

Estudo sobre a verificação da conformidade de blocos cerâmicos comercializados na cidade de Itabira - MG

Study on the verification of conformity of ceramic blocks marketed in the city of Itabira - MG

Estudio de verificación de conformidad de bloques ceramicos vendidos en la ciudad de Itabira – MG

Recebido: 06/01/2023 | Revisado: 29/01/2023 | Aceitado: 11/02/2023 | Publicado: 15/02/2023

Fernanda Camila Santana Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2921-1445>
Universidade Federal de Itajubá, Brasil
E-mail: fcamilasantana@gmail.com

Marconi Oliveira de Almeida

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7878-670X>
Universidade Federal de Itajubá, Brasil
E-mail: marconi.almeida@unifei.edu.br

Carlos Augusto de Souza Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8826-1528>
Universidade Federal de Itajubá, Brasil
E-mail: carlosoliveira@unifei.edu.br

Sérgio Pacífico Soncim

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3087-3043>
Universidade Federal de Itajubá, Brasil
E-mail: sergiops@unifei.edu.br

Rossana de Paula Junqueira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0262-6619>
Universidade Federal de Itajubá, Brasil
E-mail: rossana.junqueira@unifei.edu.br

Resumo

Os blocos cerâmicos são materiais amplamente utilizados na construção civil brasileira. Porém, de acordo com dados do Ministério de Desenvolvimento Regional (2021) apenas 44,3% dos blocos comercializados estão de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas. Devido a isso, esse estudo analisou a qualidade dos blocos cerâmicos de vedação comercializados na cidade de Itabira/MG, a partir da caracterização das peças de acordo com a Norma Técnica Brasileira 15270 (2017) com o objetivo de avaliar se os produtos comercializados atendem aos parâmetros exigidos na referida norma. Com base na análise da proporção de unidades conformes de seis marcas comercializadas na cidade, o resultado foi de rejeição em pelo menos dois dos ensaios realizados, ou seja, nenhuma das marcas estaria apta para sua utilização de acordo com os padrões de qualidade estabelecidos. Além disso, foi realizada uma estimativa de acréscimo de volume de material de revestimento caso houvesse variação na face de assentamento dos blocos, para essa determinação o resultado também foi expressivo, com uma média de acréscimo de 20% no custo de volume de material, o que pode gerar grande impacto no orçamento final de uma obra. Esses resultados corroboram com a problemática enfrentada pelo setor no que diz respeito a precariedade do controle de qualidade dos produtos fabricados, além de refletir a necessidade do aumento da fiscalização dos produtos finais, investimentos em capacitação técnica dos produtores e a busca pela certificação de qualidade pelos clientes.

Palavras-chave: Blocos Cerâmicos; Norma Técnica Brasileira; Conformidade; Certificação; Qualidade.

Abstract

Ceramic blocks are materials widely used in Brazilian civil construction. However, according to data from the Ministry of Regional Development (2021), only 44.3% of the blocks sold are in accordance with the Brazilian Association of Technical Standards (ABNT). This study analyzed the quality of ceramic sealing blocks marketed in the city of Itabira/MG from the characterization of the blocks according to the Brazilian Technical Standard 15270 (2017) with the objective of evaluating rather the products sold reach the parameters required by standard. Based on the analysis of the proportion of units of six brands marketed in the city, the result was rejection in at least two of the tests, that is, none of the brands would be fit for use in accordance with the established quality standards. In addition, an estimate of the increase in the volume of coating material was performed in case there was a variation in the settlement face of the blocks, for this determination, the result was also expressive, with an average increase of 20% in the material volume cost, which can have a great impact on the final budget of a project. These results confirm the problem faced by the sector with regard to the precariousness of quality control of manufactured products, in addition

to reflecting the need to increase inspection of final products, investments in technical training of producers and the search for quality certification by customers.

Keywords: Ceramic blocks; Brazilian Standard; Conformity; Certification; Quality.

