâmicos com base no padrão ANSI	53
Figura 22. Representação de Estoque de Argilas em Camadas	55
Figura 23. Misturador de Argila	55
Figura 24. Laminador de Argila	55
Figura 25. Extrusora à Vácuo	56
Figura 26. Boquilha de 9 cm x 14 cm com 6 Furos e Saída Única	56
Figura 27. Argila Extrudada	56
Figura 28. Cortador.....	56
Figura 29. Transporte dos Blocos Cortados até a Estufa	57
Figura 30. Histograma dos Valores Médios das 7 Variáveis Avaliadas.....	60
Figura 31. Gráficos de Controle de Média e do Desvio Padrão das Massas	61
Figura 32. Gráficos de Controle de Média e do Desvio Padrão do Diâmetro dos Furos	62
Figura 33. Gráficos de Controle de Média e do Desvio Padrão da Espessura das Paredes Externas.....	62
Figura 34. Gráficos de Controle de Média e do Desvio Padrão do Comprimento	63
Figura 35. Gráficos de Controle de Média e do Desvio Padrão das Alturas	63
Figura 36. Gráficos de Controle de Média e do Desvio Padrão das Larguras	64
Figura 37. Gráficos de Controle de Média e do Desvio Padrão da Espessura dos Septos.....	64
Figura 38. Gráfico da Performance do Processo em Relação ao Comprimento	67
Figura 39. Gráfico da Performance do Processo em Relação a Largura	68
Figura 40. Gráfico da Performance do Processo em Relação a Altura	69
Figura 41. Gráfico da Performance do Processo em Relação a Espessura dos	

Septos.....	70
Figura 42. Gráfico da Performance do Processo em Relação a Espessura das Paredes Externas.....	70
Figura 43. Diagrama de Ishikawa: Principais Causas do Desvio das Dimensões dos Blocos Cerâmicos	71

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Definições de Qualidade.....	20
Quadro 2. Ações Produtivas envolvidas na Gestão da Qualidade	24
Quadro 3. Classificação dos Defeitos.....	25
Quadro 4. As 7 Forças Perturbadoras da Qualidade	26
Quadro 5. Custos da Qualidade	43
Quadro 6. Vantagens e Desvantagens da utilização de Fornos Intermitentes e Contínuos	58

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 MATERIAIS CERÂMICOS: CONCEITO E CLASSIFICAÇÃO.....	15
2.2 CONTEXTO HISTÓRICO DA CERÂMICA VERMELHA	16
2.3 O SETOR CERÂMICO NACIONAL E ESTADUAL	17
2.4 QUALIDADE: CONCEITO E EVOLUÇÃO	20
2.5 QUALIDADE NA INDÚSTRIA CERÂMICA	22
2.6 GESTÃO DA QUALIDADE	23
2.6.1 Controle de Qualidade: Em Busca do Zero Defeito	25
2.6.2 Ferramentas da Qualidade	29
2.6.2.1 Fluxograma	30
2.6.2.2 Folha de Verificação.....	31
2.6.2.3 Gráfico de Controle Estatístico de Processo	31
2.6.2.4 Análise de Pareto	33
2.6.2.5 Histograma	34
2.6.2.6 Capacidade do processo	35
2.6.2.7 Diagrama de Causa e Efeito.....	38
2.6.2.8 Diagrama de Dispersão ou Correlação	39
2.6.3 Melhoria Contínua: Ciclo PDCA	40
2.6.4 Custos da Qualidade	42
3 MATERIAIS E MÉTODOS	44
3.1 EMPRESA E OBJETO DE ESTUDO	44
3.2 METODOLOGIA	45
3.3 COLETA DE DADOS.....	48
3.4 ANÁLISES REALIZADAS	50
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	52
5 CONCLUSÃO	73

1 INTRODUÇÃO

O setor de cerâmica vermelha tem um importante papel na economia brasileira, com participação em cerca de 1% do PIB nacional, o equivalente a aproximadamente 6 bilhões de dólares (CUNHA et al, 2010).

Além da importância econômica, a Indústria da Construção Civil (ICC) tem relevante papel social, tanto pela capacidade de diminuição do déficit habitacional brasileiro como por seu potencial de geração de emprego e renda (VIEIRA, 2009).

Nos dias atuais, o setor ceramista está extremamente pulverizado, convivem lado a lado: as empresas de grande porte, com atuação no mercado internacional e com alto grau de tecnologia de fabricação; com as pequenas e médias empresas, que destinam seus produtos ao mercado interno sendo que muitas não conseguem atingir os padrões de qualidade e exigência normativas, especialmente devido a falta de controle tecnológico no processo, apoiada pela escassez de laboratórios especializados no país (PRADO; BRESSIANI, 2013).

A maioria das pequenas e médias empresas não têm diferencial (valor agregado) para atrair o consumidor e influenciá-lo a escolher o seu produto. Em geral, o que se vê é um consumidor insatisfeito com produtos de qualidade inferior, que não atendem às especificações normativas. Isto se deve, principalmente, ao fato de que o Brasil não possui laboratórios para controle de qualidade para auxiliar as empresas de pequeno porte (VIEIRA, 2009).

Estes aspectos incentivam uma competição predatória, impulsionada pela falta de critério do consumidor para a seleção deste ou aquele produto, provocando a saída de algumas cerâmicas do mercado (BASTOS, 2003).

Este cenário, revela a carência de informações que devem nortear a realização de ações adequadas para o desenvolvimento do setor, e traz à tona a necessidade da sensibilização dos empresários, a respeito da importância de conhecer: os conceitos relacionados a Gestão da Qualidade e Controle Estatístico de Processo, e também, os benefícios que envolvem a aplicação de Ferramentas da Qualidade no processo produtivo.

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar o processo produtivo de uma Indústria de Cerâmica Vermelha (Blocos Cerâmicos) do Estado do Paraná, por meio da aplicação de Ferramentas da Qualidade, identificando,

oportunidades de melhoria da qualidade do processo e, conseqüentemente, do produto.

Desta maneira, a fim de cumprir o objetivo, este trabalho compreende a seguinte seqüência de ações:

- a. Estudar o processo produtivo e os tipos de blocos cerâmicos da empresa em questão, a fim de elaborar o fluxograma do mesmo;
- b. Escolher o produto para coletar dados de qualidade;
- c. Selecionar lotes de produção para coleta de dados de qualidade;
- d. Avaliar, com o auxílio de Ferramentas da Qualidade, possíveis melhorias no processo ou produto.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Esta seção apresenta a revisão de literatura do trabalho, dividida nas seguintes subseções: Materiais Cerâmicos: Conceito e Classificação, Contexto Histórico da Cerâmica Vermelha, O Setor Cerâmico Nacional e Estadual, Qualidade: Conceito e Evolução, Gestão da Qualidade.

2.1 MATERIAIS CERÂMICOS: CONCEITO E CLASSIFICAÇÃO

Cerâmica é o nome atribuído à pedra artificial obtida por meio moldagem, secagem e cozimento de argilas ou misturas argilosas. Para classificar um produto cerâmico deve-se levar em consideração, a finalidade do produto a ser produzido, a origem e as características da matéria prima utilizada na produção do mesmo, além de outras características cerâmicas, técnicas e econômicas (COUTO, 2011).

As propriedades características dos produtos cerâmicos são, a boa resistência mecânica, a resistência ao desgaste, uma vida útil longa, a inércia química e ausência de toxicidade, a resistência ao calor e à chama, a resistência elétrica e, por vezes, porosidade específica. A base dos produtos cerâmicos é a argila, constituída essencialmente por silicatos de alumina, muitas vezes associados a óxidos de ferro, e constituída principalmente por filossilicatos (MARTINS; SILVA, 2004). Além disso, os produtos de Cerâmica Vermelha possuem baixo custo de produção, devido ao processo produtivo simplificado e à abundância de matéria prima.

A Cerâmica Vermelha, segmento abordado neste trabalho, é assim nomeada devido à cor avermelhada dos produtos, são eles: tijolos, blocos, telhas, elementos vazados, lajes, tubos cerâmicos, argilas expandidas, utensílios de uso doméstico e decorativos (ABC, 2016a).

Segundo Martins e Silva (2004), a coloração avermelhada, é identificada após o cozimento (ou queima) do produto (estágio final do processo produtivo), e está relacionada a presença de óxido de ferro, substância em abundância na argila (matéria-prima básica da cerâmica).

2.2 CONTEXTO HISTÓRICO DA CERÂMICA VERMELHA

A história da cerâmica caminha junto com a história da humanidade. A argila é utilizada em todas as sociedades – das mais antigas às modernas. Os artefatos mais antigos conhecidos pelos arqueólogos, têm de cerca de 8.000 anos, foram encontrados no Japão, na região que era habitada pela cultura Jomon (ANFACER, 2016). A técnica construtiva em alvenaria de tijolos ou blocos cerâmicos remonta aos antigos caldeus e assírios, que em torno de 4000 a.C. já usavam este material para erguer casas e palácios. O registro mais antigo de um tijolo foi encontrado nas escavações arqueológicas na cidade de Jericó, no Oriente Médio. Estes passaram a ser utilizados quando as pedras naturais começaram a ficar escassas (ANICER, 2002).

O termo cerâmica (do grego, *keramike* – terra queimada, ou *keramos* – argila queimada) compreende todos os materiais inorgânicos, não-metálicos, moldados durante sua fase plástica e submetidos à cocção, a temperaturas entre 900°C e 1.000°C. Neste processo, denominado Queima, a argila plástica adquire rigidez e resistência, mediante a fusão de alguns componentes da massa (ANICER, 2016a).

No Brasil, a cerâmica teve os primeiros registros na Ilha de Marajó (PA), a partir da cultura indígena que floresceu no local. O material produzido envolvia técnicas de raspagem, incisão, excisão e pintura. As primeiras olarias¹ foram instaladas pelos colonizadores, estruturando assim, o processo rudimentar utilizado pelos nativos (ANICER, 2016b).

No Paraná, as Indústrias Cerâmicas que substituíram as antigas produções caseiras de origem cabocla, surgiram com a vinda de imigrantes europeus. A primeira fábrica de cerâmica do Paraná, a Fábrica Colombo, foi fundada pelo italiano Francisco Busato em 1880. Na cidade de Pinhais, no início do século XX, a Indústria Weiss, diante da necessidade de construir as casas para os

¹ Os termos "cerâmica" e "olaria" são, frequentemente, utilizados indistintamente, mas, na verdade, essas duas palavras não são sinônimas. As Indústrias de Cerâmicas Vermelhas produzem blocos cerâmicos (9 furos), tijolos baianos (8 furos), blocos para vedação, lajes, telhas, entre outros. Já, nas Olarias são produzidos tijolos comuns (tijolinhos), vasos, jardineiras, maringas de água, entre outros. Nesses produtos não há necessidade de tratar a argila (GOMES, 2012).

funcionários da linha férrea, iniciou a produção de telhas e tijolos cerâmicos (ECKER et al, 2003).

2.3 O SETOR CERÂMICO NACIONAL E ESTADUAL

O segmento de Cerâmica Vermelha compreende os materiais com coloração avermelhada, tais como: tijolos, blocos, telhas, elementos vazados, lajes, tubos cerâmicos, argilas expandidas, utensílios de uso doméstico e decorativos (ABC, 2016a). Estes materiais integram o setor dos minerais não metálicos da Indústria da Transformação Mineral, fazendo parte do conjunto de cadeias produtivas que compõem o Complexo da Construção Civil (BRASIL, 2015).

A produção cerâmica é feita, em sua maioria, por empresas de pequeno e médio porte, de capital nacional. A argila, matéria prima essencial para a produção de blocos cerâmicos com qualidade e regularidade, é proveniente de jazidas (unidades mineradoras) que fornecem o insumo, sendo a indústria proprietária, ou não, dos locais de extração (NUNES; RESENDE, 2013).

Contudo, o consumo de blocos cerâmicos é realizado, essencialmente, em grandes empresas construtoras, como ilustra gráfico da Figura 1 (IBGE, 2013).

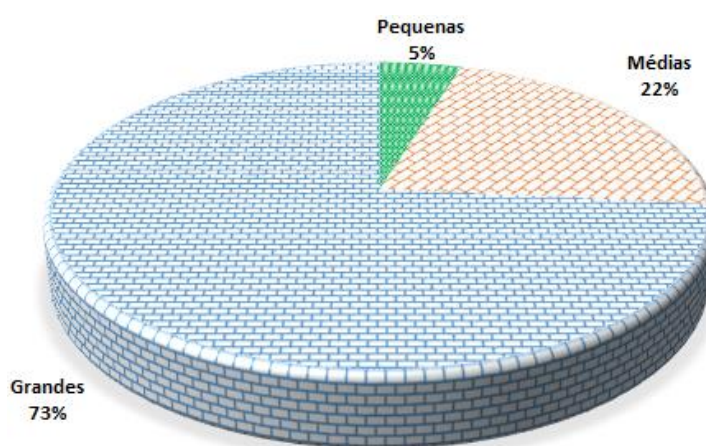


Figura 1. Consumo de Blocos Cerâmicos, segundo o tamanho da empresa com relação ao quadro de pessoal ocupado
Fonte: Adaptado de IBGE, (2013)

O consumo de blocos cerâmicos, com relação ao quadro de pessoal ocupado, por empresas construtoras (IBGE, 2013):

- a. De pequeno porte (obras com 1 a 4 funcionários), representa 5%;
- b. De médio porte (obras com 5 a 29 funcionários), representa 22%;
- c. De grande porte (obras 30 ou mais funcionários), representa 73%.

O Brasil possui um importante parque fabril no setor cerâmico, tendo produtos de alta qualidade e preços competitivos a nível mundial. Os principais polos industriais estão situados nos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Rio Grande do Norte (BERNI et al, 2010).

Segundo a Associação Nacional de Indústria Cerâmica (ANICER, 2014), no país existem cerca de 6.903 cerâmicas distribuídas em diversos estados, mais concentradas nas regiões Sudeste e Sul, que geram um faturamento de R\$ 18 bilhões ao ano. Mensalmente, as indústrias de blocos cerâmicos produzem mais de 4 bilhões de peças.

O Gráfico da Figura 2 apresenta os valores gastos em materiais de construção civil, de acordo com a Pesquisa Anual da Indústria da Construção do IBGE no período de 2011 a 2013. Pode-se perceber que os blocos cerâmicos, representaram nas obras realizadas, um valor inferior aos valores gastos com concreto, cimento e vergalhões. Pode-se notar ainda, que o ano de 2012 quando comparado aos demais, apresentou valores superiores de gastos no setor da construção, já o ano de 2013 mostrou uma retração no crescimento, mas ainda foi superior a 2011 (IBGE, 2011 – 2013).

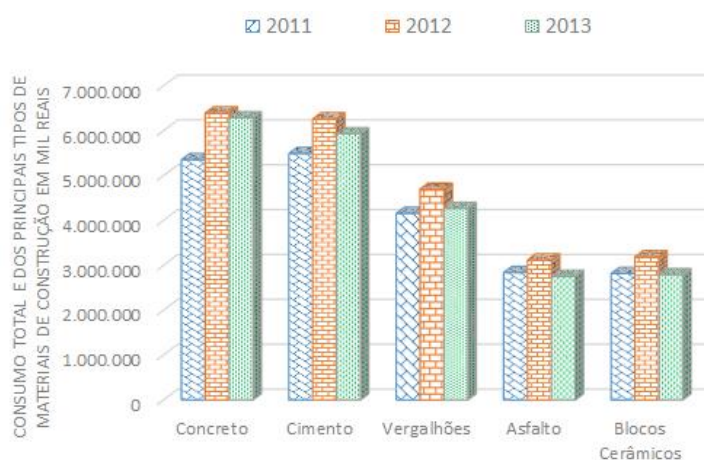


Figura 2. Consumo dos Principais Materiais de Construção no período de 2011 a 2013

Fonte: Adaptado de IBGE, 2011 – 2013

Em 2008, a produção de peças cerâmicas no Brasil foi de 76 bilhões, quantia significativa se comparada a países desenvolvidos como a Espanha, um dos maiores produtores de cerâmica vermelha da Europa, com uma produção anual de aproximadamente 30 milhões e, os Estados Unidos da América, com 20 milhões de peças. Isto se deve à dimensão do mercado brasileiro da Construção Civil, que faz do consumo e da produção de peças cerâmicas, um dos maiores do mundo (BRASIL, 2009).

Presente em todo o Estado do Paraná, o setor da Cerâmica Vermelha é considerado o setor mais importante para as indústrias de cerâmica em geral, responsável pelo consumo de cerca de 70% de toda matéria prima, assim como, pela maioria das empresas e empregos do setor. Ao considerar o número de cerâmicas existentes no estado, destaca-se a região Oeste pelo nível de produção pois, 142 cerâmicas estão instaladas na região, das quais 43 situam-se nos municípios de Nova Santa Rosa, São Miguel do Iguçu e Toledo (SEBEN; GARCIA, 2011).

Segundo os mesmos autores, a caracterização do setor de cerâmica Vermelha no Paraná, mais especificamente, das Indústrias Cerâmicas da região Oeste, pode ser feita com base em 3 aspectos:

- a. Existência de rendimentos de escala: vantagens de custos na produção quando há produção em escalas maiores (as cerâmicas maiores possuem custos médios de produção menores, em consequência disso, apresentam vantagens sobre as cerâmicas menores, as de origem familiar com produção reduzida em comparação à média regional);
- b. Existência de empresas de grande porte operando com produção acima da média regional;
- c. A maioria das cerâmicas compete mercados geograficamente próximos, fato relativo ao baixo valor agregado dos Blocos Cerâmicos em comparação aos custos de transporte.

2.4 QUALIDADE: CONCEITO E EVOLUÇÃO

Qualidade é um termo empregado com o objetivo de evidenciar o grau de “excelência” de um processo, produto ou serviço (OAKLAND, 1994). Trata-se de uma característica que pode ser atribuída com base em diversos aspectos, tal abrangência permite a existência de diversas definições, algumas delas são apresentadas no Quadro 1.

Autor	Definição
Carpinetti	Um produto é de qualidade se apresenta o desempenho esperado a um preço acessível ao consumidor e, um nível de conformidade adequado ao projeto de concepção, a um custo admissível pela indústria.
Deming	A qualidade tem como objetivo o atendimento às necessidades presentes e futuras do usuário
Feigenbaum	Qualidade está relacionada à totalidade de características referentes a marketing, engenharia, manufatura e manutenção, pelas quais os produtos (ou serviços) que, ao serem utilizados, atenderão as expectativas dos clientes.
Fischer, Kirchner, Kaufmann e Schmid	Afirmar que um produto (ou serviço) é de qualidade significa afirmar, implicitamente, que o mesmo atende aos requisitos especificados pelos clientes ou pela sociedade, em forma de expectativas e desejos.
Juran	Adequação à finalidade ou ao uso.
Paladini	Qualidade é sinônimo de perfeição. É dependente do nível de conformidade, que o produto (ou serviço) apresenta, em relação ao projeto de concepção.
Paranthaman	A qualidade de um produto (ou serviço) não definida apenas com base na excelência, não é um atributo isolado. Mas, certamente, é o objetivo final da indústria, e também, é o que os consumidores esperam do produto (ou serviço).

Quadro 1. Definições de Qualidade

Fonte: Adaptado de Carpinetti (2012), Fischer et al (2009, p. 8), Oakland (1994, p. 15), Paladini (2004) e Paranthaman (1990, p. 2)

De acordo com Oliveira et al (2003), a evolução da qualidade compreende 3 fases, como ilustra a Figura 12.

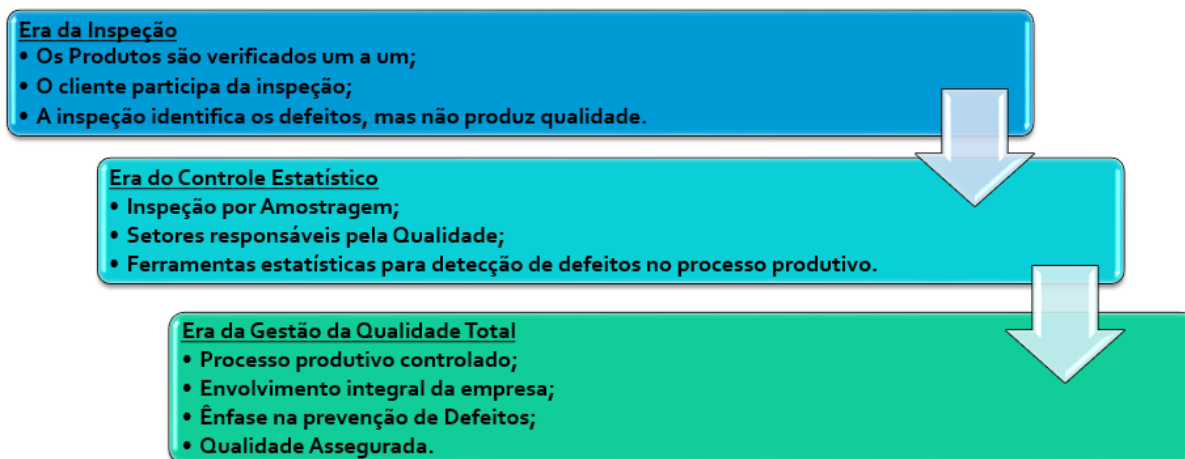


Figura 3. Evolução do Conceito de Qualidade no Âmbito Organizacional
 Fonte: Adaptado de Oliveira et al (2003)

Os mesmos autores explicam que:

- Na Era da Inspeção, período anterior à Revolução Industrial, o produto era inspecionado pelos fabricantes (os artesãos) e pelos clientes. Nesta época, o foco era voltado para a detecção de defeitos de fabricação, sem a definição e aplicação de uma metodologia específica.
- Na era do Controle Estatístico, a inspeção foi aprimorada por meio da aplicação de técnicas estatísticas. Com o aumento da demanda mundial por produtos, a verificação produto a produto tornou-se inviável, assim, a técnica por amostragem passou a ser utilizada. Trata-se de uma técnica na qual, determinada quantia de produtos era selecionada, aleatoriamente, para a inspeção. A qualidade da amostra representava a qualidade do lote, a técnica de inspeção por amostragem se consolidou como ferramenta no controle da qualidade, isto porque, simplificam e aumentam a precisão do processo de inspeção.

