

APLICAÇÃO DO CEP NA ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS (ALTURA, COMPRIMENTO E LARGURA) DOS BLOCOS CERÂMICOS ESTRUTURAIS PRODUZIDOS POR TRÊS EMPRESAS DA MESORREGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA

Carlos Alberto Bezerra Alexandre; Raimundo Bemvindo Gomes; George Gaspar de Abreu;
Carlos Eduardo Araújo Bezerra; Alexandre Araújo Bertini

Universidade Federal do Ceará – UFC – carlosabalexandre@gmail.com

Resumo do artigo: A alvenaria estrutural como proposta de uma construção racionalizada, tem demonstrado potencial de uso nas HIS. Em 2002, com o advento do PSQ aplicado ao bloco cerâmico e o incentivo da CEF para seu uso nos programas habitacionais, criou-se um cenário para sua aceitação no mercado nacional. O padrão de referência para o setor foi estabelecido pela NBR 15270/2005 da ABNT. O sistema construtivo com uso de blocos cerâmicos cresceu na última década, mas os estudos de avaliação qualitativa têm sido escassos, refletindo na queda atual de produção. Assim, buscou-se, neste trabalho avaliar as características geométricas (altura, largura e comprimento) dos blocos cerâmicos estruturais produzidos em três empresas (Aqu2, Cau2 e Ita1) da MMF, utilizando a ferramenta CEP, através das análises dos gráficos de controle para as médias e das razões de capacidade produtivas: potencial (RCP) e real (RCPK) dos processos, confrontando os resultados com os padrões da norma vigente. Foi considerado que as empresas somente atendem aos requisitos normativos e têm seus processos sob controle, se este se estender às três variáveis pesquisadas. Os resultados mostraram que somente a empresa (Ita1), atende a todos os requisitos normativos, quanto à variação das medidas de largura, comprimento e altura; tendo seu processo sob controle para o gráfico das médias, para as três variáveis pesquisadas; porém quando se analisa à capacidade do processo produtivo, nenhuma das 03 empresas produz peças dentro dos limites especificados para um nível pelo menos aceitável, junto as três variáveis pesquisadas; sendo por tanto, incapaz, devendo reavaliarem seus processos produtivos.

Palavras-chave: Alvenaria estrutural, Blocos cerâmicos, Controle estatístico dos Processos, Controle de Qualidade, Qualidade Total.

1. Introdução

Redescoberta em meados do século XX, a alvenaria estrutural foi alvo de um grande número de pesquisadores em vários países, o que permitiu a criação de normas e adoção de critérios de cálculo baseados em métodos racionalizados (CAMACHO, 2006). Vem sendo amplamente executada como proposta de uma construção racionalizada, com melhor viabilidade econômica e grande potencial para aplicação em habitação de interesse social - HIS. No cenário brasileiro, não alcançou seu pleno desenvolvimento, destacando-se em pouquíssimos períodos.

Esse sistema construtivo viveu momentos de expansão, na última década, onde o

cenário de estabilização econômica pelo qual passou o Brasil, aliados ao aumento da competitividade, e o desenvolvimento das pesquisas no setor, foram fundamentais para difundir-lo; com isso, muitas fábricas passaram a produzir os blocos cerâmicos estruturais, o que aumentou as incertezas sobre a qualidade desses blocos produzidos no País. Para sobreviver em meio a esse mercado cada vez mais competitivo; carente de tecnologia, uma boa opção seria a implementação do Controle Estatístico dos Processos (CEP) nas indústrias ceramistas; pois segundo Montgomery (2009) é um conjunto de ferramentas eficazes na resolução de problemas para se estabilizar o processo e o aumento da capacidade, através da redução da variabilidade, implicando em uma maior confiabilidade e aceitação do produto, ou serviço; caracterizando assim uma definição aceita para melhoria da qualidade.