Resumen

Los bloques cerámicos son materiales ampliamente utilizados en la construcción civil brasileña. Sin embargo, según datos del Ministerio de Desarrollo Regional (2021) solo el 44,3% de los bloques vendidos están de acuerdo con la Asociación Brasileña de Normas Técnicas. Por eso, este estudio analizó la calidad de los bloques de sellado cerámico vendidos en la ciudad de Itabira/MG a partir de la caracterización de las piezas de acuerdo con la Norma Técnica Brasileña 15270 (2017) con el objetivo de evaluar si los productos vendidos cumplen con los parámetros exigidos en dicha norma. Con base en el análisis de la proporción de unidades conformes de seis marcas vendidas en la ciudad, el resultado fue rechazo en al menos dos de las pruebas realizadas, es decir, ninguna de las marcas podría ser utilizada de acuerdo a la calidad establecida. Además, se realizó una estimación del incremento en el volumen de material de revestimiento si existiera una variación en la cara de asiento de los bloques, para esta determinación el resultado también fue expresivo, con un incremento promedio del 20% en el costo de volumen material, el cual puede tener un gran impacto en el presupuesto final de una obra. Estos resultados corroboran el problema que enfrenta el sector con respecto a la precariedad del control de calidad de los productos elaborados, además de reflejar la necesidad de aumentar la fiscalización de los productos finales, las inversiones en capacitación técnica de los productores y la búsqueda de certificación de calidad por parte de los clientes.

Palabras clave: Bloques Cerámicos; Norma Técnica Brasileña; Conformidad; Certificación; Calidad.

1. Introdução

Ao pensar em obra pode-se citar a alvenaria como um tipo de estrutura bastante comum na construção civil brasileira devido a disponibilidade de mão de obra e fácil acesso de material. A partir da utilização de tijolos, blocos cerâmicos e peças sobrepostas é possível adquirir resistência, vedação, proteção térmica entre outras características. De acordo com a Associação Nacional da Indústria Cerâmica, ANICER (2015), no Brasil são fabricados aproximadamente 5,7 bilhões de blocos por mês e existem cerca de 5600 fábricas de cerâmica. Contudo, devido à facilidade de obtenção da principal matéria-prima, a argila, e do processo de fabricação dos blocos cerâmicos, muitas vezes as normas técnicas não são seguidas.

As normas técnicas vigentes no país são desenvolvidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Quando respeitada, os materiais devem atender a requisitos mínimos para seu uso, o que assegura a qualidade e o modo correto de fabricação de produtos e serviços tornando-se uma ferramenta de garantia para os consumidores. (Stragliotto; Sagrilo & Fernandes, 2016).

Em razão da não conformidade intencional, realizada pelos produtores, ao não se atentarem para os padrões exigidos pelas normas, entidades setoriais de fabricantes de produtos para a construção civil estão se unindo para desenvolverem ações que visam ao desenvolvimento tecnológico do setor, e ao combate à produção em não conformidade com as normas técnicas pertinentes através dos Programas Setoriais de Qualidade, os PSQs. De acordo com dados do Ministério de Desenvolvimento Regional (2021), o PSQ referente aos blocos cerâmicos, PSQ-BC, possui um índice de conformidade de apenas 44,3%.

Segundo Savazzini-Reis e Silva (2017), a falta do controle sistemático nas etapas de fabricação de blocos cerâmicos pode ocasionar problemas nas peças produzidas, como por exemplo, a baixa resistência mecânica, volume excessivo de quebras e alta absorção de água. O que leva a um desequilíbrio nos padrões de qualidade ao gerar patologias e problemas estruturais, desperdício de materiais, devido à falta de padronização do produto final, além da necessidade, no curto prazo, de realização de manutenções levando à insatisfação do cliente final.

Corroborando com a problemática enfrentada, a pesquisa sobre a qualidade de materiais cerâmicos comercializados em Itabira, considerou que os blocos cerâmicos produzidos no Brasil devem seguir a padronização estabelecida pela ABNT. A análise foi realizada a fim de averiguar se existe falta de padronização no que se refere a características visuais, geométricas, físicas e mecânicas conforme estabelecido nas normas NBR 15270-1 (2017) e 15270-2 (2017), uma vez que as peças ensaiadas foram as que já estavam disponíveis para o consumidor. Em especial, para os ensaios de desvio em relação ao esquadro e a

planeza das faces que são referentes à deformidade do bloco, foi avaliada não somente a conformidade, mas nos casos de resposta negativa, qual o impacto no consumo de materiais de revestimento devido à necessidade de nivelar a peça. Defeitos desta natureza podem acarretar um acréscimo no custo total do emprego deste material de construção, além de ter o seu desempenho limitado devido à falta de padronização.