De acordo com Carpinetti, Miguel e Gerolamo (2010), desde o início da década de 1990, com os estudos de Juran e Feigenbaum, entendeu-se a importância de haver um conjunto de atividades na cadeia produtiva buscando a qualificação de seus produtos.

A princípio a atenção, assim como na era anterior, era voltada para o produto que, posteriormente, evoluiu para controle do processo de produção,

servindo de base para o início da Era da Gestão da Qualidade Total. Trata-se da fase vivenciada nos dias atuais, na qual, os esforços da empresa são voltados ao atendimento da necessidade e expectativa do cliente (OLIVEIRA et al, 2003).

2.5 QUALIDADE NA INDÚSTRIA CERÂMICA

De acordo com Medeiros (2006), no que diz respeito às características geométricas, mecânicas, físicas e visuais dos Blocos Cerâmicos, é comum o não atendimento às normas técnicas. Isto desencadeia uma série de problemas que elevam o desperdício de materiais e o custo da obra.

Para Pauletti (2001), o setor de Cerâmica Vermelha terá que se reestruturar em busca da competitividade, por uma questão de sobrevivência no mercado. Devido a constante exigência do mercado, somente empresas que mantem preços competitivos com padrões de qualidade aceitáveis, permanecem ativas no mercado.

Embora o setor da Construção Civil seja o consumidor em potencial dos produtos cerâmicos, a produção dos mesmos é feita, em sua maioria, por empresas de pequeno e médio porte, de capital nacional (NUNES; RESENDE, 2013; IBGE, 2013).

Isso explica o entrave no desenvolvimento tecnológico do setor, além de ser um problema de ordem financeira, devido ao alto valor a ser investido para fazer uso das tecnologias existentes é, também, um problema de ordem cultural (VIEIRA, 2009).

Muitas empresas são de origem familiar, o *know-how* é empírico (relativo ao nível de experiência que o ceramista adquire executando a atividade) e é transmitido para as gerações seguintes (FERRAZ, 2002).

A não abertura às mudanças e, até mesmo, o desconhecimento de normas técnicas fortalece a ideia de que a aplicação de tecnologias gestão de processo e capacitação de mão de obra é supérflua e desnecessária (VIEIRA, 2009).

Os problemas relacionados à qualidade da Indústria Cerâmica não serão superados por meio de medidas pontuais, mas, por de mudanças culturais (de

pensamento e comportamento) de todos os envolvidos (SILVA, 1993).

De acordo com o mesmo autor, as mudanças no processo de produção só são viáveis se houver a integração da empresa como um todo. A ausência dessa integração exige a busca por conhecimento e metodologias pertinentes, de maneira que todos os envolvidos tenham condições de convergir para objetivos comuns.

Desta evolução do pensamento depende a sobrevivência da indústria ceramista brasileira; caso contrário, as empresas de menor porte, em especial as familiares, com produção eminentemente manufatureira, correm sério risco de ir à falência (VIEIRA, 2009).

2.6 GESTÃO DA QUALIDADE

A competitividade e o desempenho das empresas são afetados negativamente, em termos de qualidade, por uma série de fatores. Dentre eles, destacam-se (LONGO, 1994):

- a. A deficiência na capacitação dos Recursos Humanos;
- b. Modelos gerenciais ultrapassados, que não geram motivação;
- c. Tomada de decisão inadequada, sem fundamentação.

A Gestão da Qualidade Total é uma opção para a reorientação gerencial das organizações, fundamentada em 4 pontos básicos (LONGO, 1994):

- a. Envolvimento integral da empresa no trabalho – descentralização da autoridade e participação na fixação de metas e objetivos;
- b. Foco no cliente;
- c. Decisões tomadas o mais próximo possível ao nível da ação, com base em fatos e dados;
- d. Busca constante pela solução de problemas e diminuição de erros.

Trata-se de uma filosofia gerencial que exige mudança na postura gerencial da empresa, em prol da busca contínua e progressiva pela qualificação.

Para Godoy et al (2009), qualificação está alinhada à diminuição de custos, que é contemplada pelas iniciativas ISO 9000. Carpinetti (2012), afirma que um dos períodos mais importantes na evolução da Gestão da Qualidade, refere-se à constatação de que o atendimento dos requisitos de adequação às normas, muitas

vezes, não é imediato. Isto se deve ao fato, de que os requisitos estão sujeitos a alterações periódicas, a fim de acompanhar a evolução de conceitos e técnicas operacionais, tornando as normas mais rigorosas de maneira, que ao atendê-los, a qualidade seja garantida. Trata-se de um processo cíclico de aprendizagem.

Fischer et al (2009), explicam que uma maior integração da Gestão da Qualidade, tem como objetivo eliminar defeitos, onde eles ocorrem e não depois da sua constatação, pois a correção dos mesmos gera custos. Medidas puras de controle se fazem necessárias. Os autores também destacam os 5 principais pontos, em que a aplicação da Gestão da Qualidade foi intensificada nos últimos 20 anos:

- a. Fortalecimento do planejamento da qualidade com o objetivo de, a priori, identificar fontes de defeitos e eliminá-los com medidas correspondentes;
- b. Alocação de inspeções de qualidade no início dos processos com objetivo de evitar refugo e retrabalho posterior;
- c. Uso mais intenso de procedimentos estatísticos no planejamento e no controle da qualidade;
- d. Crescente automação da gestão da qualidade e introdução de técnicas de medição, inspeção, calculo e representação auxiliados por computador;
- e. Obtenção de dados de referência para a avaliação rápida de processos críticos.

Para Paladini (2004), a Gestão da Qualidade envolve 3 Ações Produtivas de origens distintas, como apresenta o Quadro 2.

Ação Produtiva	Natureza da ação	Exemplos
Atividades industriais	São aquelas voltadas para a produção de bens tangíveis, ou seja, produtos que existem fisicamente, de forma concreta; normalmente associados a ambientes de fábricas.	Carros, móveis e máquinas
Prestação de serviços	Envolve a produção de bens intangíveis, a qual é sempre desenvolvida por terceiros, em atendimento à solicitação explícita.	Bancos, clínicas e imobiliárias
Estruturação de métodos	Atividades que dizem respeito aos tipos de ação executada por terceiros sob forma de orientação geral para execução de um conjunto de tarefas, associados à transferência de informações, <i>know-how</i> ou tecnologia.	Assessoria técnica, consultorias e programas em televisão

Quadro 2. Ações Produtivas envolvidas na Gestão da Qualidade
 Fonte: Adaptado de Paladini (2004)

2.6.1 Controle de Qualidade: Em Busca do Zero Defeito

De acordo com Fischer et al (2009), se um requisito de qualidade não é atendido, tem-se um defeito. Denominam-se defeitos, determinadas características de um produto, que estão fora dos limites de tolerância estabelecidos, ou ainda, a inexistência das mesmas.

O Quadro 3 apresenta a classificação dos defeitos, segundo as consequências que os mesmos acarretam.

Defeito	Consequência	Exemplos
Defeito Crítico	Representa perigo às pessoas que utilizam, fazem manutenção ou que tenham qualquer tipo de contato com o produto. Também é aquele que compromete o funcionamento das instalações.	Perda de propulsão de um navio, não funcionamento de um satélite.
Defeito Importante	Não é um Defeito Crítico, mesmo assim, compromete a usabilidade do produto ou reduz sensivelmente a usabilidade para determinada finalidade	Não funcionamento do <i>flash</i> de uma máquina fotográfica
Defeito Secundário	Esse Defeito não reduz sensivelmente a usabilidade do produto para determinada finalidade. Trata-se de um Defeito, que influencia muito pouco no uso ou funcionamento do produto.	Trinca na tampa do farol traseiro de um carro ou ainda defeito na pintura de uma peça qualquer

Quadro 3. Classificação dos Defeitos
Fonte: Adaptado de Fischer et al (2009)

De acordo com Fischer et al (2009), o Controle da Qualidade tem como objetivo a redução dos defeitos, para isto, conhecimento de todas as etapas do processo produtivo, é fundamental. A medida que as etapas do processo produtivo são dominadas, a ocorrência de defeitos no produto, em seu estado final, é reduzida.

Gobis e Campanatti (2012), definem Controle da Qualidade com um conjunto de operações, técnicas ou programas, que têm como finalidade a obtenção de produtos que estejam dentro dos padrões de qualidade exigidos, promovendo assim, a eliminação das causas de resultados não satisfatórios em todos os estágios do processo produtivo para alcançar eficiência econômica.

Fischer et al (2009), explicam a importância da inserção de circuitos de

controle de qualidade em todos os processos da empresa: Os resultados dos processos passam constantemente por inspeções e são comparados com os requisitos de qualidade. Quando ocorrem desvios, são aplicados mecanismos de regulação aos processos, corrigindo-os até que a qualidade atinja o nível requisitado novamente.

A dispersão das características de qualidade é causada pelas 7 Forças Perturbadoras, apresentadas no Quadro 4. O Controle de Qualidade busca minimizar e manter estas dispersões em níveis aceitáveis.

Forças Perturbadoras	Influências
Ser humano	Qualificação, consciência de dever, engajamento, motivação, condição, senso de responsabilidade.
Maquinas	Rendimento, rigidez, exatidão de regulagem, estado de desgaste, natureza das ferramentas, vibração.
Medição	Possibilidades e qualidade dos meios de inspeção, capacidade dos meios de inspeção.
Método	Processos de fabricação, métodos de inspeção, passos de trabalho.
Ambiente	Influência do ambiente, como temperatura, umidade, iluminação, características do solo ou do piso.
Material	Dureza, tensões, estrutura, dimensões, exatidão de forma, homogeneidade.
Gestão/direção	Importância da qualidade, política e objetivos da qualidade, função exemplar.

Quadro 4. As 7 Forças Perturbadoras da Qualidade

Fonte: Adaptado de Fischer et al (2009)

Advindo da necessidade da redução de defeitos, o Programa *Six Sigma*, introduzido pela Motorola (e posteriormente, seguido por outras indústrias de renome mundial), adota ferramentas e métodos estatísticos para a definição de problemas e situações, controlando processos e produtos, promovendo a melhoria contínua (GOBIS; CAMPANATI, 2012). A Figura 13 ilustra a sequência dos passos de implantação do mesmo.

Segundo Oliveira (2003), a ferramenta estratégica gerencial denominada *Six Sigma* visa modificar, acelerar e aprimorar processos, produtos e serviços; reduzindo a variação do que é entregue aos clientes. Esse programa visa aplicar ferramentas estatísticas na redução da variabilidade da organização e tem como objetivo claro, a redução das falhas e dos custos. O nível *Six Sigma* corresponderia a defeitos da ordem de 3 a 4 partes por milhão de produtos o que quase equivale a defeito zero.

A expressão Zero Defeitos, no início da década de 1960 era conhecida

como um programa de melhorias em uma companhia fabricante de mísseis nos Estados Unidos (GUIMARÃES, 2003).

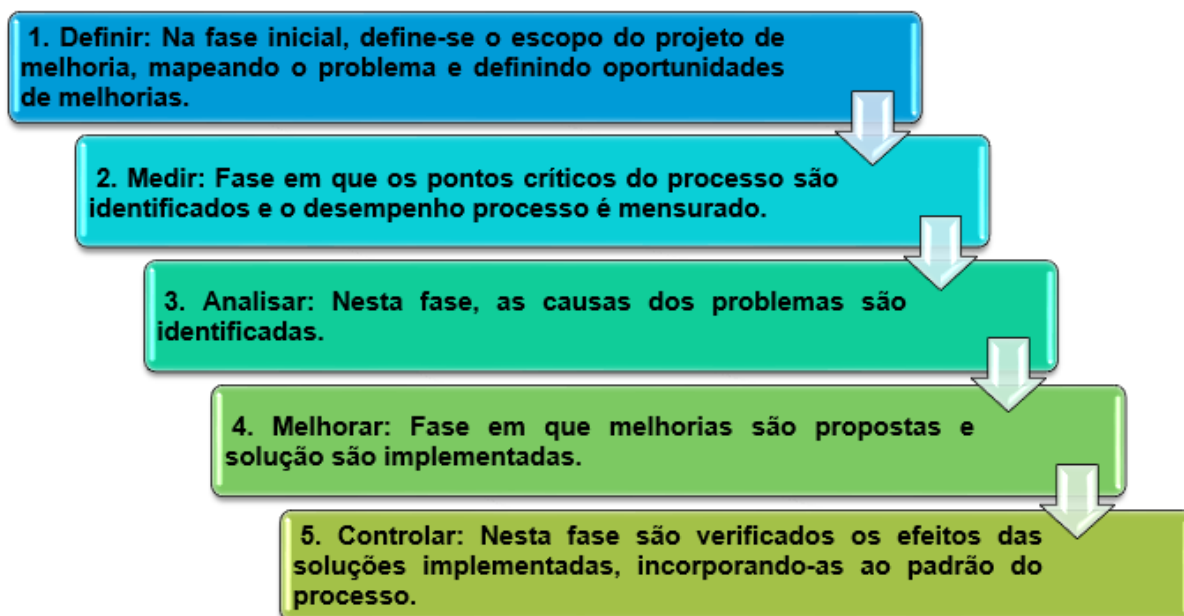


Figura 4. Passos para Implantar um Programa *Six Sigma*.

Fonte: Adaptado de Melo (2010)

Segundo Ghinato (1995), no Japão, esta expressão deu origem ao Controle da Qualidade Zero Defeitos (CQZD), um método racional e científico capaz de eliminar a ocorrência de defeitos por meio da identificação e controle das causas. Assim, o CQZD tem como meta, garantir que um processo seja capaz de produzir produtos livres de defeitos.

Para alcançar o Zero Defeito os japoneses determinaram, que uma inspeção eficiente, em 100% da produção, seria fundamental. Shingo (1986) classificou a inspeção como:

- a. Inspeção por Julgamento: Tem a finalidade de descobrir defeitos. É aplicada aos produtos de forma a julgá-los defeituosos ou não defeituosos, garantindo que estes últimos não sejam enviados aos processos subsequentes ou aos clientes. Este tipo de inspeção é aplicado em lotes inteiros, nos estágios finais do processo produtivo, não exercendo qualquer reação contra a produção de defeituosos, sendo, desta forma, de alto risco e custo;
- b. Inspeção Informativa: É, geralmente, utilizada na redução da

fabricação de produtos defeituosos. Este tipo de inspeção traz *feedbacks* ao responsável pela execução da operação. As informações relacionadas à fabricação dos produtos defeituosos são armazenadas no sistema, a fim de evitar a recorrência dos defeitos. Trata-se de um método com caráter informativo, eficaz na busca dos defeitos. Por outro lado, é ineficaz na obtenção do Zero Defeitos, pois, as causas dos defeitos não são tratadas;

- c. Inspeção na Fonte: Tem como objetivo identificar e controlar as causas dos defeitos. Isto permite que os erros, normalmente humanos, sejam detectados e corrigidos rapidamente. Assim, as condições para a ocorrência de defeitos são eliminadas.

Com a utilização da Inspeção na Fonte, deixa-se de observar o defeito para observar o erro, o que permite reconhecer as causas do mesmo. Desta maneira, é possível identificar a melhor técnica para eliminá-lo. Em resumo, controla-se o processo, não o produto (GUIMARÃES, 2003).

Os dispositivos *Poka-Yoke* são ainda mais eficazes em reduzir a fabricação de produtos defeituosos. São dispositivos automáticos de detecção de anomalias no processo e, muitas vezes, permitem a rápida correção das mesmas. *Poka-Yoke* é uma palavra de origem Japonesa que, em Português, significa “à prova de erros”.

Segundo a análise de Pojasek (1999) os dispositivos *Poka-Yoke* funcionam bem, nas seguintes situações:

- a. Rotina com sequência fixa de operações (que formam parte da cadeia de valor) com intervenção do operador;
- b. Processos produtivos com especificações claramente definidas;
- c. Número reduzido de parâmetros do processo a ser controlado;
- d. Alta rotatividade de pessoal;
- e. Controle de atributos qualitativos e quantitativos.

A Figura 14 ilustra, esquematicamente, as funções dos dispositivos *Poka-Yoke*. A Função de Alerta é menos eficaz, se comparada com as outras funções, pois exige a atenção do operador. Os mecanismos mais comuns de aviso, luzes e sons, são aplicados em situações em que o impacto das anomalias é leve ou, até mesmo, em situações em que a instalação de dispositivos de controle é inviável (NOGUEIRA, 2012).

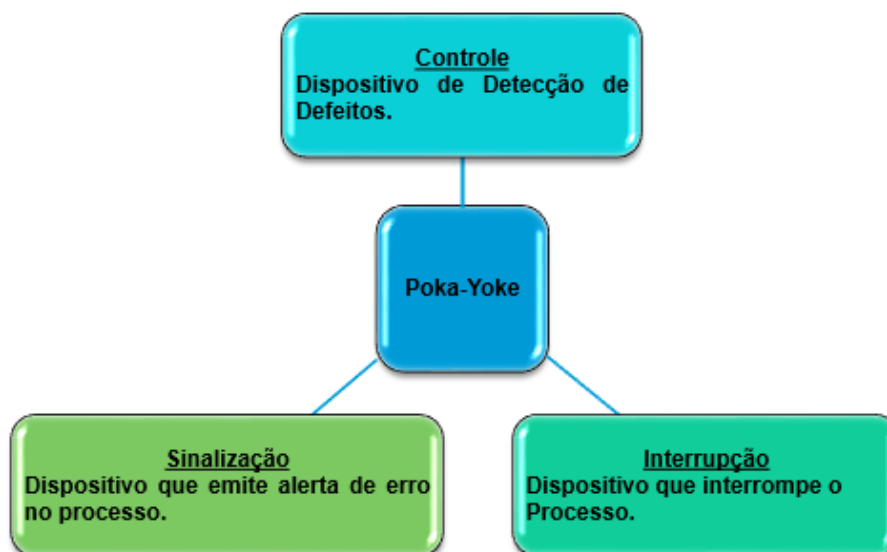


Figura 5. Funções dos Dispositivos *Poka-Yoke*
 Fonte: Adaptado de Calarge e Davanso (2004).

As Funções de Controle e Interrupção são as mais eficazes para impedir erros e, conseqüentemente, os defeitos. No momento em que, um erro é detectado, o processo é interrompido, impedindo que os defeitos ocorram. Esta metodologia é típica da fabricação japonesa, que determina a parada imediata da linha de produção, para que os erros possam ser corrigidos o mais rápido possível (NOGUEIRA, 2012).

2.6.2 Ferramentas da Qualidade

A qualidade deve ser construída no andamento do processo produtivo, não somente verificada depois que se tem em mãos o produto final (SLACK et al, 1997). A literatura traz as Sete Ferramentas que auxiliam a controlar os processos produtivos, a fim de torná-los estáveis.

De acordo com Trivelatto (2010), as Ferramentas da Qualidade são técnicas estatísticas e gerenciais que auxiliam na obtenção, organização e análises das informações necessárias para resolução de problemas, utilizando dados quantitativos.

O mesmo autor, relata que o número sete é considerado um número de

sorte no Japão, fez-se então, uma comparação entre as ferramentas básicas de uma organização e as sete peças básicas que constituem o equipamento samurai.

Sendo assim, as Sete Ferramentas Básicas da Qualidade são: Fluxograma ou Diagrama de Processo; Folha de Verificação; Gráficos de Controle Estatístico de Processo; Análise de Pareto; Histograma; Diagrama de Causa e Efeito; e Diagrama de Dispersão ou Correlação.

2.6.2.1 Fluxograma

Trata-se de um diagrama utilizado para representar, por meio de símbolos gráficos (que variam de acordo com a área em que são utilizados), a sequência de etapas que constituem um processo (PEINADO; GRAEML, 2007). A Figura 6 ilustra um exemplo de fluxograma.