Com o rigor, imposto pelas normas que regem o setor, quanto a questão da qualidade dos blocos estruturais, tais como: geometria bem definida, classe de resistência a compressão, Controle de Qualidade na produção e recebimento dos materiais; não somente a indústria cerâmica brasileira, mais todos envolvidos no processo construtivo, devem ter uma preocupação crescente com a qualidade dos blocos produzidos. Por ser a geometria do bloco, a variável com maior dificuldade de controle e Pela importância que tem no desempenho da modulação e resistência da parede, este trabalho objetivou avaliar as características geométricas (altura, largura e comprimento) dos blocos cerâmicos estruturais produzidos por três empresas, na mesorregião metropolitana de Fortaleza - MMF, através do CEP, com o emprego das cartas de controle para as médias e análise das razões de capacidade produtivas: (RCP) e (RCPK) dos processos.

Foi considerado que para que as empresas atendam aos requisitos normativos e tenham seus processos sob controle, é necessário que esse se estenda as três variáveis pesquisadas. Essas medidas foram confrontadas com os parâmetros estabelecidos na NBR 15270-3 (2005) e melhorias no processo produtivo foram propostos para que a redução da variabilidade de suas medidas seja alcançada; contribuindo assim, na melhoria da qualidade dos blocos produzidos na região.

2. Referencial Teórico

2.1 A Evolução da Alvenaria Estrutural no Mundo e no Brasil

Redescoberta em meados do século XX, como proposta de nova tecnologia construtiva, visando suprir a necessidade do mercado, a alvenaria Estrutural, foi alvo de um

grande número de pesquisadores em vários países, o que permitiu a criação de normas, e adoção de critérios de cálculo baseados em métodos racionalizados (CAMACHO, 2006). Em 1950, na Suíça, na construção de um edifício de 13 pavimentos, em alvenaria estrutural, foram utilizados métodos racionais de cálculo, bem como outros, inovadores. Devido a este e outros fatos, entre eles, a introdução da disciplina alvenaria estrutural nas universidades, essa década marcou o fim dos métodos empíricos na alvenaria estrutural (PARSEKIAN, 2012).

No Brasil, mesmo com características socioeconômicas sendo favoráveis, a Alvenaria Estrutural, destacou-se em poucos períodos: 1966 e 1977 dão início as alvenarias armada e não armada, com a construção de prédios de 4 e 9 pavimentos, em 1988 são construídos quatro blocos de 18 pavimentos; em São Paulo. Os Anos 80 marcam o início em Porto Alegre e o uso dos blocos cerâmicos neste sistema construtivo. (CAMACHO, 2006).

No ano de 2002, a Associação Nacional da Indústria Cerâmica (ANICER) adere ao Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) e implementa o Programa Setorial de Qualidade (PSQ) para o bloco cerâmico, com o objetivo de implantar mecanismos para melhoria da qualidade destes produtos (SILVA, 2009). Nesse mesmo ano, de acordo com Sabbatini (2003), a Caixa Econômica Federal (CEF) exige que os edifícios construídos em alvenaria estrutural, sejam constituídos de blocos com furos na vertical; criando-se o cenário perfeito para a concorrência com os blocos de concreto. Após anos recorrendo a normas internacionais e adaptações de normas de blocos de concreto estrutural, a ABNT lança, em 2005, a NBR 15270; que, em seu conjunto, trata sobre alvenaria com blocos cerâmicos – As terminologias e requisitos das alvenarias de vedação e estrutural, são tratadas nas parte 1 e 2 respectivamente – A parte 3 especifica os métodos de ensaios para ambas.

Esse sistema construtivo viveu momentos de expansão no Brasil, na última década, onde o cenário de estabilização econômica pelo qual passou o País, aliados ao aumento da competitividade, e o desenvolvimento das pesquisas no setor, foram fundamentais para difundi-lo; onde, somente no Rio Grande do Sul, em 2006, 76% das construções de baixa renda, financiados pela CEF, utilizaram esse sistema (REZENDE et al., 2013).