1.1 Matéria-Prima: Argila

As argilas são materiais naturais terrosos com partículas inferiores a 2 μ m de diâmetro, que apresentam comportamento plástico quando misturadas com quantidades adequadas de água, porém que se solidificam depois de secas. São provenientes da decomposição de rochas que possuem na sua composição alguns minerais fundamentais chamados de argilominerais, e em caráter suplementar outros minerais como hematita, mica, feldspato e também matéria orgânica e outras impurezas (Ino *et al.*, 2010).

Esses argilominerais são constituídos principalmente por aluminas, os compostos de cálcio e magnésio, a sílica, silicatos e fosfatos e os sais solúveis. Esses elementos apresentam propriedades que fornecem estabilidade dimensional em temperaturas elevadas, expansão volumétrica e retração, além de que alguns são fundentes, logo reduzem a temperatura de queima do produto e a porosidade, diminuindo assim a absorção de água do material aumentando sua resistência mecânica. Com isso, é importante sempre se atentar para análise da composição do material por ela refletir a qualidade do produto. A falta da utilização da argila com a combinação correta de minerais, que atenda aos fins pretendidos, pode inferir na não conformidade com as normas, gerando patologias (Ino *et al.*, 2010).

1.2 Indústria da Cerâmica no Brasil

O setor apresenta-se com uma estrutura empresarial bastante diversificada, prevalecendo pequenos empreendimentos familiares (olarias, em grande parte não incorporadas às estatísticas oficiais), cerâmicas de pequenos e médios portes, com deficiências de mecanização e gestão, e empreendimentos de médio a grande porte (em escala de produção) de tecnologia moderna. A não conformidade é intensificada por esses fatores, visto que o segmento apresenta um alto nível de desqualificação e baixo nível de instrução formal da mão de obra. Além da tentativa de redução de recursos financeiros, de tempo, entre outros. (Ministério de Minas e Energia, 2019).

Devido ao grande número de pequenos e médios produtores o segmento ainda apresenta um elevado grau de informalidade e grande carência em dados estatísticos de produção, por isso, atualmente os indicadores utilizados são baseados no PIB e na produção nacional. Para reverter esse cenário, liderados pela ANICER (2015) (Associação Nacional da Indústria Cerâmica), representantes do setor vêm tomando iniciativas para o desenvolvimento tecnológico, através da parceria com o Programa Setorial da Qualidade de Blocos Cerâmicos (PSQ-BC, 2021).

Os PSQs são setores do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade na Construção Habitacional (PBQP-H, 2021) que estabelecem ações com a colaboração do setor privado e diversas outras entidades para a implantação de laboratórios de caracterização tecnológica de matérias-primas e produtos, qualificação de mão-de-obra, desenvolvimento do uso de novos combustíveis, estudos de incorporação de resíduos na massa cerâmica e diversificação da produção, bem como a criação de índices de conformidade no setor da construção civil, como modo de potencializar a adesão ao programa pelas empresas (Cabral Junior *et al.*, 2012).

1.3 Processo de Fabricação

Os blocos cerâmicos possuem o processo de fabricação relativamente simples, além do mais, sua matéria-prima consiste em um material natural encontrado em jazidas com grande disponibilidade no território brasileiro e suas aglomerações

ocorrem principalmente na região sul e sudeste. Devido a simplicidade no processo de fabricação há uma subjetividade quanto a necessidade de um controle rígido do processo produtivo, como supracitado, é um setor que possui baixo nível de instrução formal da mão de obra, o que transparece no índice de conformidade de apenas 44,3%.

A fabricação dos blocos cerâmicos se inicia na escolha da jazida para a extração da argila, visto que o depósito natural adequado para a extração deve estar em conformidade com o propósito da sua utilização, ou seja, a jazida deve possuir os componentes mineralógicos corretos e baixo teor de impurezas para se garantir a qualidade do produto final, além de estar a uma distância economicamente viável da fábrica e possuir o volume necessário para a exploração.

Em seguida, o material é armazenado a céu aberto para que se inicie o processo de sazonalização, etapa em que a argila é exposta num período de meses, a intempéries de modo que ocorram modificações nas suas características. Conforme Zaccaron (2018) explica, essa exposição provoca a lavagem de sais solúveis, o alívio de tensões nos blocos de argilas, melhorando sua plasticidade e homogeneizando a distribuição de umidade. Devido ao longo período dedicado a este processo, algumas olarias não o realizam de forma completa, podendo ocasionar danos ao material como observado por Sposto et al., (2007).