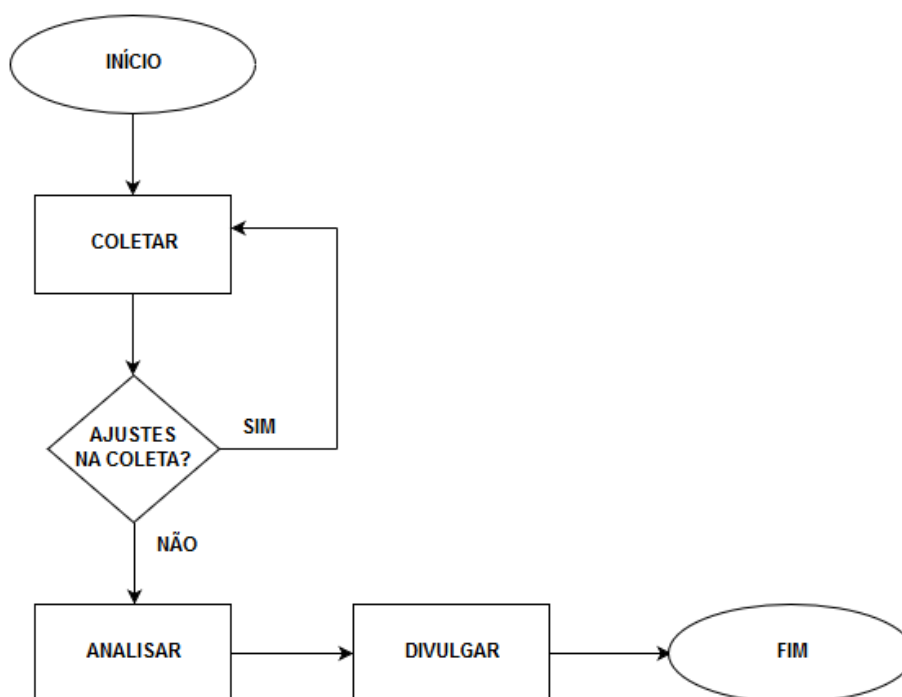


Figura 6. Representação de um Fluxograma
Fonte: Autoria Própria (2016)

A utilização de Fluxograma facilita a visualização e o entendimento do funcionamento do processo, auxiliando na percepção de pontos problemáticos e

permitindo comparações, entre o que acontece e o que deveria (ou não) acontecer (DELLARETTI, 1996).

Para elaborar um Fluxograma é necessário, primeiramente, entender e levantar os passos do processo, este levantamento é feito por meio de entrevistas e reuniões com seus executores (BERGMANN et al, 2012).

2.6.2.2 Folha de Verificação

A Folha de Verificação é considerada uma das ferramentas mais simples da Gestão da Qualidade. Esta é elaborada, de maneira que os registros possam ser apresentados em forma de um quadro ou tabela como ilustra a Figura 7. Os objetivos da utilização da Folha de Verificação são de facilitar a coleta de dados, a organização os dados durante a coleta, assim como, a padronização dos dados coletados (TRIVELATTO, 2010).

Folha de Verificação de Materiais		
Estágio de Fabricação: Produto Final Produto: Bloco Cerâmico (9 x 14 x 24 cm) Total Inspeccionado: 26 Lote n°: 5	Data: 28/05/16 Inspetor(a): Maria Turno: Manhã	
Defeito	Verificação	Subtotal
Marcas nas Superfícies		7
Trincas		4
Deformação		3
TOTAL		14
Total Rejeitado		3

Figura 7. Exemplo de Folha de Verificação
Fonte: Autoria Própria (2016)

2.6.2.3 Gráfico de Controle Estatístico de Processo

O Gráfico de Controle Estatístico de Processo serve para verificar se o processo está ocorrendo de acordo com o que foi planejado, ou seja, se está dentro dos limites de controle estipulados. A utilização desta ferramenta auxilia na

percepção de causas específicas que ocasionam variações no processo (CARPINETTI, 2012).

Segundo Trivelatto (2010), a estrutura do Gráfico de Controle de Processo é formada pela Linha Central (LC, ou \bar{X}) pelo Limite Superior de Controle (LSC) localizado acima da Linha Central, pelo Limite Inferior de Controle (LIC), localizado abaixo da Linha Média e pelos valores da característica da qualidade que estão sendo monitorados, como ilustra a Figura 8.

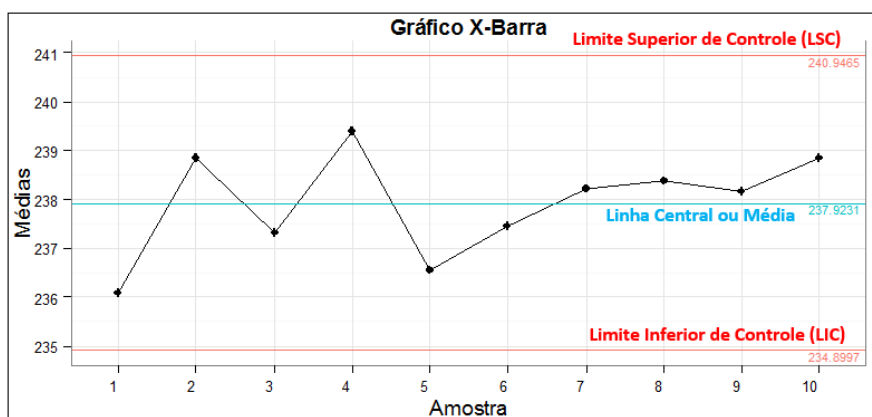


Figura 8. Exemplo de Gráfico de Controle Estatístico de Processo
Fonte: Autoria Própria (2016)

O cálculo dos limites LSC, LC e LIC envolve as Equações 1, 2 e 3.

$$LSC = \mu_0 + k\sigma_{\bar{x}} \quad (1)$$

$$LC = \mu_0 \quad (2)$$

$$LIC = \mu_0 - k\sigma_{\bar{x}} \quad (3)$$

Onde, μ_0 é o valor alvo do processo sob controle (a média das amostras), k é uma constante que indica a largura do intervalo (geralmente é tomado o valor 3 para k) e $\sigma_{\bar{x}}$ indica o desvio padrão da média (MONTGOMERY, 2004).

De acordo com Ryan (2011), a amostragem mínima necessária para construção de Gráficos de Controle é de 100 peças, sendo que o uso de valores médios é o mais indicado por, quase sempre, obedecerem aos pressupostos de normalidade dos dados pois, de acordo com o teorema do limite central, a média de uma amostra de n elementos de uma população tende a distribuição normal.

É dito que o processo está sob controle se, e somente se, todos os

pontos analisados estiverem localizados dentro dos limites LIC e LSC, formando uma nuvem aleatória de pontos distribuídos em torno da Linha Central.

Vale ainda ressaltar, que limites de controle confiáveis implicam em uma amostra que atenda aos pressupostos da normalidade (KACZAM et al, 2016).

2.6.2.4 Análise de Pareto

A análise de Pareto sugere grande parte das perdas decorrentes dos problemas relacionados à qualidade é proveniente de alguns poucos, mas vitais problemas. Carpinetti (2012) complementa com o seguinte exemplo, se uma organização sofre queda na produtividade em função de 50 problemas relacionados a qualidade, a solução de pelo menos 10, pode ser suficiente para a redução de 80 ou 90% das perdas totais. Essa análise caracteriza-se pela utilização de Gráficos de Barras Verticais, como ilustra a Figura 9.

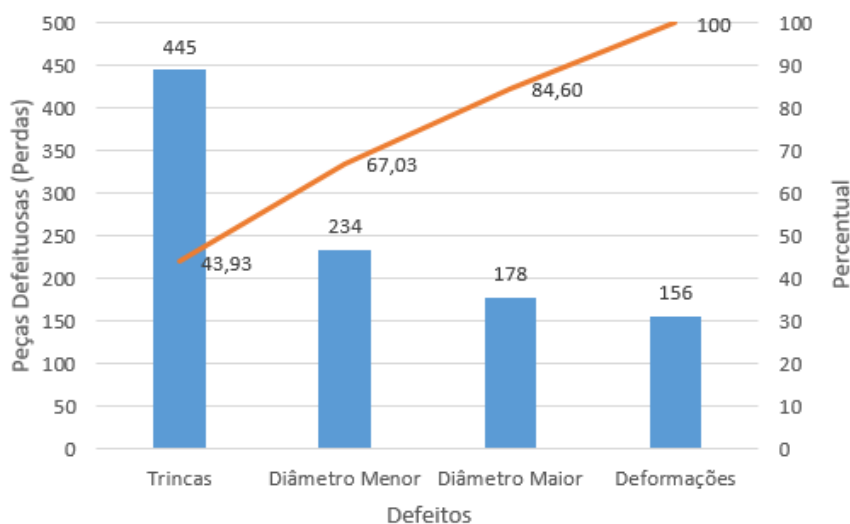


Figura 9. Exemplo de Gráfico de Pareto
Fonte: Autoria Própria (2016)

O Gráfico da Figura 9 exemplifica a aplicabilidade da Análise de Pareto. É possível observar que as Trincas, que representam aproximadamente 44% de todos os defeitos analisados, são responsáveis por quase 90% das perdas. Portanto, ao eliminar as causas das Trincas quase 90% das perdas serão reduzidas.

De acordo com Gonçalves (2010) o Gráfico de Pareto, também conhecido

como Curva ABC, é um método utilizado para classificar as informações, separando os itens de maior importância. Muito utilizada para a administração de materiais, a avaliação dos resultados da Curva ABC permite identificar o giro de itens no estoque, nível de lucratividade e o grau de representação no faturamento da organização.

2.6.2.5 Histograma

Segundo Carpinetti (2012), o Histograma é um gráfico no qual o eixo horizontal é subdividido em vários pequenos intervalos, para cada um destes intervalos, uma barra vertical é construída de acordo com o número de observações na amostra cujos valores pertencem ao intervalo correspondente, como ilustra a Figura 10.

Trata-se de uma ferramenta utilizada para representar graficamente uma grande quantidade de dados numéricos. Ao analisar o Histograma é possível interpretar estas informações de forma mais fácil e simples, do que acompanhando uma grande tabela ou um relatório com somente números e/ou valores (KUROKAWA; BORNIA, 2002).

Outra utilidade do Histograma é a possibilidade de verificar a tendência à normalidade dos dados. Esta verificação, conforme Schissatti (1998), permite avaliar a possibilidade de aplicação do Controle Estatístico do Processo.

Outro conceito associado à utilização dos Histogramas refere-se ao uso dos Limites Inferiores de Especificação (LIE) e Limites Superiores de Especificação (LSE). A análise desses limites permite avaliar se o processo é capaz de atender as especificações (KUROKAWA; BORNIA, 2002).

Por meio de análise de melhores Distribuições para os dados utilizados no Gráfico da Figura 10, pode-se observar que o p valor 0,39 foi encontrado pelo teste de Anderson Darling para a Distribuição Weibull, uma vez que os dados não seguem uma distribuição normal.

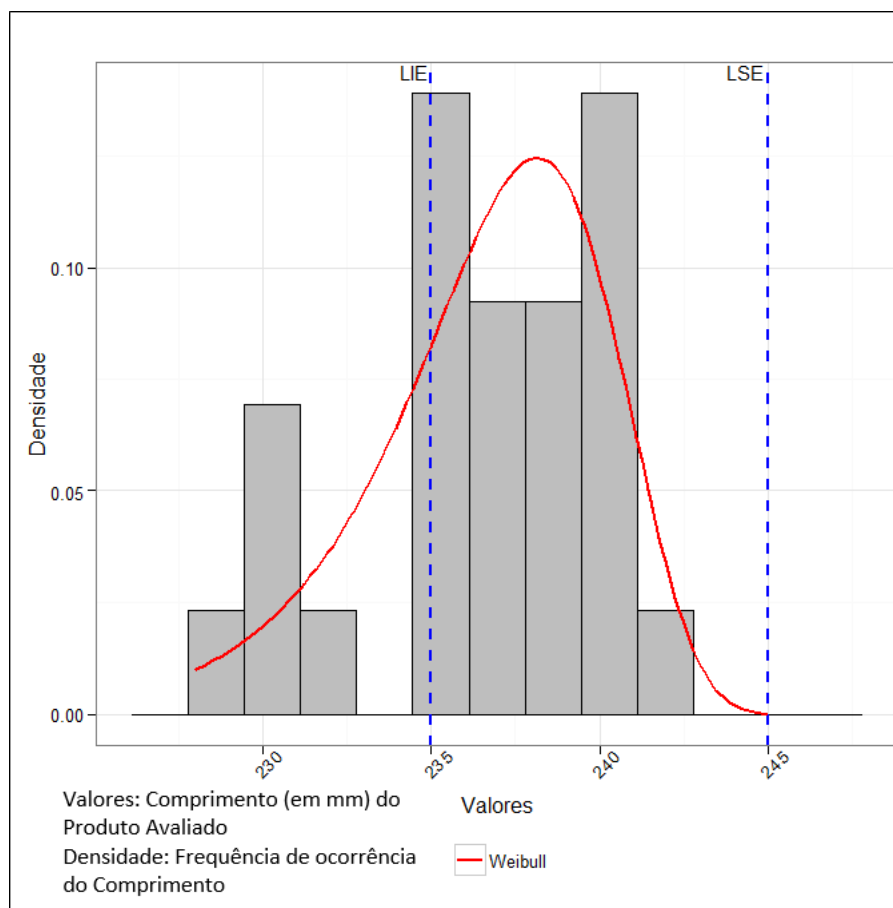


Figura 10. Exemplo de Histograma
Fonte: Autoria Própria (2016)

2.6.2.6 Capacidade do Processo

A análise da Capacidade do Processo é uma técnica que quantifica a variabilidade do processo e permite uma comparação com as especificações do produto. De acordo com Montgomery (2004), a capacidade do processo diz respeito à uniformidade da produção.

Os Índices de Capacidade mais usuais e difundidos são o Índice de Capacidade Potencial (C_p) e o Índice de Capacidade Efetiva (C_{pk}). O C_p mede a variabilidade do processo em comparação com as tolerâncias admitidas nas exigências de clientes, especificações de projeto ou normas, mas não avalia se o processo está ou não centrado, ou seja, indica a capacidade potencial do processo em atingir as especificações (DINIZ, 2001).

O índice C_p é dado pela razão entre a Amplitude de Especificação (LSE –

LIE) com a Amplitude do Processo ($LNTS - LNTI = 6\sigma$), como mostra a Equação 4 (CORRÊA; CHAVES, 2009).

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{LNTS - LNTI} = \frac{LSE - LIE}{\mu + 3\sigma - (\mu - 3\sigma)} = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} \quad (4)$$

Conforme o gráfico ilustrado na Figura 11, um processo centrado, isto é, com $\mu = \frac{LIE + LSE}{2}$, com uma distribuição normal e com um $C_p = 1$, produzirá 0,27% dos itens fora dos limites de especificação (PORTAL ACTION, 2016a).

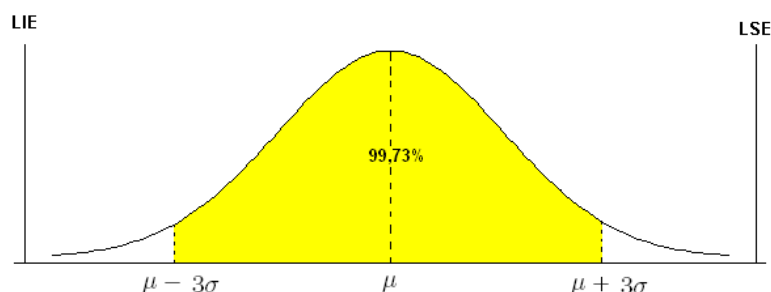


Figura 11. Representação de um Processo Centrado
Fonte: Portal Action (2016a)

O C_{pk} leva em consideração a localização da média do processo (um valor específico que se deseja obter, por exemplo) e, por este motivo, é mais utilizado que o índice C_p . (MONTGOMERY, 2004). Além da variabilidade do processo, este índice leva em consideração a localização dos itens avaliados, em relação aos limites de especificação (PORTAL ACTION, 2016a).

O índice C_{pk} pode ser obtido a partir de especificações bilaterais – Especificação Unilateral Superior (CPS) e Especificação Unilateral Inferior (CPI) – como mostram as Equações 5 a 7 (PORTAL ACTION, 2016a).

$$CPS = \frac{LSE - \mu}{3\sigma} \quad (5)$$

$$CPI = \frac{\mu - LSI}{3\sigma} \quad (6)$$

$$C_{pk} = \min\{CPS, CPI\} \quad (7)$$

A Figura 12 ilustra as especificações bilaterais graficamente, assim como, a média (ou valor alvo).

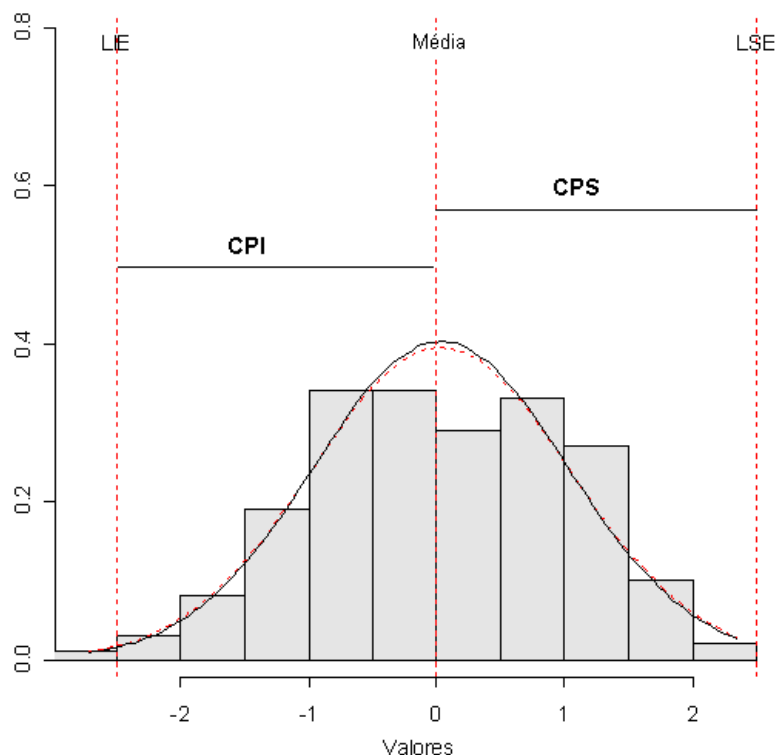


Figura 12. Representação das Especificações Unilaterais Inferior e Superior
 Fonte: Portal Action (2016a)

Segundo Corrêa e Chaves (2009), de maneira geral para:

- a. C_p e C_{pk} maiores que 1,33: processo é capaz para $+ / - 4$ desvios-padrões, mínimo de 99,994% dos itens dentro da tolerância;
- b. C_p e C_{pk} maiores que 1,00: processo é capaz para $+ / - 3$ desvios-padrão, mínimo de 99,73% dos itens dentro da tolerância;
- c. C_p e C_{pk} menores que 1,00: processo não é capaz para $+ / - 3$ desvios-padrão, menos de 99,73% dos itens dentro da tolerância.

Existem também os índices de Performance do Processo, enquanto os Índices de Capacidade informam como o processo poderá agir no futuro, os Índices de Performance informam como o processo agiu no passado ou como age no momento (PORTAL ACTION, 2016c). O cálculo dos índices de performance é igual ao dos Índices de Capacidade, o que diferencia é o desvio-padrão, utiliza-se o desvio - padrão calculado.

Considerações a respeito do Índice P_p (RODRIGUES, 2001):

- a. Desconsidera a centralização do processo;
- b. Não é sensível às causas especiais dos dados;
- c. Quanto maior o índice, menos provável que o processo esteja fora das especificações;
- d. Um processo com uma curva estreita (um P_p elevado) pode não estar de acordo com as necessidades do cliente, se não estiver centrado, isto é, dentro dos limites de especificações.

Para calcular o índice P_p utiliza-se as mesmas equações do cálculo do C_p .

Considerações a respeito do Índice P_{pk} (RODRIGUES, 2001):

- a. É possível verificar a proximidade dos dados coletados com o valor alvo do processo;
- b. É o ajuste do índice P_p para uma distribuição não-centrada entre os limites de especificação;
- c. É sensível às causas especiais dos dados;

Para calcular o índice P_{pk} utiliza-se as mesmas equações do cálculo do C_{pk} . Os parâmetros para a avaliação são (PORTAL ACTION, 2016c):

- a. Se $P_{pk} < 1$: Processo Incapaz;
- b. Se $1 \leq P_{pk} \leq 1,33$: Processo Aceitável;
- c. Se $P_{pk} \geq 1,33$: Processo Capaz.

2.6.2.7 Diagrama de Causa e Efeito

O Diagrama de Causa e Efeito foi desenvolvido pelo engenheiro químico Kaoru Ishikawa em 1943 na Universidade de Tóquio, por este motivo, também é conhecido como Diagrama de Ishikawa, ou ainda, Diagrama Espinha de Peixe devido à sua representação gráfica ilustrada na Figura 13 (TRIVELATTO, 2010; PEINADO; GRAEML, 2007).

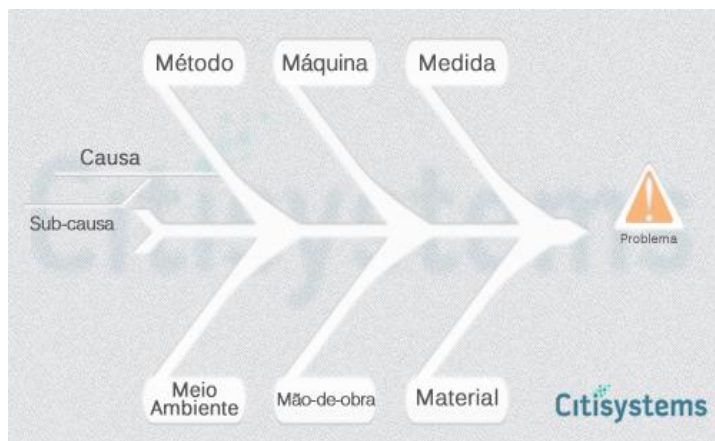


Figura 13. Estrutura do Diagrama de Causa e Efeito
Fonte: Silveira (2012)

De acordo com Daychoum (2007), esta é uma das ferramentas utilizadas para análise eficiente da conformidade ou não conformidade de um processo. Para elaborar um Diagrama de Causa e Efeito é necessário levantar as possíveis causas do problema a ser avaliado, estas causas podem ser organizadas em seis grupos: Método, Máquina, Medida, Meio Ambiente, Mão de obra e Material.