2.2 A Indústria Ceramista Brasileira e o Bloco cerâmico estrutural

Carvalho Filho; Gehring (1994), afirmam que a indústria ceramista possui uma das atividades produtivas de baixas qualificações de mão de obra e tecnologia, o que a torna

menos competitiva em relação às outras fornecedoras de insumos para a construção civil, isto influencia diretamente na qualidade do produto colocado no mercado. Mesmo com essas características, não se pode negar a importância da indústria ceramista brasileira no setor da construção civil, onde é responsável por fornecer 90% dos tijolos utilizados, produzindo mais de 15 bilhões de peças por ano; em 2015, mesmo com o setor da construção civil em queda, a indústria ceramista experimentou um crescimento de 18,7% (DE SOUZA, et al., 2016). No Ceará, segundo pesquisa primária do IEL/CE (2012), 380 empresas, distribuídas em 125 municípios encontram-se funcionando; sendo que a maioria (74,6%) é de pequeno porte, 23,3% são micro empresas e apenas 2,1% são de médio porte.

Segundo Ramalho; Correia, (2003), o bloco é um dos principais componentes da alvenaria estrutural; ao lado da argamassa, graut e armadura. Unidos, esses componentes formam os elementos deste sistema construtivo (paredes, vergas, contra vergas, cintas; dentre outros). Por ocuparem cerca de 80% do volume da parede, os blocos determinam sua resistência, devido a isto e a falta de controle do processo produtivo no nosso País, o controle de qualidade dos blocos cerâmicos deve ser feito com base no coeficiente de variação de suas propriedades significativas (GALLEGOS 1991). A CEF, em 2002, também recomendou o uso do coeficiente de variação, no controle de qualidade dos mesmos, limitando este valor a 20%, na resistência à compressão, em uma produção contínua, por longos ou curtos períodos (SABBATINI, 2003). A NBR 15270 da ABNT (2005) na sua segunda parte ratifica essa recomendação.

2.3 A busca da Qualidade através do Controle Estatístico dos Processos (CEP)

As técnicas de administração da produção originaram-se nas indústrias, foram aplicadas em organizações comerciais, de prestação de serviços e em empreendimentos "virtuais" ligados à Internet. No Brasil, as indústrias têm que adotar novas estratégias de produção, para compensar a defasagem tecnológica frente à revolução industrial no hemisfério Norte e sobreviverem em um cenário de economia globalizada (PEINADO; GRAEML, 2007). De acordo com Ishikawa (1993) através do controle de qualidade total, com a participação da gerência e empregados, qualquer empresa pode oferecer produtos, ou serviços melhores a um custo menor, aumentar as vendas, melhorar os lucros e transformar-se em uma organização mais competitiva.

A melhoria da qualidade pode ser alcançada com o controle estatístico da variação do processo produtivo. Este está sob controle, quando existem apenas causas naturais atuando,

(83) 3322.3222

contato@joinbr.com.br

www.joinbr.com.br

está fora de controle, se existem causas especiais de variação atuando; estas podem ser identificadas e corrigidas; podendo estar dentro ou fora dos limites de especificações do produto (WERKEMA, 2006). O CEP mostrou-se bastante eficaz na estabilização dos processos produtivos, reduzindo a variabilidade e aumentando a capacidade dos processos que estão operando fora dos limites de controles especificados, por causas atribuídas, aparentemente ao acaso (MONTGOMERY, 2009). Souza; Pedrini & Caten (2009) corroboram com os autores, quanto à eficiência do uso do (CEP) no controle dos processos produtivos; pois este permite identificar causas anormais atuando sobre o processo, possibilitando corrigir o problema antes de serem produzidas peças não conformes.

A utilização das cartas no controle dos processos, pressupõe que esses sejam distribuídos normalmente. A construção de histogramas tem caráter preliminar em qualquer estudo e é um importante indicador da distribuição de dados, o valor central e a dispersão dos dados podem indicar se uma distribuição aproxima-se de uma função normal (Werkema, 2006). Porém, segundo Montgomery (2009), alguns autores declaram que a não-normalidade em uma amostra, não deve ser um fator de preocupação no que tange a pesquisa, uma vez que a normalidade média dos processos é garantida pelo Teorema do Limite Central; por mais assimétrica que seja sua distribuição.