Depois da etapa acima, a argila passa pelo processo de formulação que é basicamente o estudo da composição da massa e a partir disso a sua adequação quanto à plasticidade, granulometria e teor de umidade. A plasticidade é a capacidade que um material rígido possui de se deformar permanentemente sem se romper quando submetido a uma determinada força. No caso das argilas, essa propriedade é adquirida a partir da adição de água que permite o deslizamento entre as partículas lamelares dos argilominerais. Porém, é necessário determinar uma quantidade mínima para que essa propriedade ocorra sem que teores excessivos de água ocasionem deformações e fissuras no material devido a contrações nas etapas de secagem e queima.

Após todos esses processos a argila está pronta para ser modelada e obter um formato definido. A etapa de conformação das peças é realizada por meio de um equipamento chamado extrusora em que, a massa cerâmica é colocada no alimentador do equipamento, misturada e compactada a vácuo para se retirar o excesso de ar existente. Depois, através de dispositivos propulsores helicoidais, passa de forma contínua por uma boquilha (molde) que contém o formato desejado da peça. (Tubino & Borba, 2006)

Wieck e Fh (2013) trazem um estudo sobre a extrusão em cerâmicas vermelhas no qual apontam alguns problemas encontrados nessa etapa. O principal fator apontado para a conformidade da peça durante a modelação, quando as etapas anteriores foram executadas corretamente, é a de se manter o fluxo de compactação e extrusão para que a massa de argila saia do equipamento em total uniformidade.

Eles enfatizam que dentro da extrusora existe uma câmara de compressão, chamada de embudo, que possui comprimento que varia de acordo com a massa argilosa e o formato da peça a ser produzida. E então, para cada tipo de argila se utilizaria um embudo diferente, porém isso não ocorre na prática. Por motivos econômicos os fabricantes de extrusora procuram fornecer um embudo que atenda ao maior número de casos. Também citam a distinção na saída da boquilha para cada tipo de argila de acordo com sua plasticidade, a boquilha controla a velocidade de fluxo de saída de material e geometria do molde.

Os autores afirmam que quando esses dois equipamentos não estão em conformidade com o material, podem gerar diferentes níveis de compactidades nos blocos. Durante a secagem, essas zonas extrudadas com menor compactação contraem-se mais do que as extrudadas com maior compactação. Estas diferenças de contração aumentam as forças de tração criadas nas regiões extrudadas a uma menor pressão, originando deformações e trincas de secagem.

Para se atingir as propriedades finais, os blocos são submetidos ao tratamento térmico que se constitui pelos processos de secagem e queima. O processo de secagem procura eliminar o excesso de água da peça e é no processo da queima que

acontece as mudanças físico-químicas que garantem aos blocos as propriedades físicas e mecânicas desejadas. Os tratamentos térmicos causam alterações de peso e volume, promovem alterações em ligações atômicas, aceleram a difusão dos mesmos, reduzem a porosidade e área específica e modificam as propriedades (Moreno, 2012).

É importante ter o controle sobre a velocidade de elevação de temperatura e de resfriamento para se evitar as contrações no material. Como já citado anteriormente, a quantidade de água presente na peça irá influenciar a etapa de tratamento térmico por gerar a retração nas peças. O empenamento, por exemplo, é causado quando uma parte da peça seca antes da outra, gerando uma contração diferenciada que irá repuxar a parte plástica e gerar a deformação na peça.

Ao sair dos fornos, os blocos devem passar por uma inspeção para a seleção dos materiais que serão armazenados. A avaliação do produto acabado é realizada através de ensaios previstos na NBR 15270-2 (2017), de acordo com suas características visuais, geométricas, físicas e mecânicas. Contudo, conforme observou Silva (2007), em algumas indústrias a inspeção é realizada sem nenhum critério, pelos próprios funcionários encarregados do desenformo, onde muitas vezes encaminham peças com defeitos para a estocagem. A prática de não conformidade intencional se fixa nessa etapa, a partir do momento que os fabricantes ignoram o controle de qualidade de seus produtos e os comercializam sem a certeza da conformidade requerida.

1.4 Blocos Cerâmicos

Os blocos cerâmicos, material foco deste estudo, são peças que possuem o formato de um prisma reto, com paredes vazadas ou maciças, além de poderem apresentar furos ou vazados prismáticos ao longo de seu comprimento. São rotulados como componentes básicos para alvenaria estrutural ou de vedação com suas especificações estabelecidas pela ABNT NBR 15270-1 (2017).