Assim, é possível identificar as possíveis causas de um problema, a fim de formular sugestões para a melhoria da qualidade do processo.

2.6.2.8 Diagrama de Dispersão ou Correlação

Esta ferramenta é utilizada para verificar a relação entre duas variáveis quantitativas, medidas sobre os mesmos indivíduos. O Diagrama de Dispersão permite identificar diferentes padrões de relacionamento entre duas variáveis (TRIVELATTO, 2010). O Gráfico da Figura 14 ilustra a relação entre as variáveis peso e altura.

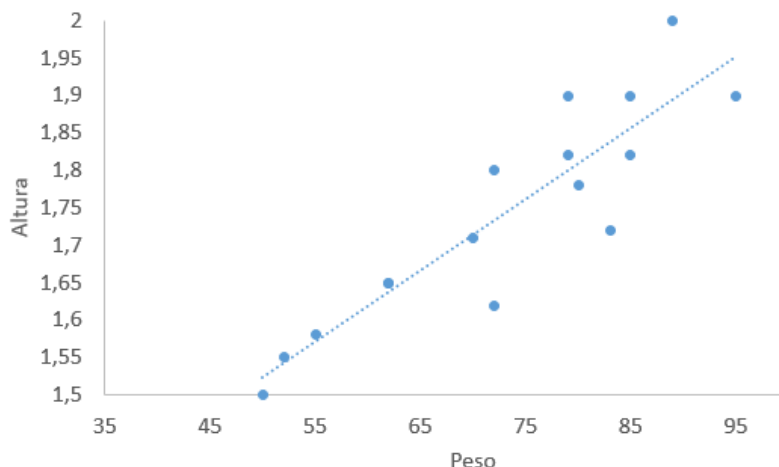


Figura 14. Exemplo de Diagrama de Dispersão
Fonte: Autoria Própria (2016)

De modo geral, sabe-se que, pesos iguais podem corresponder a alturas diferentes, assim como, alturas iguais podem corresponder a pesos diferentes. No entanto, o Gráfico da Figura 14 ilustra a clara tendência de que, quanto maior a altura, maior o peso.

Quando se trata de um grande conjunto de dados, muitas vezes, padrões de relacionamento entre diferentes variáveis estão ocultos, o Diagrama de Dispersão os torna explícitos, servindo de base para as tomadas de decisões (CÉSAR, 2011).

2.6.3 Melhoria Contínua: Ciclo PDCA

A melhoria contínua dos processos, tenham eles a finalidade de oferecer serviços ou produtos, é fundamental para garantir a permanência e o bom desempenho das empresas no mercado (SILVA; SARTONI, 2014).

Slack (2008) explica que o conceito de melhoria contínuo envolve a adoção de uma metodologia fundamentada em processos, sem fim, de repetidos questionamentos acerca dos trabalhos realizados em cada etapa do processo. Para tanto, faz uso de ferramentas, que proporcionam a eliminação de anomalias e o crescimento exponencial da organização.

O Ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), ilustrado na Figura 15, também conhecido como Ciclo de Deming, representa muito bem esse conceito. Trata-se de método sequencial e constante (percorrido de maneira circular), onde algumas

atividades são realizadas de forma a alcançar objetivos pré-estabelecidos e o melhoramento continuado (SILVA; SARTONI, 2014).

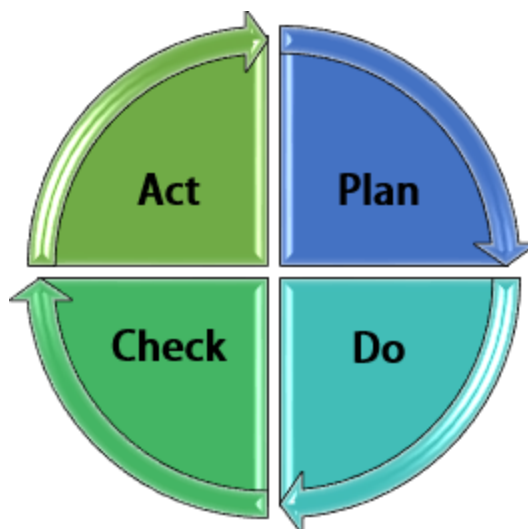


Figura 15. Ciclo PDCA
Fonte: Adaptado de Slack (2008)

De acordo com Slack (2008), as etapas do ciclo PDCA, sugerem a seguinte sequência:

- a. *Plan* (Planejar): Etapa inicial do ciclo, caracterizada pela identificação dos problemas, bem como sua observação analítica, a fim de descobrir as principais causas, bem como, definir um plano de ação, tendo em vista o bloqueio das mesmas;
- b. *Do* (Fazer): Consiste no momento em que o plano de ação para a redução das causas das anomalias será executado;
- c. *Check* (Checar): é a etapa em que as soluções implementadas são avaliadas. Verifica-se, neste momento, se houve redução das causas das anomalias e, também, observa-se existem efeitos colaterais no plano de ação;
- d. A última etapa e a mais importante é denominada *Act* (Agir): Nesta fase, cria-se um padrão, com base no que foi anteriormente estabelecido, expondo a todos os efeitos do trabalho, em busca de melhorias.

2.6.4 Custos da Qualidade

Segundo Aluko et al (2010), foi a partir de 1990 que as empresas passaram a ter uma maior preocupação com os custos e com sistemas de gerenciamento de custos. As empresas passaram a reconhecer que a medição de custos e desempenho devem estabelecer as ações estratégicas da empresa, pois, além de satisfazer os clientes, ações acerca da gestão de investimentos devem ser efetuadas, de maneira a assegurar o lucro empresarial.

De acordo com Ferreira, Buosi e Gasparini (2016), as empresas que conseguem reduzir seus custos, por meio da implantação de sistemas eficientes no processo produtivo, sem reduzir a qualidade do produto ou serviço, destacam-se no mercado, gerando competitividade diante de seus concorrentes e, assim, conseguem aliar produtos de qualidade a preços baixos.

Para Coral (1996), muitas empresas falham ao desenvolver o controle de custos com ações de melhoria, nos programas de qualidade. Programas de Qualidade e Programas de Controle de Custos têm sido utilizados separadamente, sem o real reconhecimento, de que a interação entre custos e qualidade é fundamental para o sucesso econômico e operacional das mesmas.

Segundo Juran (1992), Custos da Qualidade são aqueles custos que não deveriam existir se o produto saísse perfeito da primeira vez. Ele também associa Custos da Qualidade com as falhas na produção que levam a retrabalho, desperdício e perda de produtividade.

Para Feigenbaum (1994), os Custos da Qualidade são aqueles associados com a definição, criação e controle da qualidade, assim como a avaliação e conformidade da qualidade, garantia e requisitos de segurança, e custos associados com falhas nos requisitos de produção, ou no produto final. Estes custos estão relacionados com a satisfação total do cliente.

Já Crosby (1986), relaciona o Custo da Qualidade com a conformidade ou falta de conformidade do produto em relação aos requisitos. O Custo da qualidade é o catalisador, que leva a equipe de melhoria da qualidade e a gerência da empresa à plena percepção do que está acontecendo.

A ausência da qualidade gera prejuízos, pois ao identificar defeitos nos produtos, a empresa gasta novamente para corrigi-los. Muitas vezes, o custo de

retrabalho, de uma peça defeituosa pode até dobrar (CROSBY, 1999).

O Quadro 5 apresenta exemplos de Custos da Qualidade, definidos por Sá e Miranda (2004).

Custos da Qualidade	Exemplos
Custos de Prevenção	Planejamento da Qualidade, Análise dos Produtos Novos, Controle de Processo, Auditoria da Qualidade
Custos de Avaliação	Inspeção e Testes no Recebimento, Inspeção e Testes durante o Processo, Inspeção e Testes Finais Auditoria da Qualidade do Produto
Custos de Falha Interna	Análise das Falhas, Sucata e Retrabalho, Reinspeção e Novos Testes, Perdas Evitáveis de Processos
Custos de Falha Externa	Despesas com Garantias, Correção das Reclamações. Material Devolvido, Responsabilidade Civil

Quadro 5. Custos da Qualidade

Fonte: Miranda e Sá (2004)

Estes custos, provenientes de falhas no processo produtivo, fazem parte dos Custos da Qualidade e servem para medir o desempenho dos programas de melhoria nas organizações. Os investimentos em qualidade devem produzir algum retorno financeiro para a empresa, do contrário, não são justificáveis.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Esta seção descreve o ambiente em que o trabalho foi realizado, o objeto específico do estudo, a metodologia aplicada, os procedimentos pertinentes à coleta de dados e às análises realizadas.

3.1 EMPRESA E OBJETO DE ESTUDO

O estudo foi desenvolvido em uma Indústria Cerâmica localizada na Região Oeste do Estado do Paraná, como ilustra a Figura 16. Com uma área física instalada de 4.500 m² e 5 fornos com capacidade unitária de 20.000 unidades, a capacidade produtiva mensal da indústria é de 160.000 a 200.000 Blocos Cerâmicos de Vedação.



Figura 16. Localização da Empresa, na qual o estudo foi realizado
Fonte: Adaptado de GOOGLE (2016)

Segundo a ANICER (2002), os Blocos Cerâmicos de Vedação são aqueles destinados à execução de paredes que suportarão o peso próprio e

pequenas cargas de ocupação, geralmente utilizados com furos na horizontal.

A Figura 17 ilustra os Blocos Cerâmicos produzidos na indústria em questão.



Bloco Cerâmico A
(9 cm x 14 cm x 24 cm)



Bloco Cerâmico B
(11,5 cm x 14 cm x 24 cm)

Figura 17. Representação dos Blocos Cerâmicos produzidos
Fonte: Autoria Própria (2016)

Durante as visitas realizadas na empresa, foi possível constatar que o Bloco Cerâmico A, com 9 cm de largura, 14 cm de altura, 24 cm de comprimento e 6 furos redondos, tem maior demanda. Sendo assim, o mesmo foi escolhido como objeto de estudo deste trabalho.

3.2 METODOLOGIA

A pesquisa é um processo de reflexão sistemático, controlado e crítico, que permite descobrir novos fatos, relações ou leis, em qualquer área do conhecimento. Trata-se de um procedimento formal, que requer um tratamento científico, e constitui o caminho para o reconhecimento da realidade, ou para a descoberta de verdades parciais (MARCONI; LAKATOS, 2010; ANDER-EGG, 1978). Ainda é possível afirmar, que pesquisar é uma tendência natural das pessoas, de interagir inteligentemente com a realidade (GRESSLER, 2004).

Segundo a natureza da pesquisa, neste trabalho, trata-se de uma pesquisa aplicada, pois está voltada à aquisição de conhecimentos com vistas à

aplicação em uma situação específica. Esse tipo de pesquisa tem como finalidade a resolução de problemas no âmbito da sociedade em que os pesquisadores estão inseridos, de maneira a contribuir para a ampliação do conhecimento científico e sugerir novas questões a serem estudadas (GIL, 2010).

De acordo com Gressler (2004), as abordagens dos problemas de pesquisa são classificadas em dois grandes grupos: abordagem quantitativa e abordagem qualitativa. Este trabalho faz uso das duas abordagens.

A abordagem quantitativa é caracterizada pela formulação de hipóteses, pelas definições operacionais das variáveis, por utilizar tratamentos estatísticos e por quantificar os dados coletados e as informações geradas. Tem como objetivo principal garantir a precisão dos resultados, a fim de evitar a distorção nas análises e interpretações. O modelo quantitativo estabelece hipóteses que exigem uma relação de causa e efeito e, as conclusões são fundamentadas em dados estatísticos, comprovações e testes.

A realidade é composta de fatos que podem ser observados. Os critérios da cientificidade são: a verificação, os testes, a demonstração e a lógica matemática. Esse tipo de abordagem valoriza a verificação, o controle, o quantitativo e a neutralidade científica (GRESSLER, 2004).

Já, a abordagem qualitativa não emprega instrumentos estatísticos para embasar o processo de análise. Essa abordagem é utilizada quando se busca descrever determinado problema complexo, sem fazer uso de manipulação de variáveis e estudos experimentais. Investiga todos os componentes de uma situação em suas interações e influências recíprocas. Por meio desta abordagem reúnem-se informações sobre os objetos estudados, fazendo uso de entrevistas abertas e não direcionadas, depoimentos, autoavaliação, histórias de vida, análise de discurso e estudos de caso (GRESSLER, 2004).

Toda pesquisa possui objetivos, que naturalmente são diferentes de qualquer outra. Em relação ao objetivo deste projeto de trabalho, a pesquisa pode ser classificada como descritiva.

As pesquisas descritivas têm como objetivo a descrição de características de determinada população. Podem ser elaboradas também com a finalidade de identificar possíveis relações entre variáveis. Elas visam descobrir a existência de associações entre variáveis, como, por exemplo, as pesquisas eleitorais que indicam a relação entre preferência de um determinado candidato-partido e o nível de

escolaridade (GIL, 2010).

Segundo Gressler (2004), a pesquisa descritiva geralmente envolve um número elevado de elementos, dos quais poucas variáveis são estudadas. Essa pesquisa não é uma mera tabulação de dados, requer um elemento interpretativo que se apresenta combinando, muitas vezes, comparação, contraste, mensuração, classificação, interpretação e avaliação.

Como no presente trabalho, foram pesquisadas ideias acerca de um determinado problema a ser solucionado, classifica-se quanto aos procedimentos metodológicos, como pesquisa bibliográfica (GIL, 2010).

De acordo com Prodanov e Freitas (2013), tal abordagem permite o registro de dados sem manipulá-los, isto é, sem a interferência do pesquisador.

Gil (2008), define pesquisa bibliográfica aquela realizada a partir do registro disponível, decorrente de pesquisas anteriores, em documentos impressos ou digitais, como livros, artigos, teses, entre outros. Qualquer espécie de pesquisa, em qualquer área, supõe e exige uma pesquisa bibliográfica prévia (GIL, 2008).

Para Marconi e Lakatos (2008), a pesquisa bibliográfica abrange a bibliografia já documentada em relação ao tema em questão, proporcionando ao pesquisador um contato prévio com informações necessárias para a melhor compreensão do problema em análise.

Ainda, com relação aos procedimentos metodológicos, utilizou-se da pesquisa como estudo de caso, caracterizada pelo estudo profundo de um ou poucos objetos, de maneira que permita o amplo e detalhado conhecimento do mesmo (GIL, 2008).

Nessa pesquisa não são estudados todos os integrantes da população amostra, fez-se uma seleção mediante procedimentos estatísticos, para ter um grupo de amostras, este é tomado como objeto de investigação e as conclusões obtidas são projetadas para toda a população (GIL, 2010).

Para auxiliar na compreensão dos procedimentos metodológicos deste trabalho, o Fluxograma ilustrado na Figura 18 apresenta a sequência em que os mesmos foram realizados.

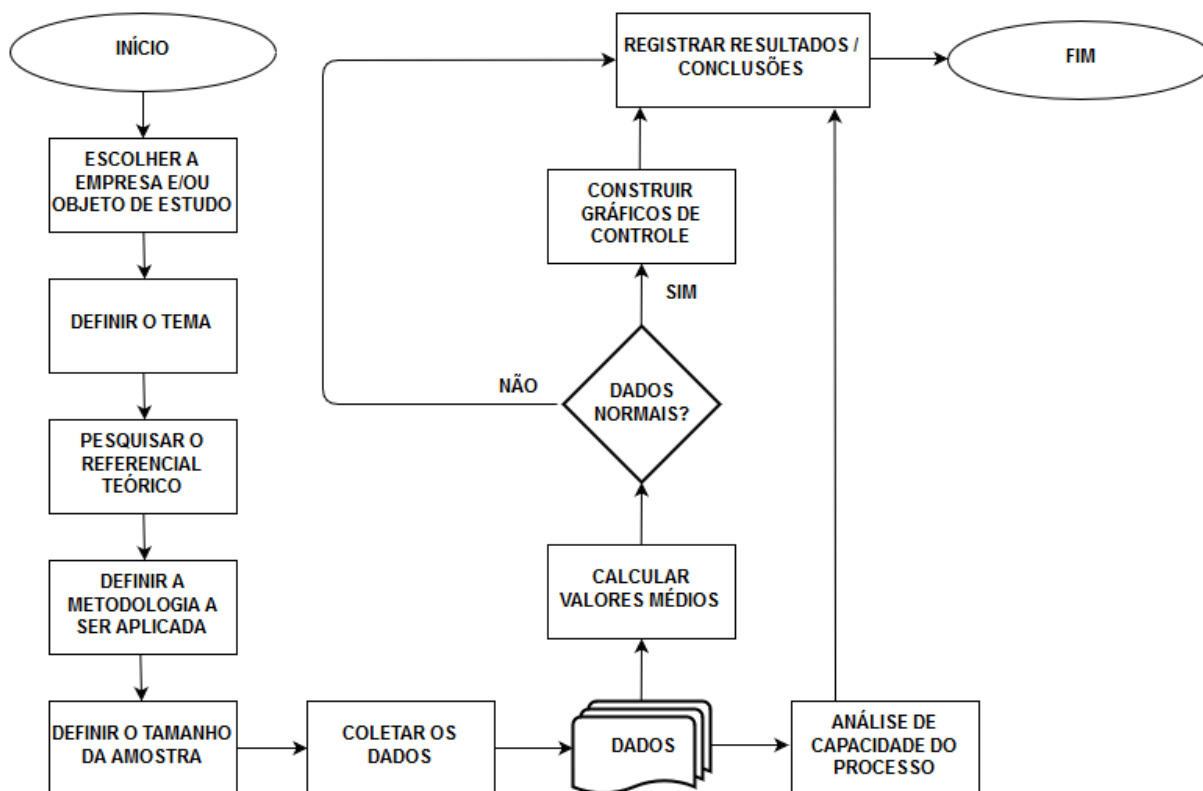


Figura 18. Procedimentos Metodológicos
 Fonte: Autoria Própria (2016)

3.3 COLETA DE DADOS

A norma NBR 15.270-1 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), intitulada “Componentes cerâmicos Parte 1: Blocos Cerâmicos para Alvenaria de Vedação — Terminologia e Requisitos”, estabelece que para cada lote (1.000 a 100.000 unidades) devem ser coletadas 13 amostras para análise.

Sabe-se que a fábrica possui 5 fornos de produção em batelada, com capacidade unitária para 20.000 unidades. Sendo assim, optou-se por coletar 13 peças a cada lote de produção de 20.000 unidades. A fim de obter maior precisão estatística, a coleta foi realizada ao longo da produção de 10 lotes, totalizando 130 peças, como ilustra a Figura 19.



Figura 19. Peças Coletadas para Análise
Fonte: Aatoria Propria (2016).

Os dados coletados correspondem às dimensões geométricas dos Blocos Cerâmicos (largura, altura comprimento, diâmetro dos furos, espessura das paredes externas e espessura dos septos em mm) e à massa (em kg). Para tanto, utilizou-se um paquímetro (que fornecia os valores em mm) e uma balança (com capacidade para 5 kg).

Para melhor compreender as dimensões referentes a espessura das paredes externas e a espessura dos septos dos Blocos Cerâmicos, a Figura 20 traz um esquema identificando-as.

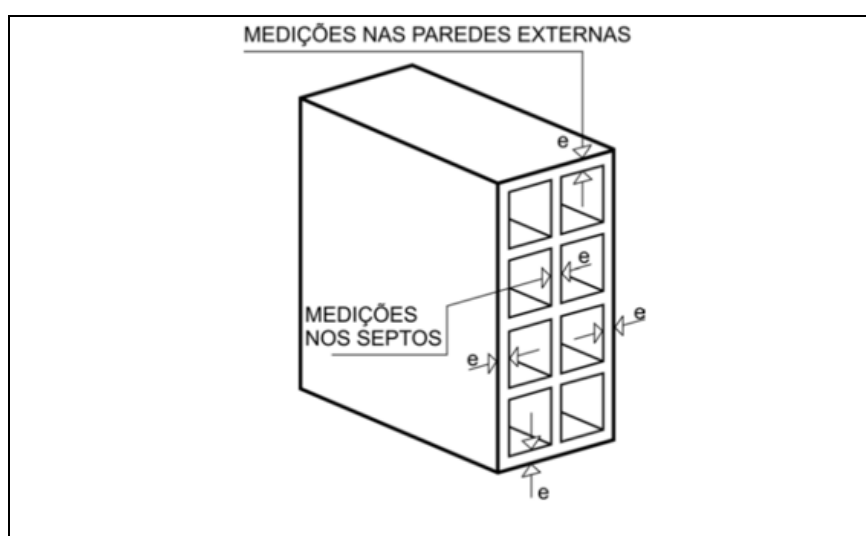


Figura 20. Representação da Espessura das Paredes Externas e dos Septos
Fonte: ABNT (2005b)

Em seguida, os dados foram devidamente registrados com o auxílio da Planilha Eletrônica Microsoft® Excel.

3.4 ANÁLISES REALIZADAS

Primeiramente, com o auxílio do *software* Gretl e por meio do teste de Doornik-Hansen a normalidade dos valores médios foi avaliada.