A representação gráfica para o monitoramento da média e amplitude, consiste em três linhas horizontais. A linha Central (LMC), representa o valor médio da característica de interesse. As outras duas linhas, equidistantes ao LMC, são os Limites Superior e inferior de Controle - LSC e LIC, respectivamente (WERKEMA, 2006). Tais linhas servem para monitorar se o processo está ou não fora de controle, mediante um ou mais pontos localizados fora destes limites, O controle sobre a qualidade média é exercido pelo gráfico de controle para as médias, e a variabilidade do processo pode ser controlada pelo gráfico da amplitude (MONTGOMERY, 2009). Ainda segundo Montgomery; Runger (2015) os gráficos de controle, apresentam-se como as melhores ferramentas na aplicação do CEP, apoiando na identificação e monitoramento do processo produtivo.

Para Costa; Eppecht & Carpinetti, (2008) a avaliação da capacidade dos processos pressupõe a normalidade da distribuição dos valores, que o processo esteja sob controle e seus limites de controle especificados. Atendidas essas condições, a capacidade pode ser analisada através das razões das capacidades potencial (RCP) e real (RCPK) dos processos; a RCP relaciona a variabilidade especificada permitida (LSE-LIE), com a variabilidade natural de seis desvios padrões amostrais (6σ); Já a RCPK relaciona o desvio entre a média do processo,

e o (LC) especificado (MONTGOMERY; RUNGER, 2015).

3. Material e Métodos

O ponto de partida para definir a abrangência da pesquisa foi o acesso ao levantamento realizado pelo Sindicato das Indústrias de Cerâmicas do Estado do Ceará (SINDICERÂMICA), pela maior disponibilidade de dados, elegeu-se para estudo, apenas 03 das empresas sindicalizadas, que pertencem à MMF e que produzem blocos cerâmicos estruturais (Figura 1). Destas, duas possuem o Programa Setorial de Qualidade (PSQ).



FIGURA 1 – Mesorregiões do Estado do Ceará e empresas da MMF selecionadas para estudo - Fonte: Autoria própria (2017)

Selecionadas as empresas, procedeu-se a atualização do diagnóstico anteriormente realizado pelo SINDICERÂMICA e mapeamento dessas unidades, por intermédio de visitas técnicas, considerando-se os seguintes pontos:

01 – Caracterização dos requisitos de qualidade no processo produtivo a partir do diálogo com a gestão da empresa por intermédio da visita técnica;

02 – Coleta de amostras do produto (13 blocos cerâmicos estruturais) para avaliação das características geométricas (altura, largura e comprimento) através do CEP, confrontando-as com os parâmetros estabelecidos na NBR 15270-3 (2005) para verificar o nível de conformidade.

A caracterização das medidas geométricas foi feita conforme a referida norma, obteve-se duas medidas efetivas de largura, comprimento e altura; para cada um dos blocos amostrados.

Obtidas essas medidas efetivas, com a utilização do software Microsoft Excel, foram obtidos os parâmetros estatísticos necessários (médias aritméticas, amplitudes e desvio

padrão), descritos nas equações: 1, 2 e 3; bem como os gráficos de histogramas, para avaliar a normalidade das distribuições amostrais; em seguida, procedeu-se à determinação das cartas de controle de qualidade para as médias amostrais, onde os limites de controle amostrais: (LSC), (LMC) e (LIC) foram determinados para as 03 empresas, de acordo com Montgomery; Runger, (2015) conforme equações 1, 2 e 3.

$$LSC = \bar{\bar{X}} + A_2 * \bar{R} \quad (1)$$

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

$$LIC = \bar{\bar{X}} - A_2 * \bar{R} \quad (3)$$

Onde:

$\bar{\bar{X}}$ = média aritmética das médias das medidas efetivas individuais;

A_2 – adotado a partir do valor de K (onde K depende do n° de amostras, ou das medidas feitas em cada amostra; nesse caso adotou-se o valor correspondente a 1,880 para (A_2); pois foram feitas duas medidas para cada bloco da amostra);