São amplamente utilizados na construção civil por apresentarem boa resistência à compressão, serem leves, possuírem isolamento acústico, facilidade de qualificação de mão-de-obra além de baixo custo-benefício, quando comparado aos materiais de empregos semelhantes. Para mais, Fernandes et al., (2016) ainda citam as vantagens de excelente durabilidade, a facilidade de composição de elementos de qualquer forma e dimensão e a maior aceitação pela sociedade.

Os blocos de vedação possuem resistência características mínima de 1,5 MPa e 3 MPa e são destinados à execução de paredes que suportarão o peso próprio e pequenas cargas de ocupação. Já os blocos estruturais possuem resistência característica mínima a partir de 4 MPa e além de exercerem a função de vedação, também são destinados à execução de paredes estruturais, podendo substituir pilares e vigas de concreto. (INMETRO, 2001)

Uma prática de não conformidade intencional apontada por Almeida et al., (2010) é a utilização de blocos de vedação como alvenaria autoportante. A partir disso é possível observar que os blocos cerâmicos são geralmente negligenciados com relação a critérios de utilização, podendo provocar o surgimento de patologias estruturais como rupturas, deslocamentos, e até desmoronamentos decorrentes da incapacidade de os blocos de vedação suportarem esforços que não sejam o de seu peso próprio.

1.5 caracterização de Blocos Cerâmicos em Regiões do Brasil

Reforçando as dificuldades expostas pelos programas setoriais de qualidade, em algumas regiões foram realizadas pesquisas de caracterização de blocos cerâmicos de vedação de acordo com a NBR 15270 (2017) com intuito de avaliar sua qualidade. Ao comparar os resultados encontrados nesses trabalhos é possível validar a problemática enfrentada pelo setor. O Quadro 1 e a Tabela 1, resumem de maneira expositiva os dados levantados por cada pesquisa sobre a quantidade de amostras avaliadas bem como o percentual de rejeição dos itens avaliados nos trabalhos citados.

Quadro 1 - Identificação dos estudos.

ID	Autores	Ano	Região	Quantidade de lotes com 13 amostras
1	Vásquez, G.A.G.	2005	Rio Grande do Norte	13
2	Almeida, M.O.; Getúlio, J.G.S. & Oliveira, J	2010	Juazeiro (BA) e Petrolina (PE)	11
3	Pilz, S.E.; et al	2015	Chapecó (SC)	10
4	Savazzini-Reis, A. & Silva, M. S.	2017	Colatina (ES)	19
5	Sousa, G.L; Morais, L.B. & Fernandes, F.A. S.	2017	Palmas (TO)	4
6	Alves, J. P. C.; et al	2019	Porto Nacional (TO)	4

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Tabela 1 - Porcentagem de rejeição por ensaio.

Ensaio realizado (% de rejeição)									
ID									
1	69%								
2	91%	00%	2%	00%	00%	3%	00%	6%	
3	30%	00%	4%	1%	5%	00%	00%	%	00%
4	-	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
5	25%		8%	3%	4%	9%	1%	9%	00%
6	-	0%	0%	0%	0%	5%	%	5%	5%
			00%	00%	00%	5%	0%	0%	00%

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Na Tabela 1, cada letra corresponde aos seguintes ensaios:

A. Ensaio de Identificação; B. Ensaio de Características Visuais; C. Ensaio de Verificação das Dimensões Efetivas; D. Ensaio de Verificação das Paredes Externas; E. Ensaio de Verificação dos Septos; F. Ensaio de Desvio em Relação ao Esquadro; G. Ensaio de Planeza das Faces; H. Ensaio de Índice de Absorção de Água; I. Ensaio de Resistência à compressão.

As porcentagens em vermelho indicam os ensaios que obtiveram mais de 50% de rejeição. Com exceção das pesquisas 3 e 5 que obtiveram rejeição por marca em pelo menos um ensaio de 70% e 75% respectivamente, todas as pesquisas atingiram 100% de rejeição em pelo um dos critérios analisados nos lotes estudados. Os números respaldam a temática abordada e podem servir de justificativa para a busca por qualidade e diminuição no desperdício de materiais em que as entidades do setor têm discutido.