A hipótese nula (H_0) deste teste afirma que os dados provêm de uma distribuição normal, contra a hipótese alternativa (H_1), para a qual, os dados não provêm de uma distribuição normal (PORTAL ACTION, 2016b). A análise das hipóteses é feita com base no p-valor e no nível de significância (α):

- a) Se p-valor $\leq \alpha$, rejeita-se H_0 ;
- b) Se p-valor $> \alpha$, não rejeita-se H_0 .

O p-valor pode ser interpretado como o menor valor do nível de significância (α), para o qual rejeitamos H_0 . Desta forma, se o nível de significância (α) proposto for menor que o p-valor, H_0 não é rejeitada, ou seja, é possível afirmar que os dados seguem uma distribuição normal. O nível de significância (α) indica a probabilidade de rejeitar H_0 , quando esta é verdadeira (PORTAL ACTION, 2016b). Para este estudo utilizou-se o valor de α igual a 5%.

A obtenção dos valores médios se deu com base nas 10 repetições do processo, pelos dados de uma peça de cada lote, escolhida aleatoriamente, objetivando ao final ter a representação da média geral do processo produtivo da empresa. A Equação 8 apresenta o cálculo da média para a variável altura.

$$\text{MÉDIA DA ALTURA (PEÇA 1)} = \frac{\text{ALTURA}_{\text{PEÇA1,LOTE1}} + \dots + \text{ALTURA}_{\text{PEÇA1,LOTE10}}}{10} \quad (8)$$

Este cálculo foi realizado para as 13 peças, com o auxílio da Planilha Eletrônica Microsoft® Excel, obtendo assim, os 13 valores médios para a altura das peças, além disso, calculou-se também os valores médios para as outras variáveis coletadas: largura, comprimento, espessura das paredes externas, espessura dos

septos, diâmetro dos furos e massa.

Ao constatar a normalidade dos valores médios, a obtenção dos limites de controle, assim como a construção dos gráficos de controle em si, se deu com o auxílio do *software* Action Stat[®] 3.0.

Para a análise de capacidade do processo foram considerados os valores reais coletados das variáveis: largura, altura, comprimento, espessura das paredes externas e espessura dos septos das 130 peças. A escolha destas variáveis para verificar a capacidade do processo, se deve ao fato de que a norma NBR 15.270-1 traz limites de tolerância para os mesmos, o que não ocorre para a massa e diâmetro dos furos.

No caso da largura, altura e comprimento, para os Blocos Cerâmicos estudados a norma traz os respectivos valores alvo: 90 mm, 140 mm e 240 mm. Foram consideradas, também, as tolerâncias de 5 mm para valores individuais e 3 mm para valores médios (ABNT, 2005a). Já, para a espessura dos septos e espessura das paredes externas, a norma traz somente a tolerância mínima exigida de 6 e 7 mm, respectivamente.

Os dados coletados foram avaliados por meio do Método Kernel, pois não seguiram uma distribuição normal, sendo que todas as análises foram realizadas por meio de testes não paramétricos, a fim de comparar, o valor alvo, o Limite Inferior de Especificação (LIE) e o Limite Superior de Especificação (LSE), desejados para os produtos avaliados.

Ao final, uma reunião foi realizada para construir o Diagrama de Ishikawa, a fim de mapear as possíveis causas das falhas encontradas nas dimensões estudadas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Iniciou-se o estudo atendendo ao primeiro objetivo específico, de conhecer e acompanhar a realidade do processo produtivo. Isto permite conhecer todas as etapas do mesmo, assim como, todos os pontos que podem interferir nos itens que estão sendo controlados.

Segundo a Associação Brasileira de Cerâmica (ABC, 2016b), o processo produtivo de Blocos Cerâmicos é composto pelas seguintes etapas: extração, armazenamento, mistura, laminação, extrusão, corte, secagem, queima e expedição; além das eventuais inspeções no decorrer do processo, conforme ilustra a Figura 21.

De acordo com Junior et al (2005), o setor de Cerâmica Vermelha utiliza a chamada massa monocomponente, composta, essencialmente, por Argilas, isto é, não envolve a mistura de outras substâncias minerais (caulim, filito, rochas feldspáticas, talco e rochas calcáreas), como é o caso de outros segmentos da Indústria Cerâmica.

A formulação da massa é feita, geralmente, de maneira empírica. A mistura é composta por uma argila “gorda”, caracterizada pela alta plasticidade, granulometria fina e composição essencialmente de argilominerais, e por uma argila “magra”, rica em quartzo e menos plástica, que pode ser caracterizada como um material redutor de plasticidade, que permite a drenagem adequada das peças nos processos de secagem e queima (JUNIOR et al, 2005).

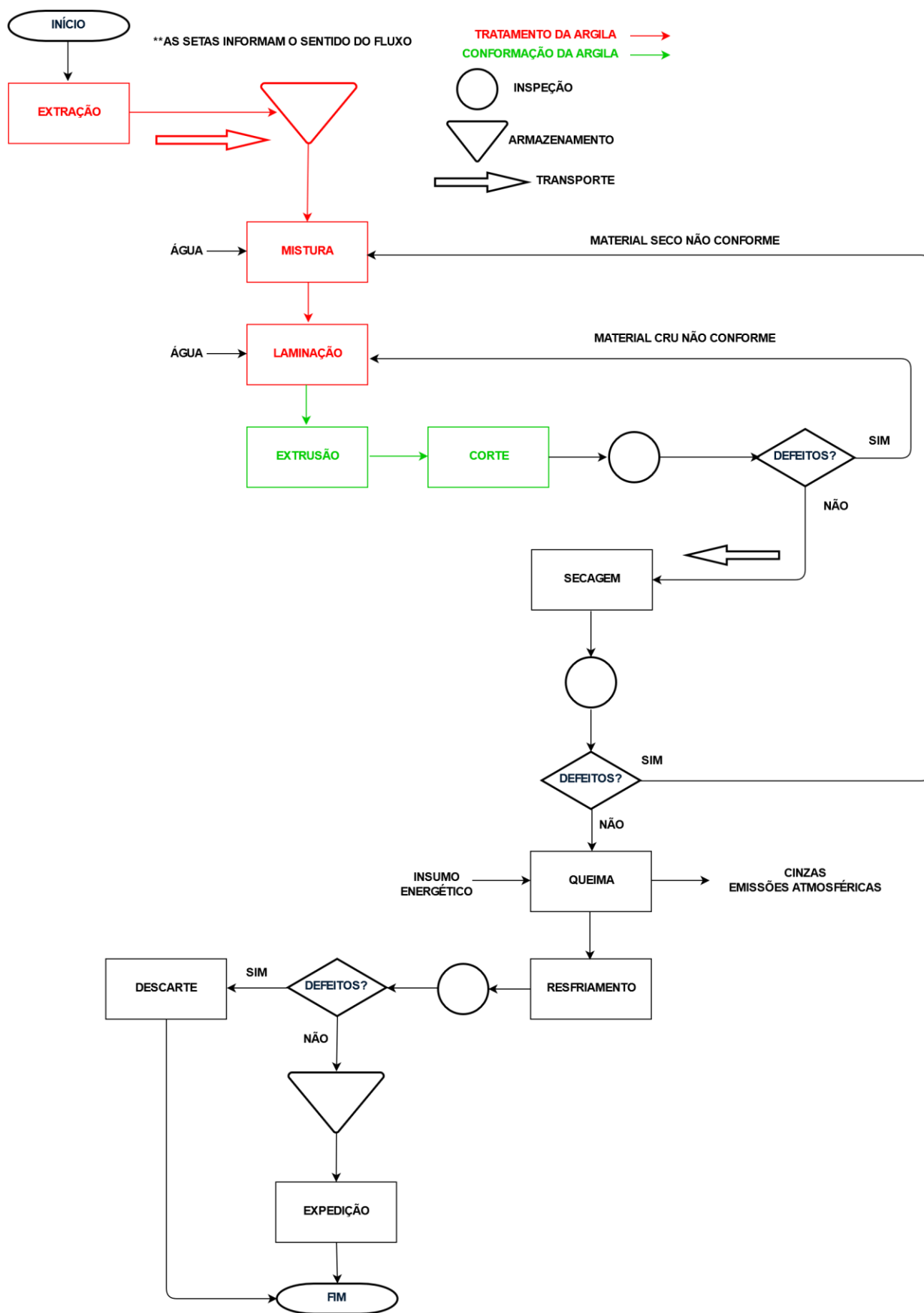


Figura 21. Fluxograma do Processo Produtivo de Blocos Cerâmicos com base no padrão ANSI
Fonte: Autoria Própria (2016)

Segundo o mesmo autor, busca-se por meio dessa mistura a composição de uma massa com as seguintes características:

- a. Plasticidade – propicia a moldagem das peças;
- b. Resistência mecânica à massa verde e crua - confere coesão e solidez às peças moldadas, permitindo a sua trabalhabilidade na fase pré-queima;
- c. Fusibilidade – favorece a sinterização e, conseqüentemente, a resistência mecânica e a diminuição da porosidade;
- d. Drenagem – facilita a retirada de água e a passagem de gases durante a secagem e queima, evitando trincas e agilizando ao processo;
- e. Coloração das peças – a presença de corantes naturais (óxidos de ferro e manganês) atribui cores às peças cerâmicas.

Estudos realizados pela MINEROPAR (2007), comprovam que a preparação das argilas, a fim de homogeneizar a composição da massa, corrigir a granulometria e remover ou destruir materiais indesejáveis, é a etapa que mais tem influência na qualidade do produto cerâmico.

A extração de argila ocorre a céu aberto, preferencialmente, em períodos de pouca precipitação. Pode ser realizada manualmente ou com auxílio de escavadeiras, pás carregadeiras, trator de esteira com lâmina, entre outros equipamentos.

Após a extração, deve-se armazenar a argila em pequenos montes cobertos com lona plástica para acelerar o processo de decomposição da matéria orgânica. É recomendado que o armazenamento seja feito em camadas, como ilustra a Figura 22, isso facilita a mistura da argila, no momento da retirada dos montes de estocagem (MINEROPAR, 2007).

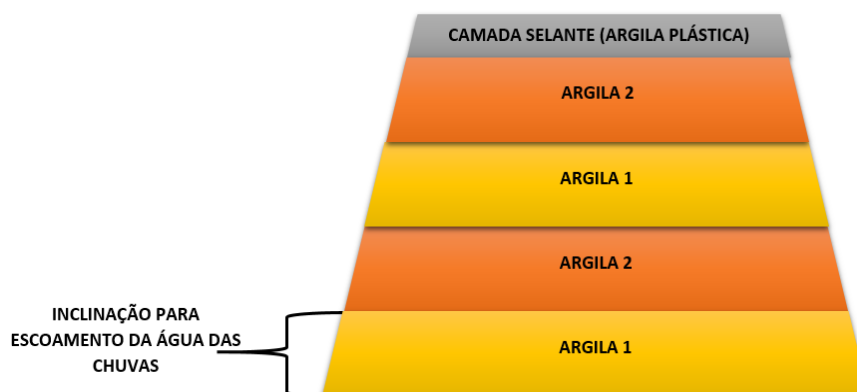


Figura 22. Representação de Estoque de Argilas em Camadas
Fonte: Adaptado de MINEROPAR (2007)

A preparação da massa consiste na homogeneização (mistura) dos diferentes tipos de argila e água. Geralmente são utilizados Misturadores Horizontais com fila dupla de pás helicoidais, como ilustra a Figura 23. O Laminador também proporciona uma excelente homogeneização, é composto de dois cilindros, como ilustra a Figura 24, que com velocidades diferentes proporcionam atrito e desintegram a argila. Funciona como homogeneizador e triturador ao mesmo tempo (SANTOS, 2006).



Figura 23. Misturador de Argila
Fonte: NATREB (2016)

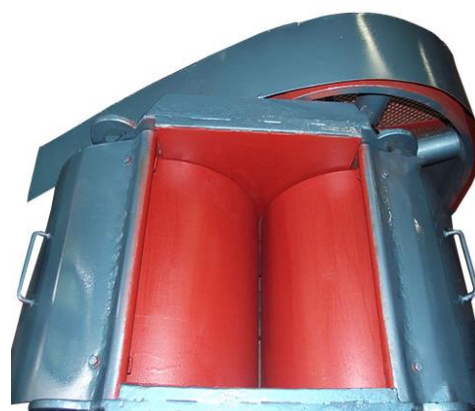


Figura 24. Laminador de Argila
Fonte: VARLE (2016)

A qualidade da laminação é determinante para a qualidade do acabamento dos produtos, evita perdas e contribui para a redução no consumo de energia na queima, visto que a granulometria do material diminui (NUNES; RESENDE, 2013).

Após a laminação, inicia-se a etapa de conformação da massa argilosa,

na qual se dá o formato final ou parcial para as peças. Segundo Santos (2006), os métodos tradicionalmente empregados para a conformação dos produtos cerâmicos são: tornearia, extrusão e prensagem. No caso da Cerâmica Vermelha, é comum a utilização do método de extrusão na produção de Blocos Cerâmicos, em equipamento conhecidos por “maromba”.

A extrusão consiste em forçar, por pressão, a massa homogeneizada (também chamada de “lesma”) a passar através de uma Boquilha apropriada ao tipo de peça a ser produzida. A Extrusora, (Figura 25), recebe a massa preparada para ser compactada e forçada, por meio de um pistão ou eixo helicoidal, através da Boquilha (Figura 26). Assim, obtém-se a coluna de argila extrudada (Figura 27) que, por meio de um Cortador (Figura 28), recebe cortes de acordo com a dimensão desejada para os Blocos Cerâmicos (NUNES; RESENDE, 2013).

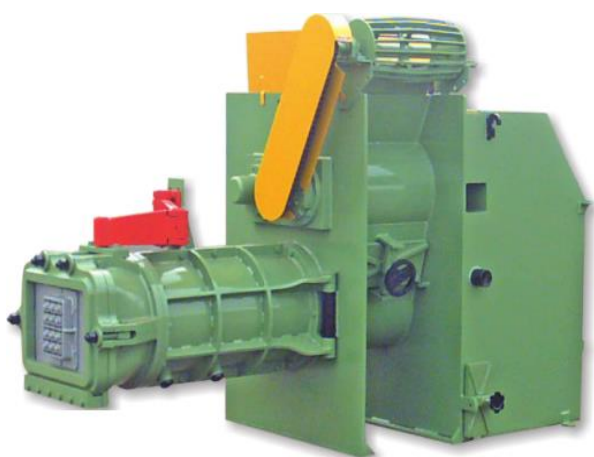


Figura 25. Extrusora à Vácuo
Fonte: MS SOUZA (2016)



Figura 26. Boquilha de 9 cm x 14 cm
com 6 Furos e Saída Única
Fonte: BOQCER (2016)



Figura 27. Argila Extrudada
Fonte: Aatoria Própria (2016)



Figura 28. Cortador
Fonte: Aatoria Própria (2016)

Após o corte, os Blocos Cerâmicos são acondicionados em vagonetas de ferro, que com o auxílio de empilhadeiras (Figura 29) são transportadas até as estufas. Inicia-se assim, o processo de secagem.



Figura 29. Transporte dos Blocos Cortados até a Estufa
Fonte: Imagem Ilustrativa, retirada de um vídeo²

Os processos de secagem podem ser naturais ou artificiais. Nos naturais, as peças são expostas ao ar ambiente, sendo protegidas do vento e dos raios solares. Já os artificiais, que podem ser contínuos ou intermitentes, em geral aproveitam o calor dos fornos de queima, otimizando o consumo de energia.

De acordo com Santos (2006), o funcionamento da maioria dos secadores cerâmicos é baseado no processo de convecção, que sofre influência de diversos fatores, sendo os principais: a temperatura do ar, a umidade relativa do ar de secagem, a velocidade do ar, a espessura e a permeabilidade da peça submetida ao processo de secagem.

No caso dos secadores estáticos, também conhecidos como Estufas ou Secadores de Câmara, os produtos não se movimentam e a vazão de ar, assim como, a temperatura sofrem variações ao longo do tempo. Estes secadores têm a função de elevar a temperatura inicial ambiente do material cru, a uma temperatura de aproximadamente 100°C. O período de permanência das peças nas Estufas é definido pelo ceramista, com base nas experiências de produção.

É durante o processo de queima, também conhecido como cozimento ou cocção, que os Blocos Cerâmicos adquirem as propriedades finais. Trata-se da fase onde ocorrem as transformações físico-químicas (variações da estrutura química e

² Vídeo disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=4swtidiMEA>>. Acesso em: 12 jun. 2016.

cristalina) e mecânicas (dilatação, porosidade e resistência mecânica), sofridas pelas argilas devido à ação do fogo (SANTOS, 2006).

O material cerâmico é queimado a temperaturas de 750°C a 1.000 °C, passando pelos estágios de pré-aquecimento (até 200 °C), fogo fraco (entre 200°C e 600°C), fogo forte (de 600°C até a temperatura máxima de queima), sustentação da temperatura e resfriamento (MINEROPAR, 2000).

As quedas de temperatura durante o período de resfriamento devem ocorrer lentamente, especialmente entre 600°C e 350°C, onde ocorrem as trincas. Esta fase dura em torno de 38 horas a 50 horas (SANTOS, 2006)

Segundo Nunes e Resende (2013), os fornos podem ser classificados como contínuos ou intermitentes, conforme o Quadro 6.

Fornos Intermitentes		
	Vantagens	Desvantagens
Forno Caieira	Baixo custo de implantação.	Baixa produtividade; Qualidade inferior do Produto; Alto percentual de perdas; Alto custo de produção.
Forno Paulistinha	Menor Investimento; Fácil Construção e Operação.	Antieconômico; A queima é irregular, apresentando variações de temperatura no interior do forno; Apresenta lentidão no aquecimento e resfriamento.
Forno Abóboda	Fácil construção e operação; Bom desempenho com qualquer tipo de combustível;	Alta velocidade de aquecimento; Ausência de controle de registro.
Forno Vagão	Maior produtividade, pois enquanto um vagão está queimando o outro está sendo montado ou em processo de resfriamento; Fácil construção e operação; Melhores condições de trabalho do funcionário.	Deficiências durante a queima, principalmente no centro da carga; Apresenta requeima, tanto na lateral como no topo da carga.
Forno Metálico	Melhor isolamento térmico (uso fibras cerâmicas); Maior produtividade; Fácil construção e operação; Melhores condições de trabalho do funcionário.	Custo de implantação superior ao Forno Vagão; Deficiências durante a queima, principalmente no centro da carga; Apresenta requeima, tanto na lateral como no topo da carga.
Fornos Contínuos		
Forno Hoffmann	Bom rendimento energético; Fácil operação e boa produtividade.	Elevado custo de Construção; Requeima na soleira e falta de queima na abóboda; Vazamento nos canais; Manchas laterais causadas por falta de ar.
Forno Túnel	Moderno e eficiente no consumo de energia; Fácil operação de carga e descarga; Fácil automação (robôs).	Elevado investimento; Exige um volume de produção contínuo; Exige grande conhecimento técnico para sua operação; As regulagens são feitas com base nas leituras dos termopares e deprimômetros; Resfriamento rápido, responsável por trincas e choque térmico nos produtos.

Quadro 6. Vantagens e Desvantagens da utilização de Fornos Intermitentes e Contínuos
Fonte: Adaptado de Nunes; Resende (2013)

Os fornos variam em tamanho e em nível de aproveitamento do calor. Em um Forno do tipo Abóboda, por exemplo, leva-se cerca de cinco dias entre enfiar as peças, queimá-las, resfriá-las e desenfiá-las. Já, em um Forno Túnel, o processo é mais rápido, leva 36 horas (MINEROPAR, 2000).

Finalizado o processo de queima, os Blocos Cerâmicos, devidamente resfriados, estão prontos para a comercialização porém, antes, devem passar pelo controle de qualidade a fim de verificar a conformidade com as normas técnicas vigentes.

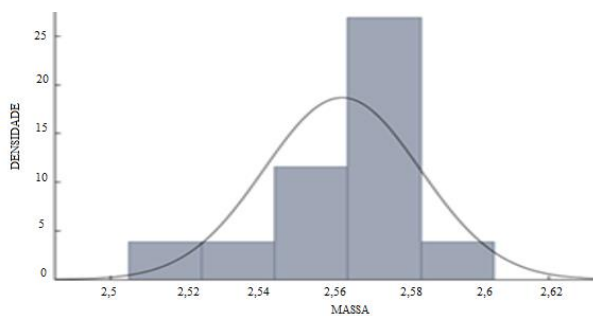
De acordo com os resultados, apresentados na Tabela 1, das 7 variáveis avaliadas em cada um dos 130 Blocos Cerâmicos, as que melhor se adequaram à distribuição normal foram a largura e a espessura dos septos, enquanto a espessura das paredes externas foi a variável que menos se adequou. Contudo, todas as variáveis atenderam ao pressuposto da normalidade.