\bar{R} = média aritmética das medidas das amplitudes individuais;

Em seguida efetuou-se a determinação da capacidade produtiva de cada empresa, através das razões RCP e RCPK, que segundo Montgomery; Runger, (2015) são definidas conforme equações 4 e 5.

$$Cp = \frac{(LSE) - (LIE)}{6\sigma} \quad (04)$$

$$Cpk = \left[\frac{(LSE - \mu)}{3\sigma} ; \frac{(\mu - LIE)}{3\sigma} \right] \quad (05)$$

Onde:

$\mu = \bar{\bar{X}}$;

σ = Desvio padrão amostral = DP

LSE e LIE = Limites superior e inferior de especificações

Após determinadas, as razões foram analisadas, conforme tabela 1; por serem usadas por vários autores no Brasil, embora, Montgomery; Runger, (2015) afirmem que esses limites já não são aceitos em padrões Norte americanos; exigindo-se 1,33 como mínimo aceitável e 1,66 como processo capaz para RCP e RCPK.

Tabela 1 – Classificação dos Processos de acordo com RCp e $RCpk$

Valores	Classificação	Conclusão
$(RCp \text{ e } RCpk) \geq 1,33$	Capaz	O processo produtivo está dentro dos limites especificados, produzindo, praticamente todos os produtos com qualidade.
$1 \leq (RCp \text{ e } RCpk) \leq 1,33$	Aceitável	O processo produtivo está sujeito a frequentes ocorrências de causas especiais, necessitando ser rigidamente controlado.
$(RCp \text{ e } RCpk) \leq 1,0$	Incapaz	O processo produtivo está fora de controle, produzindo uma porcentagem considerável de itens defeituosos, com baixa qualidade e fora das especificações.

Fonte: Adaptado de Costa; Epecht & Carpinetti, (2008).

4. Análise dos resultados

4.1 Caracterização das medidas geométricas (largura, comprimento e altura) dos blocos cerâmicos estruturais produzidos pelas Empresas: Aqu2, Cau2 e Ita1

As figuras 1, 2 e 3 mostram os Histogramas, com os polígonos de frequências das médias das medidas de largura, comprimento e altura das amostras das empresas Aqu2, Cau2 e Ita1; mostrando a tendência à normalidade das amostras.

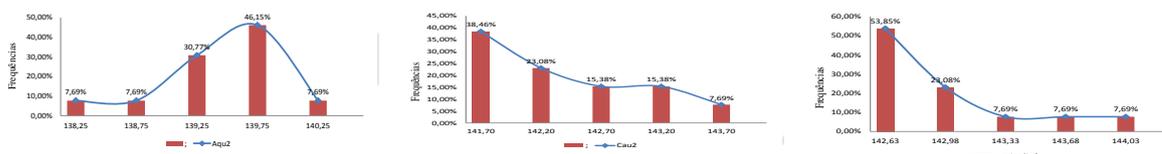


FIGURA 1 – Histogramas e Polígonos de Frequências das médias de larguras das empresas Aqu2, Cau2 e Ita1 - Fonte: Autoria própria (2017).

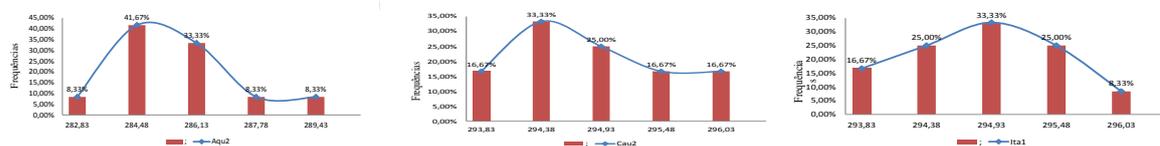


FIGURA 2 – Histogramas e Polígonos de Frequências das médias de comprimentos das empresas Aqu2, Cau2 e Ita1 - Fonte: Autoria própria (2017).