Em especial o estudo (2) realizado por Almeida, Sousa & Oliveira (2010), referência base para este trabalho, sobre a conformidade técnica em blocos de vedação comercializados em Juazeiro - BA e Petrolina – PE, teve como resultado 100% de aprovação apenas nas amostras do ensaio de absorção de água. Nos demais parâmetros analisados, obtiveram uma grande porcentagem de não conformidade das características técnicas, chegando a 100% das amostras reprovadas no ensaio de resistência a compressão simples, propriedade que está ligada diretamente a capacidade mínima de suporte e durabilidade das obras como um todo.

2. Metodologia

Para este trabalho a metodologia empregada seguiu basicamente o roteiro definido na norma 15270 (2017), entretanto, no que diz respeito aos estudos para determinação do consumo de argamassa devido a possível falta de qualidade dos blocos

cerâmicos, foi desenvolvida após a realização de atividade acadêmicas dentro do Laboratório de materiais de construção civil – LMCC. Segundo Pereira et al (2018), esta pesquisa possui característica qualitativa, pois trabalha a interpretação dos resultados por parte do pesquisador com suas opiniões sobre o fenômeno estudado. Também tem característica quantitativa, uma vez que realiza a coleta de dados numéricos por meio de medições de grandeza, medições essas, realizadas em ambiente laboratorial sendo mais uma característica da metodologia empregada.

A fase inicial do trabalho consistiu na listagem das marcas de blocos de vedação com dimensões de 9 cm x 19 cm x 29 cm comercializadas nas principais casas de materiais de construção civil na cidade de Itabira-MG. De um total de 12 estabelecimentos foram encontradas seis marcas diferentes que para esta pesquisa foram nomeadas com as letras de A a F.

Para cada uma das seis marcas distintas foi adquirida uma amostragem de 30 peças de blocos cerâmicos de vedação, tendo sido respeitada a mesma dimensão para cada uma delas. Como o número estabelecido pela NBR 15270-1 (2017) para uma amostragem simples é de 13 blocos por lote, podendo ser empregada amostra para contraprova em ensaio específico, a quantidade obtida para a realização das verificações de conformidade garantiu a amplitude da pesquisa.

Para o ensaio de identificação a norma estipula que em um bloco cerâmico estar deve apresentar gravado em uma das faces externas, a identificação do fabricante e do bloco com suas devidas dimensões, lote e fabricação, em baixo relevo ou reentrância, com pelo menos 5 mm de altura.

Para a determinação das características geométricas foram realizadas duas medições de largura, altura e comprimento das faces por bloco, seis medições nas paredes externas e seis para septos, buscando os de menor espessura, quatro medições para desvio em relação ao esquadro entre as faces destinadas ao assentamento e a maior face destinada ao revestimento, além de quatro medições para a determinação da planeza das faces destinadas ao revestimento. Parte das medições que foram realizadas, de acordo com as indicações da NBR 15270-2 (2017), podem ser observadas na figura 1 a seguir.

Figura 1 - A: Verificação das dimensões efetivas; **B:** Verificação da espessura das paredes externas e septos; **C:** Verificação do desvio em relação ao esquadro e planeza das faces.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

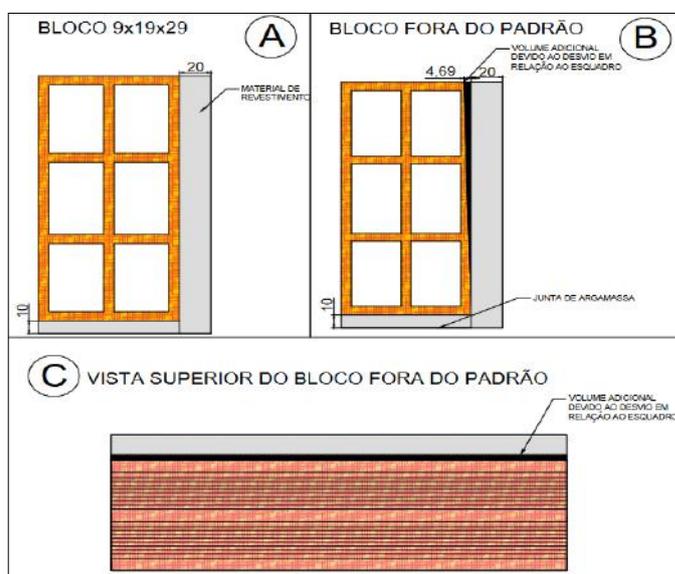
Na Figura 1 podemos observar como parte dos ensaios foram realizados, seguindo o procedimento solicitado em norma. Os ensaios de índice de absorção de água e resistência a compressão também foram realizados de acordo com o proposto pela NBR 15270-2 (2017).