Tabela 1. Relação dos p-valores obtidos por meio do Teste de Normalidade de Doornik-Hansen

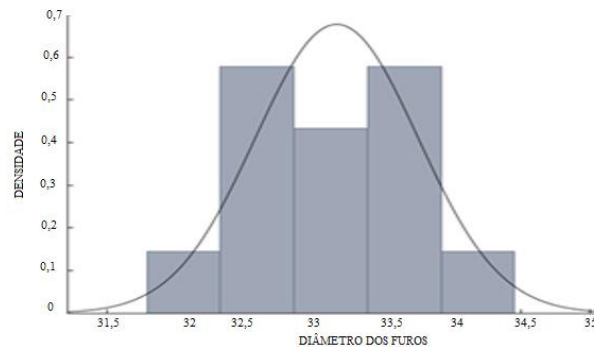
Variável	p-valor
Massa	0,2025
Diâmetro dos Furos	0,8622
Espessura das Paredes Externas	0,05
Comprimento	0,1723
Altura	0,2440
Largura	0,9803
Espessura dos Septos	0,1548

Fonte: Aatoria Própria (2016)

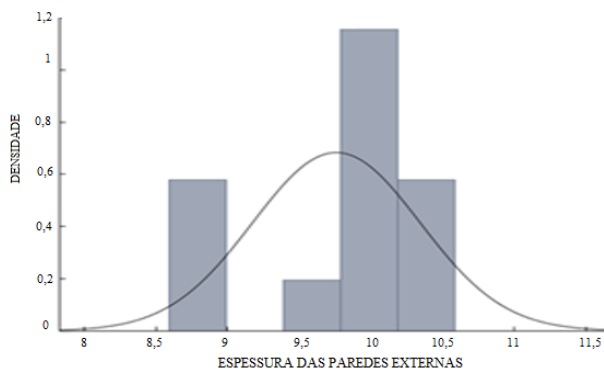
Nas Figuras 30 a à g é possível visualizar as curvas normais das 7 variáveis avaliadas, ao longo dos 10 lotes produzidos.



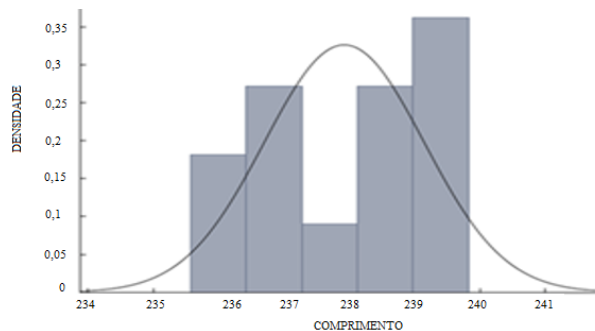
(a): Massa



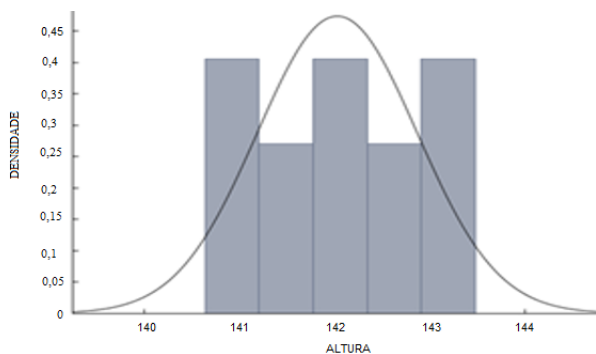
(b): Diâmetro dos Furos



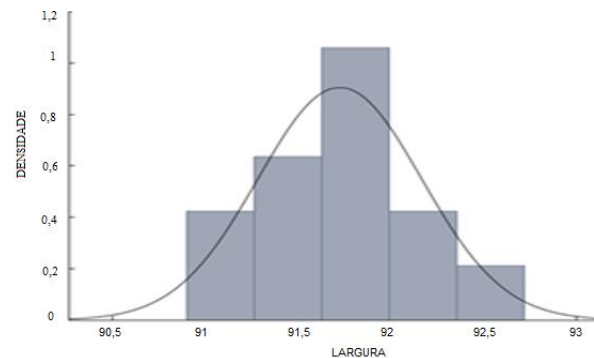
(c): Espessura das Paredes Externas



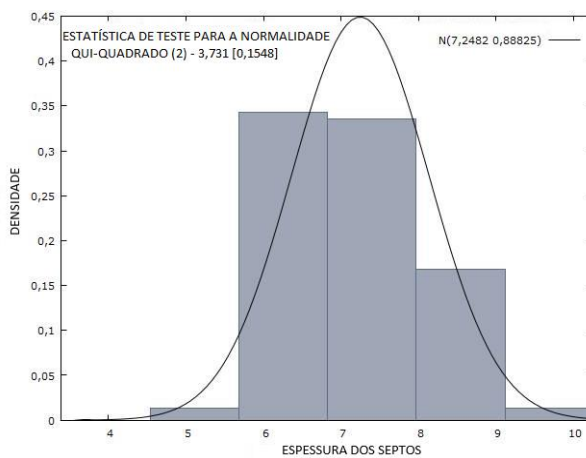
(d): Comprimento



(e): Altura



(f): Largura



(g): Espessura dos Septos

Figura 30. Histograma dos Valores Médios das 7 Variáveis Avaliadas
 Fonte: Autoria Própria (2016)

Na sequência, foram construídos os Gráficos de Controle, que podem ser visualizados nas Figuras 31 a 37.

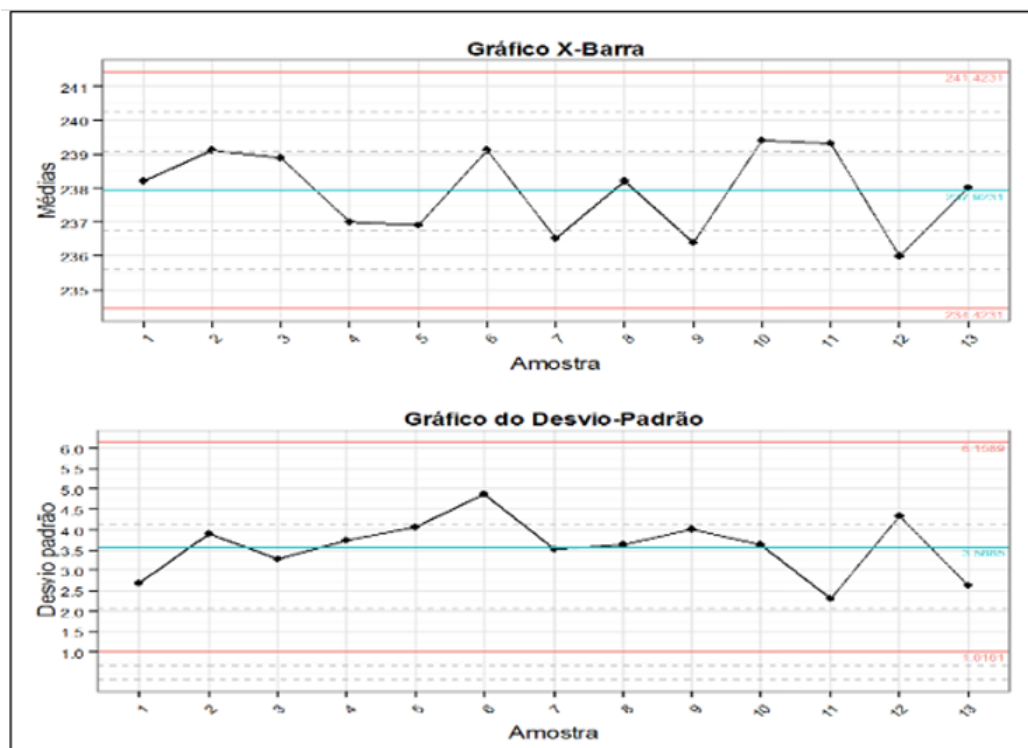


Figura 31. Gráficos de Controle de Média e do Desvio Padrão das Massas
Fonte: Autoria Própria (2016)

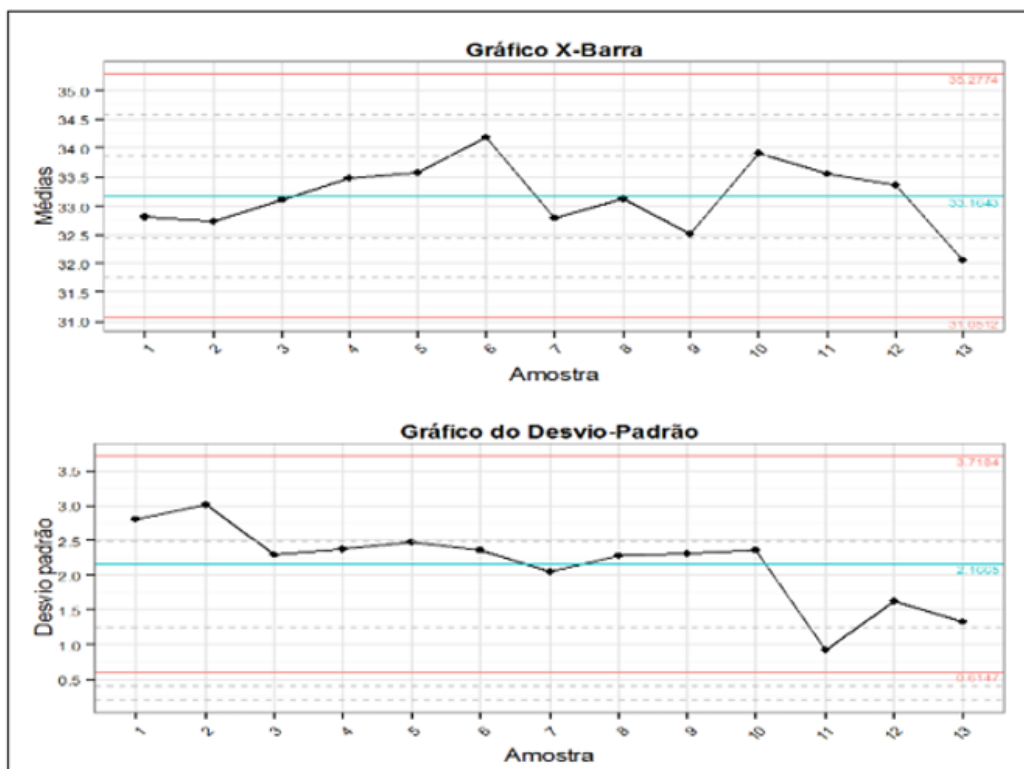


Figura 32. Gráficos de Controle de Média e do Desvio Padrão do Diâmetro dos Furos

Fonte: Autoria Própria (2016)

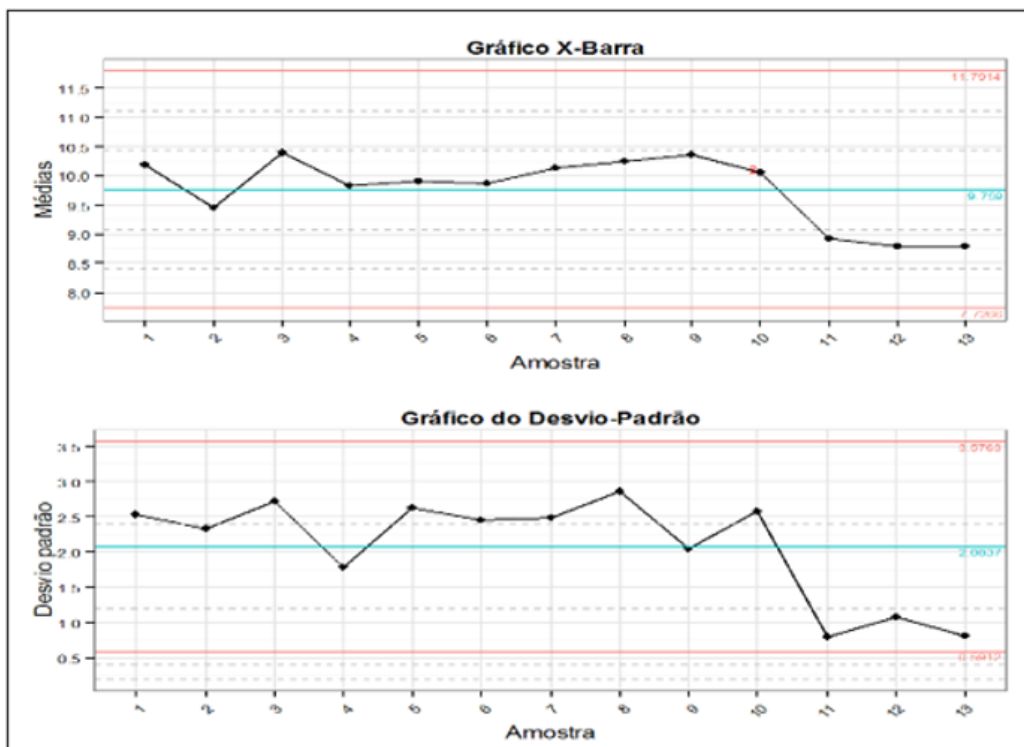


Figura 33. Gráficos de Controle de Média e do Desvio Padrão da Espessura das Paredes Externas

Fonte: Autoria Própria (2016)

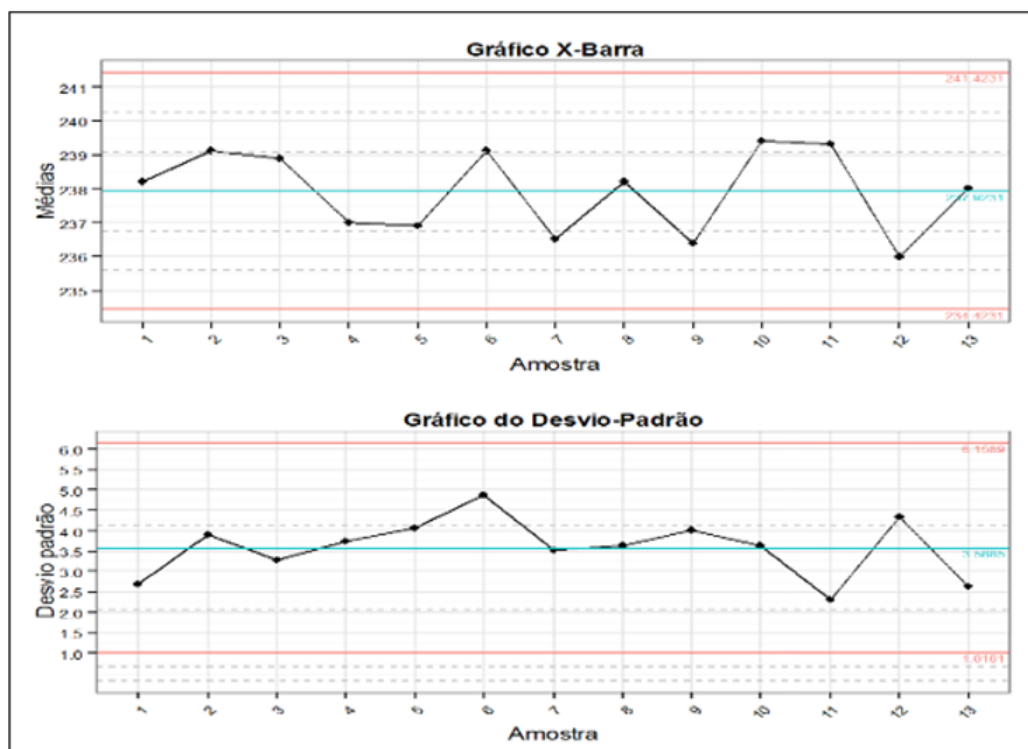


Figura 34. Gráficos de Controle de Média e do Desvio Padrão do Comprimento
Fonte: Autoria Própria (2016)

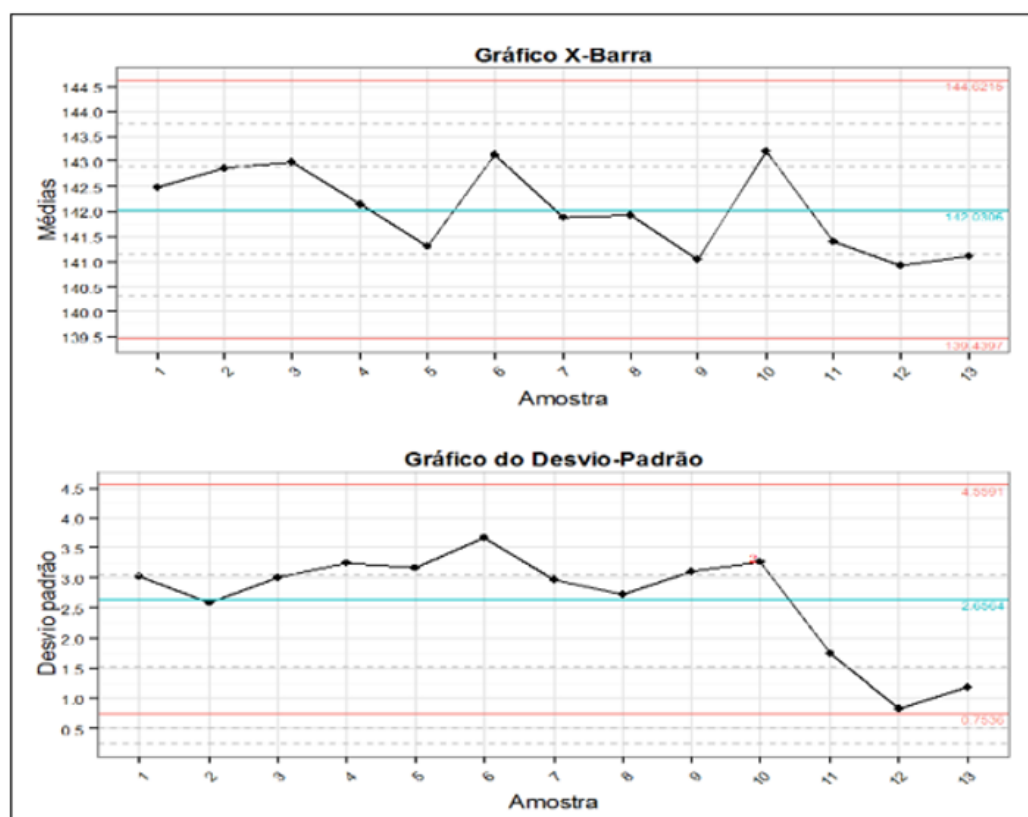


Figura 35. Gráficos de Controle de Média e do Desvio Padrão das Alturas
Fonte: Autoria Própria (2016)

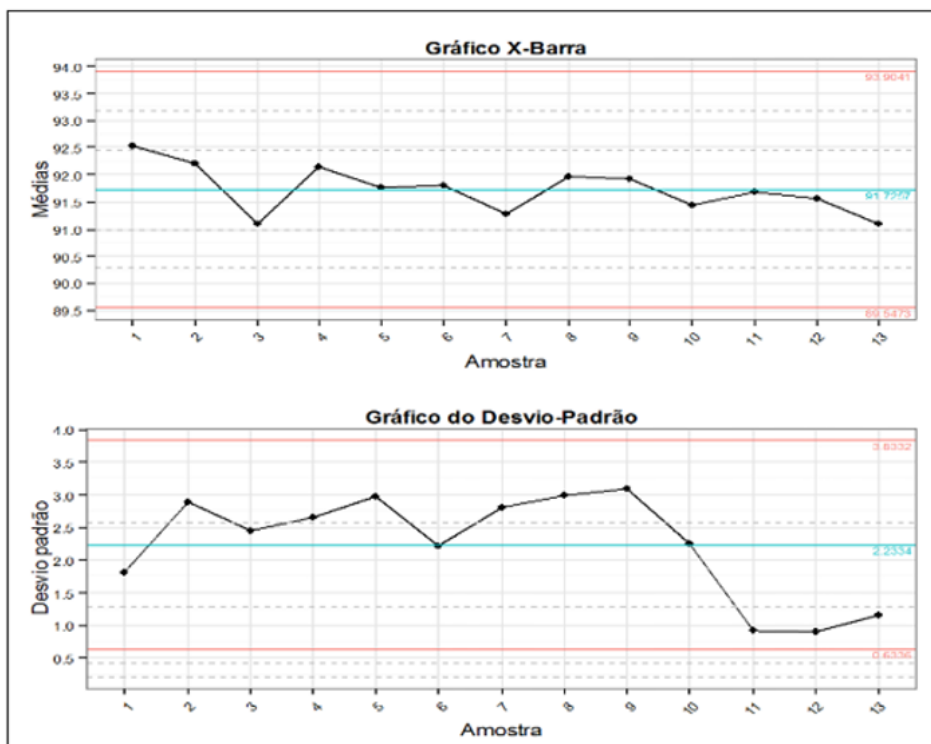


Figura 36. Gráficos de Controle de Média e do Desvio Padrão das Larguras
Fonte: Autoria Própria (2016)

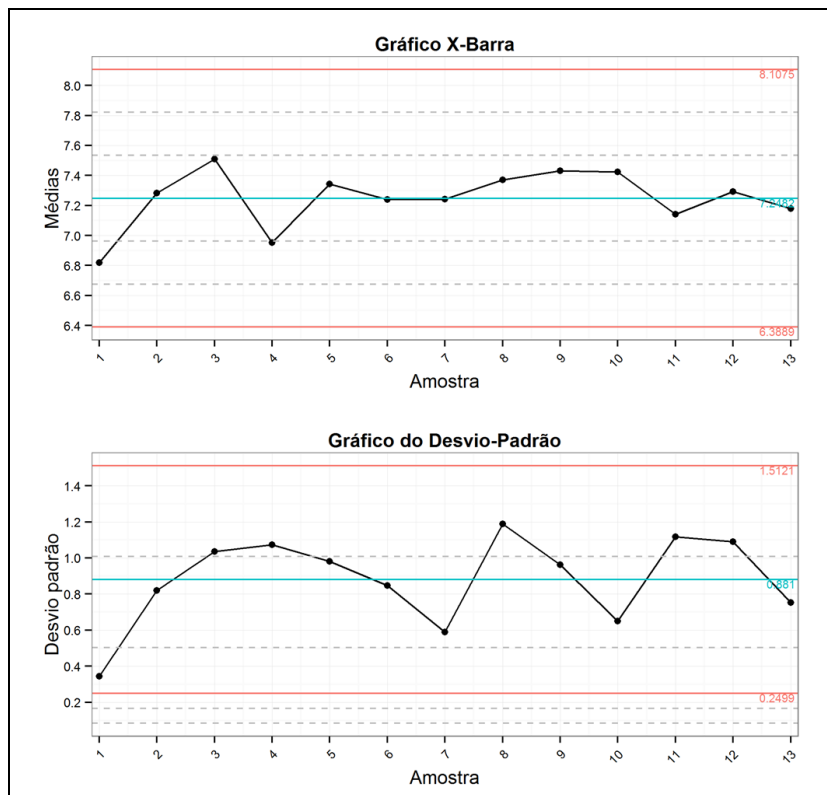


Figura 37. Gráficos de Controle de Média e do Desvio Padrão da Espessura dos Septos
Fonte: Autoria Própria (2016)

Ao observar os Gráficos de Controle notou-se que, tanto a média quanto o desvio padrão (para cada uma das 13 médias, resultantes de 10 repetições do processo, para todas as variáveis acompanhadas) estiveram sob controle, não saindo dos limites de controle previamente estabelecidos. Isso nos leva a concluir que o processo estudado está isento de causas especiais pois, tanto os gráficos da média quanto os gráficos do desvio padrão, não apresentam grande variabilidade.