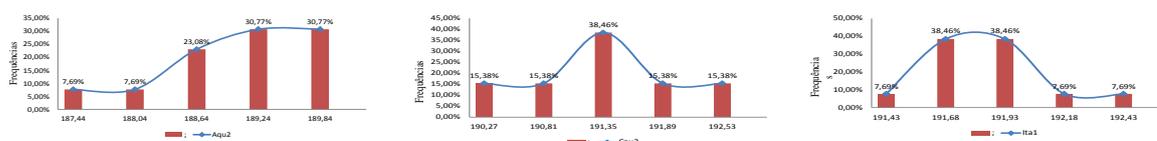


FIGURA 3 – Histogramas e Polígonos de Frequências das médias de alturas das empresas Aqu2, Cau2 e Ita1 - Fonte: Autoria própria (2017).

As figuras 4, 5 e 6 mostram os gráficos de controle para as larguras, comprimentos e alturas médias amostrais, em mm, com os seus limites de controle amostral: (LSC), (LMC) e (LIC), bem como os limites de controle de especificação: (LSE), (LME) e (LIE); os parâmetros de dispersões amostrais: σ (DP), coeficiente de variação (CV) e o desvio médio do LMC com relação ao LME (DMN); mostrando ainda, as razões RCP e RCPK, para as empresas Aqu2, Cau2 e Ita1.

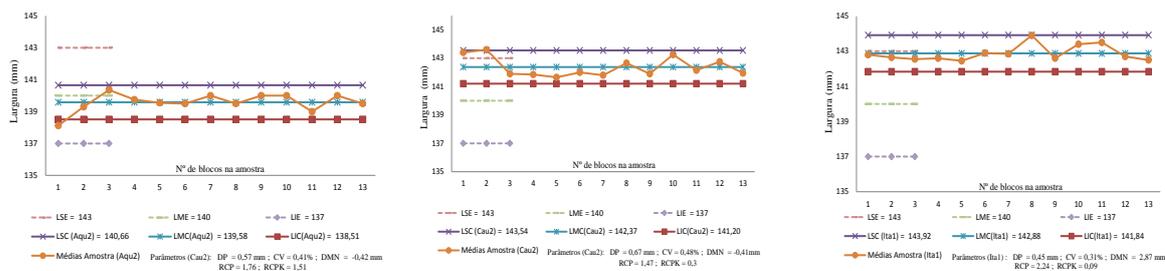


FIGURA 4 – Gráficos de controle para as médias das larguras amostrais das empresas Aqu2, Cau2 e Ita1 - Fonte: Autoria própria (2017).

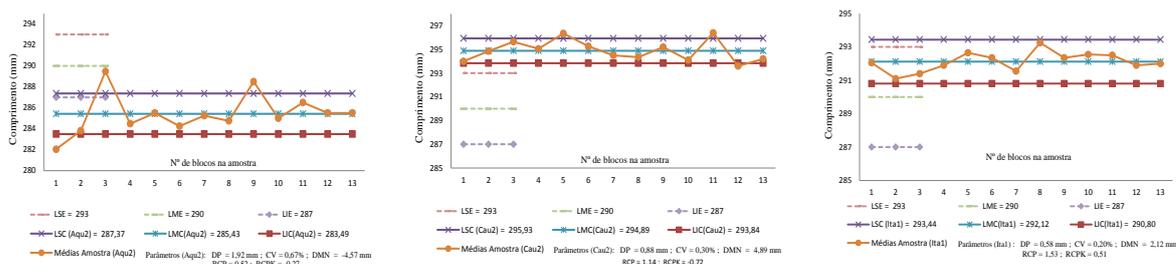


FIGURA 5 – Gráficos de controle para as médias dos comprimentos amostrais das Aqu2, Cau2 e Ita1 - Fonte: Autoria própria (2017)