2.1 Estimativa de Volume Adicional de Revestimento no Caso de Deformação na Peça

O desvio em relação ao esquadro e a determinação da planeza das faces, indicam a existência ou não de deformidade na face de assentamento do bloco cerâmico. Essa deformação pode gerar um aumento de volume de materiais de revestimento,

devido a necessidade de nivelamento da peça a ser aplicada. A Figura 2 apresenta duas situações, onde uma delas mostra o bloco com o revestimento aplicado em um bloco chamado ideal, ou seja, dentro do padrão e outro com o bloco fora do padrão.

Figura 2 - Demonstração do aumento no volume de revestimento a) Bloco padrão sem deformidade; b) Vista frontal de um bloco com deformidade; c) Vista superior do bloco com deformidade.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Ainda sobre a Figura 2, a mesma mostra o efeito da deformidade no consumo de material de revestimento. Na letra A, é apresentado um bloco padrão de 9x19x29 cm com desvio em relação ao esquadro e planeza das faces nulos. Já as letras B e C são representações de um bloco com desvio em relação ao esquadro de 4,69 mm, o que está acima do permitido por norma, o valor de 3 mm. O volume adicional de regularização é representado pela cor preta e demonstra o volume adicional que será utilizado de material de revestimento pra regular a peça.

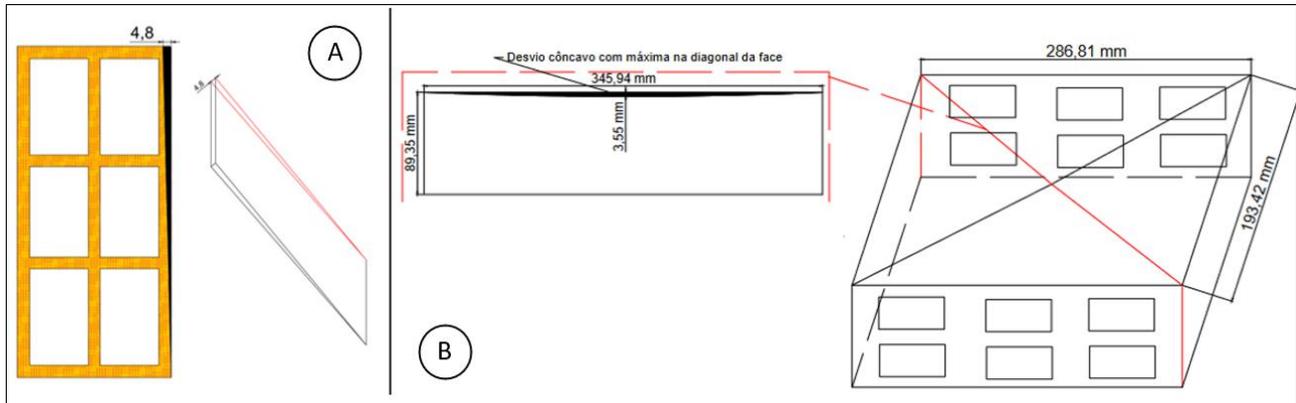
Para estimar a quantidade de volume adicional devido aos desvios em relação ao esquadro e ao desvio em relação à planeza das faces dos blocos, foi desenvolvido um bloco representativo para cada uma das seis marcas estudadas. Esse bloco foi definido a partir da média dos valores de desvio em relação ao esquadro e planeza das faces que estão fora do que é permitido pela NBR 15270 (2017), ou seja, aqueles que possuíam desvio acima de 3 mm. Esse bloco, denominado fora do padrão, foi comparado a um bloco padrão que atende as dimensões estabelecidas pela norma, sendo elas 9x19x29 cm, atribuindo um desvio em relação ao esquadro e variação na planeza das faces nulo.