Costa, Epprecht e Carpinetti (2012), explicam que os limites de especificação não podem ser confundidos com os limites naturais do processo, ou, com os valores indicados como limites superiores e inferiores de controle, apresentados na Tabela 2.

Os mesmos autores explicam, ainda, que mesmo que os processos estejam sob controle, podem não ser capazes. Assim como, processos capazes podem não estar sob controle. A verificação da capacidade do processo, ou seja, do atendimento aos limites de especificação (exigidos pelas normas), se dá por meio da análise de capacidade.

Tabela 2. Valores calculados pelo software Action Stat® para a média e os limites de controle do processo da empresa para o gráfico da Média (X-Barra) e para o Desvio Padrão do Processo

Valores Obtidos para o Gráfico X-Barra para as Variáveis Acompanhadas							
	Massa	Diâmetro	Espessura Parede Externa	Espessura Septo	Comprimento	Altura	Largura
Limite Superior	2,636	35,277	11,791	8,107	241,423	144,622	93,904
Linha de centro	2,563	33,164	9,759	7,248	237,923	142,031	91,726
Limite Inferior	2,491	31,051	7,727	6,388	234,423	139,440	89,547
Valores Obtidos para o Gráfico do Desvio-Padrão para as Variáveis Acompanhadas							
	Massa	Diâmetro	Espessura Parede Externa	Espessura Septo	Comprimento	Altura	Largura
Limite Superior	0,127	3,718	3,576	1,512	6,159	4,559	3,833
Linha de centro	0,074	2,167	2,084	0,881	3,588	2,656	2,233
Limite Inferior	0,021	0,615	0,591	0,249	1,018	0,754	0,634

Fonte: Autoria Própria (2016)

A norma NBR 15. 270-1: 2005 da ABNT estabelece, que para valores médios o limite de tolerância para a largura, altura e comprimento é de 3 mm. Ao observar os limites de controle, na Tabela 2, é possível verificar que, em média, estas variáveis atendem ao limite de tolerância especificado.

Com relação a espessura da parede externa dos Blocos Cerâmicos, 7 mm é o valor mínimo exigido pela norma, ao observar os limites de controle também é possível verificar que os valores para esta variável atendem a norma. O mesmo é

observado para a espessura dos septos, para os quais o valor mínimo exigido pela norma é 6 mm.

Também foram analisadas as massas e o diâmetro dos furos dos Blocos Cerâmicos, a fim de complementar a análise das peças produzidas pela indústria. Embora estas variáveis estejam sob controle (Figuras 30(a) e 30(b)), as medidas não são padronizadas pelas entidades competentes tais como, a ABNT e o INMETRO.

A variabilidade dos resultados obtidos pode ser verificada nos gráficos de desvio padrão. Ao observar os gráficos para os valores de desvio padrão do diâmetro, espessura das paredes externas, altura, largura e espessura dos septos (Figuras 30(b), 30(c), 30(e), 30(f) e 30(g)), é possível notar que pelo menos um ponto ultrapassa a linha de dois desvios, indicando que para essas variáveis, uma maior variabilidade foi observada.

Segundo Samohyl (2009), os Gráficos de Controle podem ser atualizados mensalmente e novos limites calculados, propiciando monitoramento contínuo do processo e, conseqüentemente, dos parâmetros que determinam a qualidade do mesmo.

A análise dos gráficos de controle, além de mostrar que o processo estudado está sob controle, dá indícios de que as peças produzidas atendem as exigências da norma. Sendo assim, para confirmar a capacidade do processo em atendê-las, as dimensões geométricas que a mesma abrange foram submetidas a análise de capacidade, são elas: comprimento, largura, altura, espessura das paredes externas e espessura dos septos.

O valor médio encontrado para as 130 medições de Comprimento foi de 237,92 mm, com um desvio padrão de 3,67 mm. Considerando que a tolerância para valor médio é de 3 mm, a média dos Blocos avaliados ficou dentro do limite de tolerância prescrito pela norma (NBR 15270-1:2005).

Costa et al (2012), explicam que para um processo ser capaz toda a distribuição dos dados deve estar dentro dos limites de especificação apresentados como LIE e LSE no gráfico da Figura 38.

Ao analisar o comprimento, utilizando o limite de tolerância individual de 5 mm, observou-se que a maioria dos Blocos Cerâmicos avaliados foi encontrado no valor alvo (Figura 38), ou seja, o processo está relativamente centrado. No entanto, muitos produtos ficaram abaixo do Limite Inferior desejável, fazendo com que o

processo saísse da faixa dos limites de especificação. Percebeu-se que essa dimensão do produto precisa ser trabalhada, para se concentrar mais próxima ao valor alvo (240 mm) e, para tanto, o Comprimento dos Blocos Cerâmicos precisa ser aumentado.

De acordo com Costa et al. (2012), um processo incapaz produz itens que não atendem às especificações, mesmo quando o processo está sob controle. Desta maneira, qualquer causa especial que possa ocorrer, possivelmente, irá resultar em problemas maiores, devido ao fato do processo não ser capaz.

Dessa forma, a análise de capacidade do processo resultou em índice P_{pk} de 0,24, inferior ao valor 1,33 desejável para indicar um processo capaz para a dimensão do comprimento dos Blocos Cerâmicos. Isto significa que, o processo não é capaz para esse item avaliado.

Evidencia-se assim, a importância de avaliar o processo como um todo, pois apenas com base na média e na tolerância prevista para o valor médio, nenhum problema seria identificado no processo.

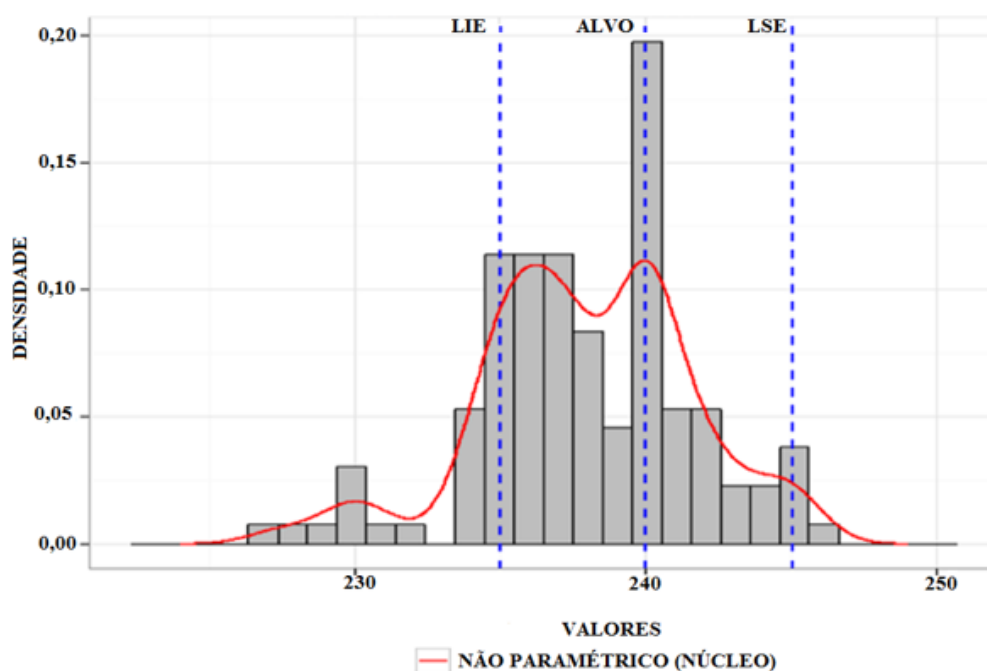


Figura 38. Gráfico da Performance do Processo em Relação ao Comprimento
 Fonte: Autoria Própria (2016)

O valor médio encontrado para a largura dos 130 Blocos Cerâmicos avaliados foi de 91,73 mm com um desvio padrão de 2,29 mm, dessa forma a largura média não ultrapassou o limite de 3 mm permitidos pela norma. Também foi

possível verificar, conforme ilustra o gráfico da Figura 39, que a maioria dos produtos medidos apresentou Largura superior ao Valor Alvo de 90 mm e, que o pico de medidas ocorreu em valor superior ao mesmo. Isso indica que a largura dos Blocos Cerâmicos está maior do que deveria e muito próxima do limite superior desejado.

O índice P_{PK} para essa dimensão analisada foi de 0,49, tendo sido maior que o índice obtido para o comprimento, mas não foi o suficiente para indicar um processo capaz. Novamente cabe destacar, que pela análise simples da média parecia estar tudo certo em relação à largura dos produtos, mas uma análise mais profunda indicou que existe problema, bem como o direcionamento do problema.

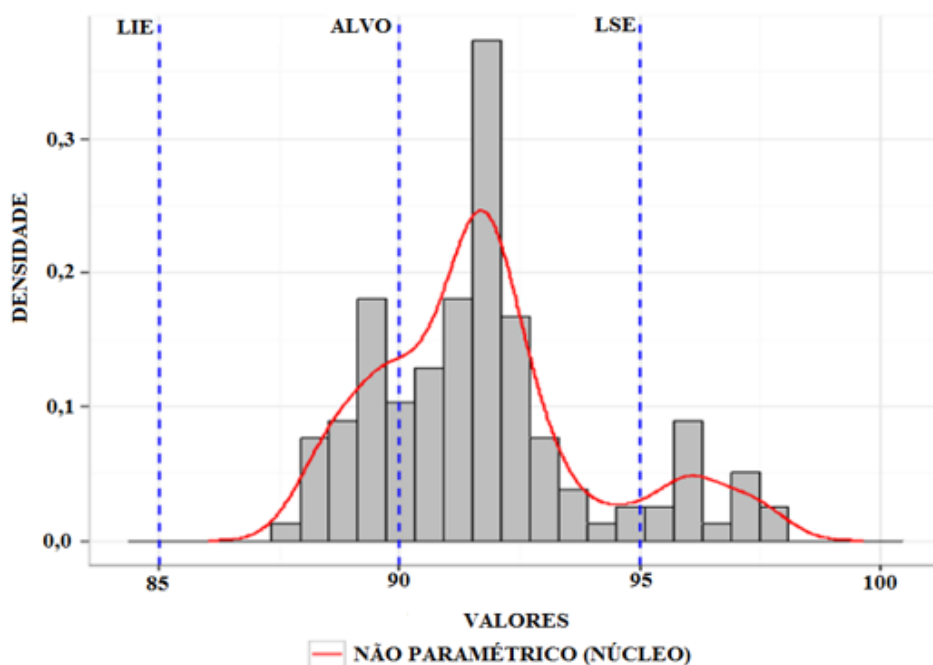


Figura 39. Gráfico da Performance do Processo em Relação a Largura
 Fonte: Autoria Própria (2016)

O cálculo da média da altura dos Blocos Cerâmicos indicou um valor de 142,03 mm apresentando um desvio padrão de 2,77 mm. Outra vez, foi possível observar que o valor médio não ultrapassou os 3 mm previstos na norma para avaliação de valores médios.

No estudo da capacidade do processo para a altura dos Blocos Cerâmicos observou-se, também, um direcionamento das alturas para valores superiores ao valor alvo de 140 mm, chegando a ultrapassar o valor máximo previsto pela norma. Novamente, o pico de valores apareceu acima do valor alvo, indicando que muitos produtos estão sendo fabricados com dimensões superiores ao mesmo,

como ilustra o gráfico da Figura 40.

O índice P_{pk} calculado para o processo com base nesta dimensão foi de 0,37, indicando novamente, que o processo não está capaz de manter a Altura do Bloco Cerâmico adequada. Desta maneira, precisa ser avaliada a possibilidade de melhorias, encontrando-se formas de reduzir a dimensão média dos produtos fabricados.

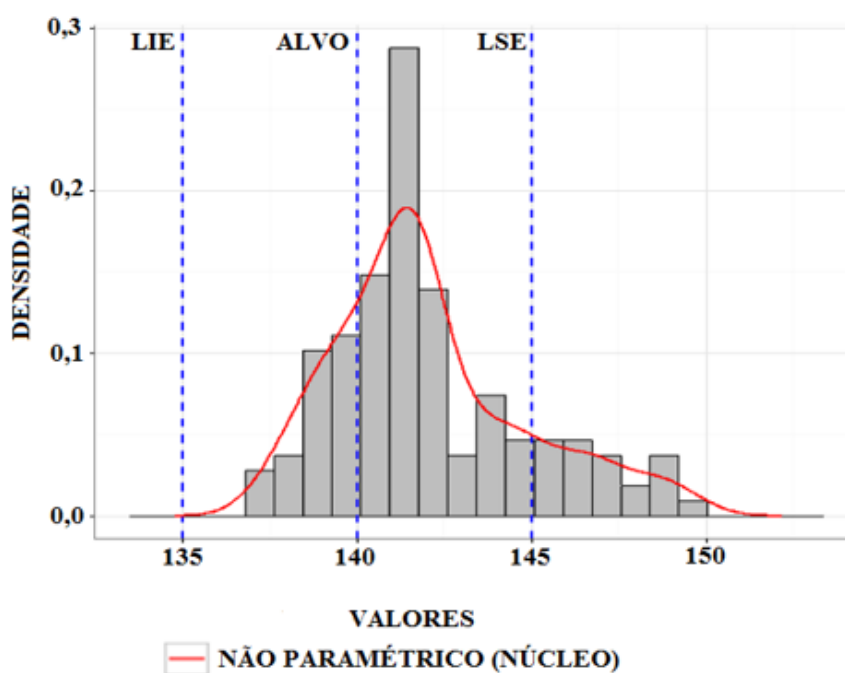


Figura 40. Gráfico da Performance do Processo em Relação a Altura
Fonte: Autoria Própria (2016)

No estudo da capacidade do processo para a espessura dos septos dos Blocos Cerâmicos obteve-se um valor médio de 7,248 mm, que é superior ao limite mínimo estabelecido pela norma para esta variável (6 mm). Ao observar o gráfico da Figura 41 também é possível notar, que a maioria dos valores é superior ao limite inferior de controle de 6 mm, atendendo a exigência normativa. Contudo, o índice P_{pk} encontrado foi de 0,483, inferior ao valor 1,33 desejável para indicar um processo capaz para esta variável.

Para a espessura das paredes externas obteve-se um valor médio de 9,773 mm, que é superior ao limite mínimo estabelecido pela norma para esta variável (7 mm). Ao observar o gráfico da Figura 42 também é possível notar, que a maioria dos valores é superior ao limite inferior de controle de 7mm, atendendo a exigência normativa.

No entanto, esta análise oculta a existência de anomalias no processo pois, o índice P_{pk} calculado para esta variável foi de 0,67, embora seja o maior índice obtido nas análises de capacidade, não é suficientemente maior para indicar um processo capaz.

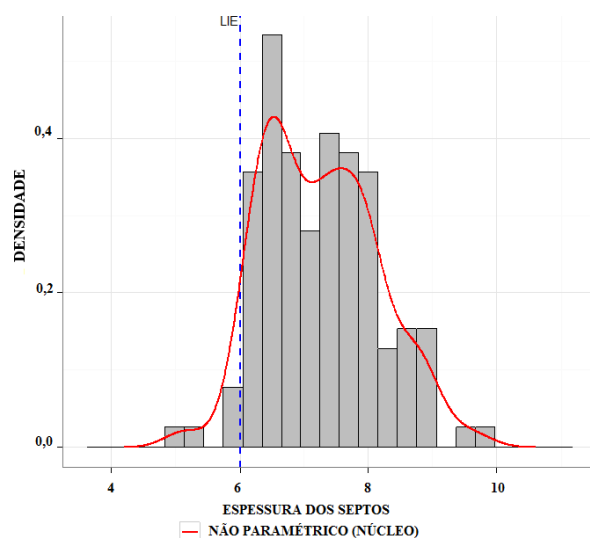


Figura 41. Gráfico da Performance do Processo em Relação a Espessura dos Septos
Fonte: Autoria Própria (2016)

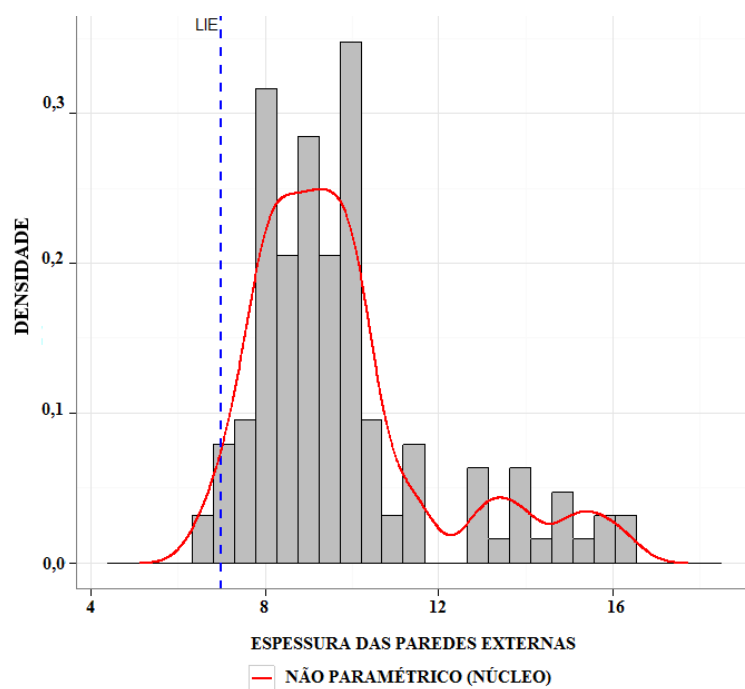


Figura 42. Gráfico da Performance do Processo em Relação a Espessura das Paredes Externas
Fonte: Autoria Própria (2016)

Após identificar as distorções das dimensões dos Blocos Cerâmicos, com o auxílio do Diagrama de Ishikawa, foram elencadas as possíveis causas das mesmas, como ilustra a Figura 43.

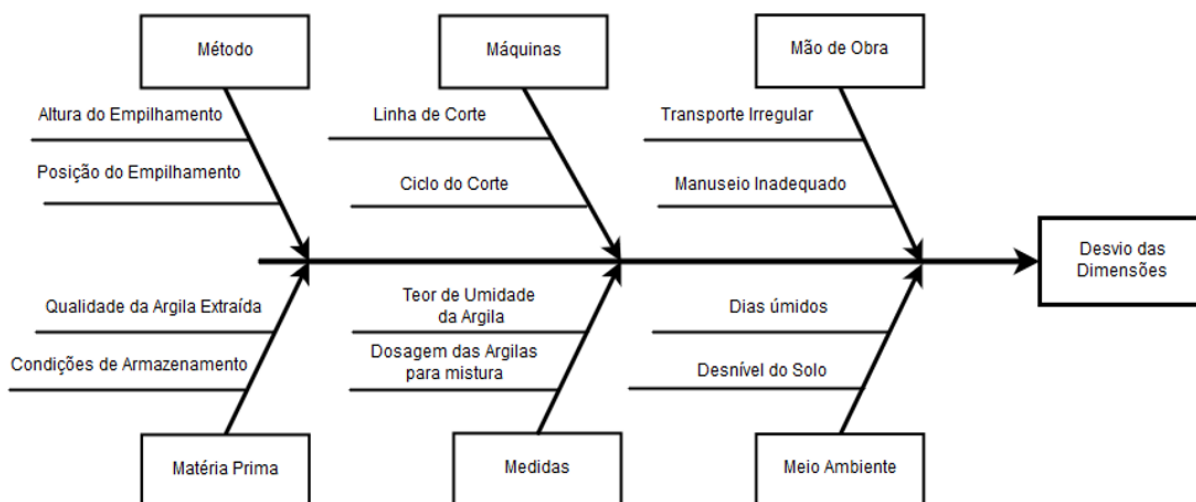


Figura 43. Diagrama de Ishikawa: Principais Causas do Desvio das Dimensões dos Blocos Cerâmicos
Fonte: Autoria Própria (2016)

Mediante acompanhamento das etapas que compõem o processo produtivo, foi possível constatar que: (a) Parte da argila extraída é armazenada a céu aberto. Em dias de chuva, os montes de argila são cobertos por lona, no entanto, o armazenamento nestas condições pode, mesmo assim, contribuir para o aumento considerável do teor de umidade; (b) O preparo da matéria prima não segue um padrão específico. A dosagem dos diferentes tipos de argila (necessários para a formação da liga, da argila em processo) é empírica, assim como, a quantidade de água adicionada à argila durante o processo; (c) Não é realizada a manutenção preventiva das Máquinas; (d) Os Blocos Cerâmicos, ao serem retirados da linha de corte, estão suscetíveis a alterações em seu formato, isto porque, ainda estão úmidos, portanto, maleáveis.