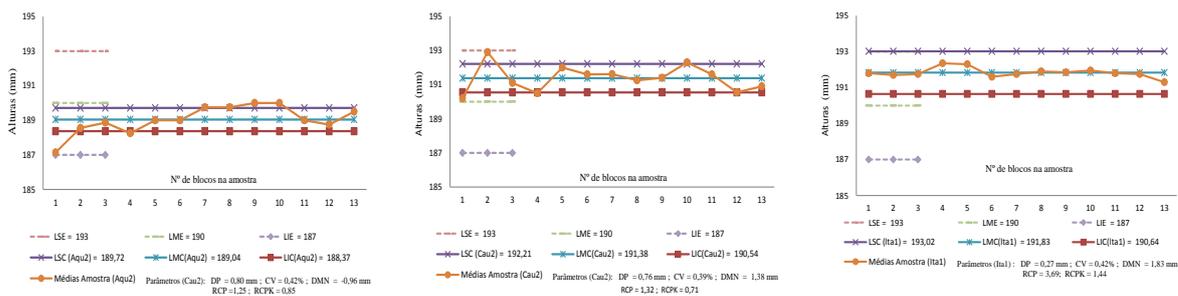


FIGURA 6 – Gráficos de controle para as médias das alturas amostrais das empresas Aqu2, Cau2 e Ita1- Fonte: Autoria própria (2017)

A tabela 2 mostra as empresas que atendem aos requisitos normativos, onde podemos observar que apenas a empresa Ita1, atendeu a todos os requisitos, de acordo com as variáveis estudadas, por tanto somente esta empresa está conforme a NBR 15270.

Tabela 2 – Atendimento à NBR 15270, quanto às medidas efetivas de largura, comprimento e altura dos blocos cerâmicos estruturais das empresas Aqu2, Cau2 e Ita.

PARÂMETROS ANÁLISADOS NBR 15270	ATENDIMENTO À NORMA QUANTO ÀS MEDIDAS EFETIVAS		
	Largura	Comprimento	Altura
Medidas individuais: (LME ± 5mm)	Aqu2; Cau2; Ita1	Ita1	Aqu2; Cau2; Ita1
$-3\text{mm} \leq \text{DMN} \leq 3\text{mm}$	Aqu2; Cau2; Ita1	Ita1	Aqu2; Cau2; Ita1
$\text{LIE} \leq \text{Médias amostrais} \leq \text{LSE}$	Aqu2; Ita1	Ita1	Aqu2; Cau2; Ita1

Fonte: Autoria própria (2017)

A tabela 3 resume as empresas que estão operando com o processo sob controle estatístico de acordo com os gráficos apresentados nas figuras 4, 5 e 6, aquelas em que os gráficos apresentam pontos fora dos limites de controle, porém dentro dos limites de especificação, devem alargar os limites de controle, passando a operar com o processo sob controle, dentro dos limites especificados. É mostrado ainda, a capacidade produtiva das as empresas, de acordo com o RCP e o RCPK.

Tabela 3 – Análise das medidas de largura, comprimento e altura dos blocos cerâmicos estruturais das empresas Aqu2, Cau2 e Ita, através do CEP.

PARÂMETROS ANÁLISADOS PELO CEP	VARIÁVEIS		
	Largura	Comprimento	Altura
Empresas com Processo sob Controle Estatístico - Gráficos de controle para as médias:	Aqu2; Cau2; Ita1	Ita1	Aqu2; Cau2; Ita1
Capacidade produtiva (RCP e RCPK) – Padrões Nacional	Aqu2: Capaz; Cau2 e Ita1: Incapaz;	Aqu2, Cau2 e Ita1: Incapaz;	Aqu2 e Cau2: Incapaz; Ita1: Capaz;
Capacidade produtiva (RCP e RCPK) – Padrões Americano	Aqu2: Aceitável; Cau2: Incapaz; Ita: Incapaz	Aqu2, Cau2 e Ita1: Incapaz;	Aqu2 e Cau2: Incapaz; Ita1: Aceitável;

Fonte: Autoria própria (2017).

5. Considerações Finais

Para que as empresas atendam aos requisitos normativos e tenham seus processos sob controle, é necessário que esse se estenda as três variáveis pesquisadas. Pois variação na

largura do bloco, compromete a resistência mecânica da parede, necessitando de um maior custo para correção. Se essa for no comprimento, compromete a modulação e a resistência ao cisalhamento. Se for na altura, provoca variação das juntas horizontais e do pé-direito do pavimento; podendo comprometer a resistência da parede; (PARSEKIAN; SOARES, 2010).