O empilhamento dos Blocos é horizontal, em vagonetas de ferro, sem rodas, com bandejas de madeira (para facilitar a secagem, durante o período de permanência nas estufas). São formadas duas fileiras em cada uma das quatro bandejas das vagonetas. Acima de cada uma das fileiras, é acondiciona mais uma fileira de Blocos. Devido ao manuseio inadequado dos operários, muitas vezes, os Blocos são amassados, o que faz com que, a largura e altura aumentem, enquanto o

comprimento diminui. Isto ocorre, devido ao descuido em relação à proximidade lado a lado entre os Blocos de uma mesma fileira, assim como, em relação à proximidade entre uma fileira e outra; (e) O transporte das vagonetas é realizado por meio de empilhadeira e, também é, muitas vezes, negligente. Assim, contribui para a causa de danos aos produtos.

5 CONCLUSÃO

O entendimento do processo foi muito importante dentro do contexto da realização deste estudo. O conhecimento das matérias primas, equipamentos e etapas produtivas trouxeram o embasamento necessário, para o acompanhamento e escolha da forma de realização das coletas de dados e posterior construção dos Gráficos de Controle.

Com base nos valores de Limite Inferior de Controle (LIC) e Limite Superior de Controle (LSC) encontrados, percebeu-se que todas as variáveis analisadas, em média, estiveram sob controle ao longo do processo produtivo e em conformidade com os valores previstos pela norma.

Os Gráficos de Controle construídos para os valores de desvio padrão também estiveram sob controle, indicando uma variabilidade baixa para o processo. Contudo, para confirmar a capacidade produtiva do processo, uma análise de capacidade do mesmo se faz necessária.

Os resultados obtidos com a análise de capacidade do processo revelam a importância da análise individual dos produtos, pois, neste caso, o estudo dos valores médios oculta distorções nas dimensões dos blocos. Verificou-se, por meio de análises dos valores médios, que os 130 Blocos atenderam às especificações normativas. No entanto, notou-se, que algumas unidades apresentaram grandes variações dimensionais (tanto acima, quanto abaixo do valor alvo ou limite de tolerância), estando não conformes pela norma vigente, indicando que o processo deve ser melhorado neste aspecto.

Ao identificar as causas dos problemas por meio do Diagrama Ishikawa, foi possível verificar a necessidade de implantação de um programa de controle de qualidade a fim de auxiliar na verificação da qualidade da matéria-prima, inspeção do produto final, definição procedimentos padrões do processo e inserção de programas de treinamento para os funcionários.

A avaliação da capacidade do processo mostrou-se muito útil para a indústria em estudo, pois indicou o direcionamento que a empresa precisa tomar, forneceu uma análise completa dos dados e possibilitou a identificação clara de pontos para avanço, tendo como fim específico a melhoria da qualidade dos produtos finais fabricados.

REFERÊNCIAS

ABC – Associação Brasileira de Cerâmica. **Informações Técnicas:** Definição e Classificação. 2016a. Disponível em: <<http://www.abceram.org.br/site/index.php?area=4>>. Acesso em: 25 abr. 2016.

ABC – Associação Brasileira de Cerâmica. **Informações Técnicas:** Processos de Fabricação. 2016b. Disponível em: <<http://www.abceram.org.br/site/?area=4&submenu=50>>. Acesso em: 26 mai. 2016.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Componentes Cerâmicos. Parte 1:** Blocos Cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos. - NBR 15270-1:2005a.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Componentes Cerâmicos Parte 3:** Blocos cerâmicos para Alvenaria Estrutural e de Vedação – Métodos de Ensaio - NBR 15270-3:2005b.

ALUKO, S.; MAYHALL, J.; WAUQUIEZ, M.; VERCIO, A. Strategic Cost Management. **Financial Management**, p. 34 - 36, 2010.

ANDER-EGG, E. **Introducción a las Técnicas de Investigación Social:** Para Trabajadores Sociales. 7º edição, Buenos Aires: Humanitas, 1978.

ANFACER – Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para revestimentos louças sanitárias e congêneres. **A Origem da Cerâmica.** 2016. Disponível em: <<http://www.anfacer.org.br/#!/historia-ceramica/c207w>>. Acesso em: 26 abr. 2016.

ANICER – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA. **Cerâmica: A Mais Antiga das Indústrias.** Rio de Janeiro, 2016a. Disponível em: <<http://portal.anicer.com.br/historia/>>. Acesso em: 26 abr. 2016.

ANICER – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA. **Cerâmica no Brasil:** Índios da Ilha de Marajó. Rio de Janeiro, 2016b. Disponível em: <<http://portal.anicer.com.br/historia/>>. Acesso em: 26 abr. 2016.

ANICER – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA. **Manual de Bloco Cerâmico.** Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: <<http://www.anicer.com.br/manuais/bloco.rtf>>. Acesso em: 26 abr. 2016.

ANICER – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA. **Relatório Anual**: 2014. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <http://portal.anicer.com.br/wp-content/uploads/2015/09/relatorio_2014.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2016.

ANSI – American International Standards Institute. **Document Library**: Glossário, 1997. <<http://www.ansi.org/>> Acesso em: 01 jul. 2016.

BASTOS, F. A. **Avaliação do Processo de Fabricação de Telhas e Blocos Cerâmicos visando a Certificação do Produto**. 2003. 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

BERGMANN, N.; POLACINSKI, E.; SCHEUNEMANN, R. **Ferramentas da Qualidade**: Definição de Fluxogramas para a Confeção de Jalecos Industriais. In: SEMANA INTERNACIONAL DAS ENGENHARIAS DA FAHOR, 2.. 2012, Horizontina - RS - Brasil: FAHOR - Faculdade Horizontina, 2012.

BERNI, M. D.; BAJAY, S. V.; GORLA, F. D. **Oportunidades de Eficiência Energética na Indústria**: Setor Cerâmico (Relatório Setorial), 2010. Brasília: Confederação Nacional da Indústria (CNI), 2010. 75p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Anuário Estatístico do Setor de Transformação de Não Metálicos**. Brasília: MME / Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral / Departamento de Transformação e Tecnologia Mineral, 2015. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1732813/Anu%C3%A1rio+Estat%C3%ADstico+do+Setor+de+Transforma%C3%A7%C3%A3o+dos+N%C3%A3o+met%C3%A1licos+2015.pdf/3ae38c3d-d37f-49cd-9586-bcef858914c6>>. Acesso em: 25 abr. 2016.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Produto 32**: Perfil de Argilas para a Cerâmica Vermelha. Brasília: MME / J. Mendo Consultoria, 2009. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_mineracao_basileira/P23_RT32_Perfil_da_Argila.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2016.

BOQCER Boquilhas. **Boquilha Vedação 9x14 - 6 Furos - 1 Saída**. Disponível em <http://www.boqcerboquilhas.com.br/index.php?id_pagina=333&f=>>. Acesso em: 31 mai. 2016.

CALARGE, F.; DAVANSO, J. Conceito de Dispositivos à Prova de Erros utilizados na Meta do Zero Defeito em Processos de Manufatura. **Revista de Ciência & Tecnologia**, v. 11, n. 21, p. 7-18, 2003.

CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da Qualidade**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2012.

CARPINETTI, L. C.R.; MIGUEL, P. A.C.; GEROLAMO, M. C. **Gestão da Qualidade ISO 9001:2008**: Princípios e Requisitos. 3ª edição. São Paulo: Atlas, 2010.

CÉSAR, F. I. G. **Ferramentas Básicas da Qualidade**. biblioteca24horas, 2011.

CORAL, E. **Avaliação e Gerenciamento dos Custos da Não Qualidade**, Florianópolis, 1996. 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

CORRÊA, J. M.; CHAVES, A. N. **Estudo do Controle e Análise da Capacidade do Processo de Produção de Água Potável**. In: XLI SBPO, p. 1414-1424, 2009.

COSTA, A. F. B.; EPPRECHT, E. K.; CARPINETTI, L. C. R. **Controle Estatístico de Qualidade**. 2ª Edição, São Paulo: Atlas, 2012.

COUTO, V. M. P. **Desenvolvimento e Caracterização de Materiais Cerâmicos Derivados do Processamento dos Resíduos de Estação de Tratamento de Água**. 2011. 120f. Dissertação (Mestrado em Ciências), UFRJ: Rio de Janeiro, 2011.

CROSBY, P. B. **Qualidade é Investimento**, 3ª edição, New York: McGraw-Hill, 1986.

CROSBY, Philip B. **Qualidade é Investimento**. 7ª edição. Rio de Janeiro, José Olympio, 1999.

CUNHA, Débora Vieira; SILVA, F. P.; SOUZA, SDC. Análise do processo produtivo e identificação de impactos ambientais de fábricas de cerâmica em um pólo industrial. In: **ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, v. 30, 2010.

DAYCHOUM, M. **40 Ferramentas e Técnicas de Gerenciamento**. Rio de Janeiro: Brasport, 2007.

DELLARETTI Filho, O. **As Sete Ferramentas do Planejamento da Qualidade**. Belo Horizonte, MG: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia a UFMG, 1996. 183p.

DINIZ, M. G. **Desmistificando o Controle Estatístico de Processo**. São Paulo: Artliber, 2001.

ECKER, A.; et al. Levantamento da História da Produção Cerâmica na Grande Curitiba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 47., 2003, João Pessoa. **Anais...** Paraíba, 2003. p.1310-1320.

FERREIRA, J. D.; ARAUJO, V. V. B. De; GASPARINI, V. A. A Importância da Qualidade nas Organizações. **Revista de Ciências Jurídicas e Empresariais**, v. 17, n. 1, p. 50-55, 2016.

FEIGENBAUM, A.V. **Controle da Qualidade Total**. São Paulo: Makron Books, 1994.

FERRAZ, G. Nota Técnica Final da Cadeia Cerâmica. In: Coutinho, L et al. cords. **Estudo da Competitividade de Cadeias Integradas no Brasil**: Impactos das Zonas de Livre Comércio. São Paulo: IE/NEIT/UNICAMP, 2002.

FISCHER, G.; et al. **Gestão da Qualidade**: Segurança do trabalho e gestão ambiental. Tradução da 2ª edição alemã ampliada Ingeborg Sell. São Paulo: Editora Blucher, 2009.

GHINATO, P. Sistema Toyota de Produção: Mais do que Simplesmente Just-in-Time. **Periódico Production**, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 169-189, dez. 1995. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65131995000200004&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 14 mai. 2016.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4ª edição. São Paulo: Atlas, 2008.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 5ª edição. São Paulo: Atlas, 2010.

GODOY, L.D. et al. Avaliação do Grau de Contribuição das Normas de Garantia da Qualidade ISO-9000 no Desempenho de Empresas Certificadas. **Revista de Administração da UFSM**, Santa Maria, v.2, n.1, p. 41-58, jan./abr. 2009. Disponível em: <<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/reaufsm/issue/view/61>>. Acesso em: 14 mai. 2016.

GOMES, M. H. P. **Manual de Prevenção de Acidentes e Doenças do Trabalho nas Olarias e Cerâmicas Vermelhas de Piracicaba e Região**. Suprema, 2012.

GONÇALVES, P. S. **Administração de Materiais**. 3ª edição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

GOOGLE. **Google Maps**, 2016. Disponível em: <<https://www.google.com/maps/>>. Acesso em: 12 jun. 2016.

GRESSLER, L. A. **Introdução à Pesquisa: Projetos e Relatórios**. 2ª edição. Loyola: São Paulo, 2004.

GUIMARÃES, I. K.; et al. Experiência de Inspeção Sucessiva: Autoinspeção na Alpargatas S.A.. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 23., 2003, Minas Gerais. **Anais Eletrônicos...** Minas Gerais: Ouro Preto, 2003. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENE_GEP2003_TR0103_0519.pdf>.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Anual da Indústria da Construção**. 2013. Volume 23. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/54/paic_2013_v23.pdf. Acesso em: 03 mai. 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Anual da Indústria da Construção**. 2011-2013. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=754>. Acesso em: 03 mai. 2016.

JUNIOR, M. C. et al. 28. Argilas para Cerâmica Vermelha. **Rochas e Minerais Industriais**. CETEM, p. 538-596, 2005.

JURAN, J. M. **Juran on Quality by Design: The New Steps for Planning Quality into Goods and Services**, The Free Press, New York: 1992.

KACZAM, F. et al. Avaliação do Processo Produtivo de Blocos Cerâmicos por meio do Controle Estatístico do Processo. **Revista Técnico Científica do CREA-PR**, Edição Especial, 2016. Disponível em: <<http://creaprw16.crea-pr.org.br/revista/Sistema/index.php/revista/article/view/184/82>>. Acesso em: 10 nov. 2016.

KUROKAWA, E.; BORNIA, A. C. Utilizando o Histograma como uma Ferramenta Estatística de Análise da Produção de Água Tratada de Goiânia. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, 28.. 2002, **Anais Eletrônicos...** México: Cancún, 27-31 out. 2002. Disponível em :

<[http://estprob.pbworks.com/w/file/feetch/88485773/artigo-histograma-capacidade-proc%20\(1\).pdf](http://estprob.pbworks.com/w/file/feetch/88485773/artigo-histograma-capacidade-proc%20(1).pdf)>. Acesso em: 28 mai. 2016.

LONGO, R.M.J. **A Revolução da Qualidade Total**: Histórico e Modelo Gerencial. Brasília: IPEA, 1994

MARCONI, M. de A.; LAKATOS E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 7^o edição. São Paulo: Atlas, 2010.

MARTINS, J. G.; SILVA, A. P. Da. **Produtos Cerâmicos**. 2^a edição: UFP, 2004.

MEDEIROS, E. N. M. **Sistema de Gestão da Qualidade na Indústria Cerâmica Vermelha**. Estudo de Caso de uma Indústria que Abastece o Mercado de Brasília. 2006. 190f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil), Publicação E.DM-004A/06, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2006.

MINEROPAR – Minerais do Paraná. **A preparação de Argilas para a Produção de Telhas e Blocos Cerâmicos**. Curitiba: MINEROPAR, 2007.

MINEROPAR – Minerais do Paraná. **Perfil da Indústria Cerâmica no Estado do Paraná**. Curitiba: MINEROPAR, 2000.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**. 4^a edição. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2004.

MS SOUZA – Metalúrgica Souza. **Extrusora à Vácuo Linha MSB**. Disponível em: <<http://mssouza.com.br/produtos/categoria/10>>. Acesso em: 31 mai. 2016.

NATREB – Soluções Inteligentes para a Indústria Cerâmica. **Misturador Extrusor MN-4E**. Disponível em: <http://www.natreb.com.br/produtos/10_Misturador%20Extrusor%20MN-4E_c.jpg>. Acesso em: 31 mai. 2016

NOGUEIRA, L. J. M. **Melhoria da Qualidade através de Sistemas Poka-Yoke**. 2010. 46 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2012.

NUNES, A. C. N.; RESENDE, S. S. **Guia Técnico Ambiental da Indústria de Cerâmica Vermelha**. Belo Horizonte: Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais (FIEMG) e Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais (FEAM), 2013. Disponível:

<http://www.feam.br/images/stories/producao_sustentavel/GUIAS_TECNICOS_AMBIENTAIS/guia_ceramica.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2016.

OAKLAND, J. **Gerenciamento da Qualidade Total**. São Paulo: Editora Nobel, 1994.

OLIVEIRA, O. J., et al. **Gestão da Qualidade: Tópicos Avançados**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.

PALADINI, E. P. **Gestão da Qualidade Total: Teoria e Prática**. São Paulo: Atlas, 2004.

PAULETTI, M. C. **Modelo para Introdução de Nova Tecnologia em Agrupamentos de Micro e Pequenas Empresas: Estudo de Caso das Indústrias de Cerâmica Vermelha no Vale do Rio Tijucas**. 2001. 149 f. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2001.

PARANTHAMAN, D. **Controle da Qualidade**. Tradução Flávio Deny Steffen, Technical Teacher's Training Institute, Madras; Revisão Técnica José Carlos de Castro Waeny. São Paulo: McGraw-Hill, 1990.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da Produção: Operações Industriais e de Serviços**. Curitiba: Unicenp, 2007.

POJASEK, R. B. Poka-Yoke and Zero Waste. **Environmental Quality Management Journal**, United States, v. 13 n. 2, p. 91-97, 1999.

PORTAL ACTION. **Índices de Capacidade do Processo: Cp e Cpk**, 2016a. Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br/analise-de-capacidade/21-indices-de-capacidade-do-processo-cp-e-cpk>>. Acesso em: 10 nov 2016.

PORTAL ACTION. **Manual do Software Action sobre Cálculo e Interpretação do p-valor**, 2016b. Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br/inferencia/512-calculo-e-interpretacao-do-p-valor>>. Acesso em: 10 nov 2016.

PORTAL ACTION. **Índices de Performance do Processo: Pp e Ppk**, 2016c. Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br/analise-de-capacidade/22-indices-de-performance-do-processo-pp-e-ppk>>. Acesso em: 10 nov 2016.

PRADO, U. S.; BRESSIANI, J. C. Panorama da Indústria Cerâmica Brasileira na Última Década. **Cerâmica Industrial**. São Paulo, v. 18, n. 1, p. 07-11, 2013.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, C. E. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2ª edição. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RODRIGUES, L. A. A. C. **Índices de Avaliação de Processos: Abordagem Univariada e Multivariada**. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2001. Disponível em : <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/3034>>. Acesso em: 10 nov 2016.

RYAN, T. **Estatística Moderna para Engenharia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011. 324p

SÁ, V. M. R.; MIRANDA, L. C. Custo da Qualidade versus Gestão da Qualidade: uma pesquisa empírica nas Indústrias de Transformação de Pernambuco. In: CONGRESSO USP – Controladoria e Contabilidade, 4., 2004, São Paulo. **Anais eletrônicos...** São Paulo: USP, 2004. Disponível em: <www.congressousp.fipecafi.org/web/artigos42004/202.pdf>. Acesso em: 28 mai. 2016.

SANTOS, J. E. De C. Dos. **Avaliação do Controle Estatístico de Processo das Indústrias Cerâmicas da Região Metropolitana de Curitiba com base nos Índices de Capacidade**. 2006. 132f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2006.

SAMOHYL, R. W. **Controle Estatístico de Qualidade**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. 275p.

SCHISSATTI, Márcio Luiz. **Uma Metodologia de Implantação de Cartas de Shewhart para o Controle de Processos**. Florianópolis, 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 1998.

SEBBEN, D. A. A.; GARCIA, L. A. F. A Estrutura, Conduta e Desempenho da Indústria da Região Oeste do Paraná. **Revista Ciências Sociais em Perspectiva**.

Cascavel UNIOESTE, v. 10, n. 19, p. 169-193, jul. 2011.

SHINGO, Shigeo. **Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-Yoke System**. New York: Productivity Press, 1986.

SILVEIRA, C. B. **Diagrama de Causa e Efeito – Ishikawa ou Espinha de Peixe**, CITISYSTEMS. 2012. Disponível em: <<http://www.citisystems.com.br/diagrama-de-causa-e-efeito-ishikawa-espinha-peixe/>>. Acesso em: 30 mai. 2016.

SILVA, M.A.C. **Racionalização da Construção: A evolução tecnológica e gerencial no Brasil**. Centro de Tecnologias de Edificações, São Paulo, 1993.

SILVA, P. M. Da; SARTONI, M. M. A utilização Prática do PDCA e das Ferramentas da Qualidade como Provedoras Intrínsecas à Melhoria Continua nos Processos Produtivos em uma Indústria Têxtil. **Revista Organização Sistêmica**, v. 6, n. 3, p. 39-55, 2014.

SLACK, N.; et al. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1997.

SLACK; et al. **Administração da Produção**. 2ª Edição, São Paulo: Atlas, 2008.

TRIVELLATO, A. A. **Aplicação das Sete Ferramentas Básicas da Qualidade no Ciclo PDCA para a Melhoria Contínua: Um Estudo de Caso numa Empresa de Autopeças**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Produção Mecânica) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, Curso de engenharia de Produção Mecânica, São Carlos, 2010. Disponível em: <<http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180830/tce-19012011-162523/>> Acesso em 28 mai. 2016.

VARLE – Máquinas Para Cerâmicas e Olarias. **Aparelho Laminador**. Disponível em: <<http://www.varlemaquinas.com.br/fotos/produto40.jpg>>. Acesso em: 31 mai. 2016.

VIERA E SILVA, A. **Análise do Processo Produtivo dos Blocos Cerâmicos no Estado do Ceará: Da Extração da Matéria Prima à Fabricação**. 2009. 104 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.