Comparando as análises realizadas através da conformidade normativa e pelo CEP, verifica-se que somente a empresa (Ita), atende a todos os requisitos normativos, quanto a variação das medidas de largura, comprimento e altura; tendo seu processo sob controle para o gráfico das médias, para as três variáveis pesquisadas; porém quanto se analisa à capacidade do processo produtivo, nenhuma das 03 empresas produz peças dentro dos limites especificados para um nível pelo menos aceitável, junto as três variáveis pesquisadas; sendo por tanto, Incapaz, devendo reavaliarem seus processos produtivos.

Constata-se aqui, a importância do CEP na análise dos parâmetros de qualidade dos blocos cerâmicos estruturais, pois mesmo com variações pequenas de suas medidas efetivas, o quê para uma simples análise de conformidade com os parâmetros normativos pré-estabelecidos seria satisfatório, o CEP mostrou que com a análise dos limites de controle, a empresa pode ajustar o seu processo produtivo, corrigindo falhas imperceptíveis à análise amostral simples; permitindo assim, um melhor controle das características geométricas dos blocos produzidos, fazendo com que os padrões de qualidade almejados sejam alcançados.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15270-2: Componentes Cerâmicos – Parte 2 - Blocos Cerâmicos para alvenaria estrutural - Terminologia e Requisitos*. Rio de Janeiro: ABNT, 2005d.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15270-3: Componentes Cerâmicos – Parte 3 - Blocos Cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação - Métodos de Ensaio*. Rio de Janeiro: ABNT, 2005d.

CAMACHO, J. S. *Projeto de edifícios de alvenaria estrutural*. São Paulo: Núcleo, 2006.

CARVALHO FILHO, A. C.; GEHRING, J. G. Certificação de Conformidade dos Produtos Cerâmicos no Estado de Pernambuco – Resultados Iniciais. *5 th International Seminar on Structural Masonry for Developing Countries*. Florianópolis, p. 574 a 583, 1994..

Costa; Epprecht & Carpinetti. *Controle estatístico da qualidade*. 2. ed. São Paulo: Editora Atlas, p. 161, 2008.

DE SOUZA, D. M. et al. Comparative life cycle assessment of ceramic brick, concrete brick and cast-in-place reinforced concrete exterior walls. *Journal of Cleaner Production*, v. 137, p. 70-82, 2016.

GALLEGOS, H. *Albañileria Estructural*: Fondo Editorial de La Pontificia Universidad Católica del Perú – 3ª Ed. Lima, 1991.

GALLEGOS, H. *Albañileria Estructural*: Fondo Editorial de La Pontificia Universidad Católica del Perú – 3ª Ed. Lima, 1991.

ISHIKAWA, K. *Controle da qualidade total: à maneira japonesa*. Rio de Janeiro: Campus, 1993.

IEL/CE; SINDCERAMICA. *Setor Cerâmico do Estado do Ceará*. Catálogo, 1 – 7, 2013.

MONTGOMERY, D. C. *Statistical quality control*. New York: Wiley, 2009.

MONTGOMERY, D. C; GEORGE C. R.. *Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros*. 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

PARSEKIAN, G. A.; SOARES, M. M. *Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle*. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. *Administração da produção Operações industriais e de serviços*. Unicenp, 2007.

REZENDE, F. M. et al. Analysis of plane truss reinforcement as an alternative technology for structural masonry lintels. *Ambiente Construído*, v. 13, n. 1, p. 51-73, 2013.

SABBATINI, F. H. *Alvenaria estrutural: materiais, execução da estrutura e controle tecnológico*. Caixa Econômica Federal, 2003.

SILVA, A. V. *Análise do Processo Produtivo dos Tijolos Cerâmicos no Estado do Ceará – da Extração da Matéria-Prima à Fabricação*. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

WERKEMA M. C. C. *Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos*. Editora Werkema, 2006.