Geometricamente, o desvio em relação ao esquadro pode ser retratado como um prisma triangular, como demonstra a Figura 3(a). A partir disso é possível calcular o volume adicional ocasionado pelo desvio em relação ao esquadro a partir das equações:

$$\text{Área da base} = \frac{\text{Base} \times \text{Altura}}{2} \quad (1)$$

$$\text{Volume do prisma} = \text{Área} \times \text{Comprimento} \quad (2)$$

Figura 3 - Representação dos volumes adicionais ocasionados pelo: **A)** Desvio em relação ao esquadro; **B)** Desvio da planeza das faces.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

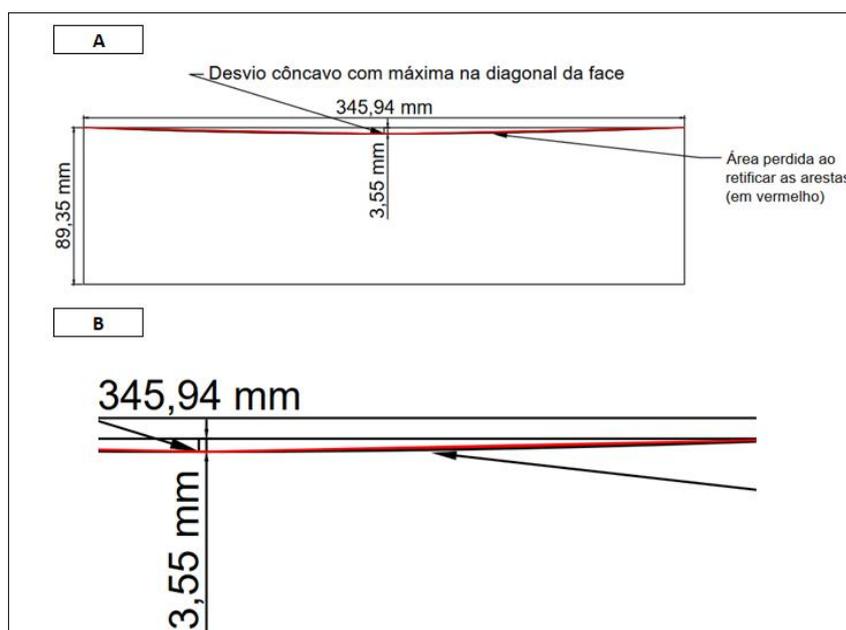
Na equação (1) temos a base como o valor do desvio e a altura como a altura do bloco. Já para equação (2), temos a área multiplicada pelo comprimento do bloco a fim de se determinar o volume.

Na Figura 3 também podemos ver a consideração feita para determinação do volume adicional avaliando a planeza das faces do bloco cerâmico

No ensaio de determinação da planeza das faces foram encontrados em algumas peças, desvios côncavos com flechas máximas no encontro das diagonais da face, representada por uma depressão no centro da peça. Ao analisar um dos desvios encontrados durante os ensaios realizados nas amostras das seis marcas avaliadas, ao relacionar ao comprimento e altura do bloco, é possível notar que consiste em um desvio pequeno, Figura 3 (b). Como o desvio possui uma proporção pouco expressiva em relação ao comprimento da diagonal da peça, o efeito da curvatura ocasionada pela concavidade é quase que retificada.

Na Figura 4, o volume perdido pela retificação das arestas está contido na área em vermelho. Com o apoio dessa imagem é possível validar a afirmação de que o erro de volume pela retificação das arestas é mínimo, visto que as dimensões estão em milímetros. Assim, a estimativa de volume adicional de revestimento ocasionado pelo desvio da planeza das faces, pode ser obtida considerando que esse defeito tem a forma de uma pirâmide.

Figura 4 - A) Representação da retificação das arestas; **B)** Imagem da retificação das arestas ampliada.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

A partir dessa observação foi possível calcular o volume adicional em relação à planeza das faces utilizando as equações abaixo:

$$\text{Área da base} = \text{Altura} \times \text{Comprimento} \quad (3)$$

$$\text{Volume da pirâmide} = (\text{Área} \times \text{Desvio de planeza}) / 3 \quad (4)$$

Sendo a altura, na equação (4), equivalente ao desvio da planeza das faces.

Após a definição desses volumes, o cálculo do volume total para cada marca foi dado seguindo as seguintes etapas:

- Definição da junta de assentamento de 0,01 m
- Definição da espessura do reboco de 0,02 m
- Volume de material de revestimento por bloco padrão = $(\text{Altura} + \text{Junta}) \times (\text{Comprimento} + \text{Junta}) \times \text{Espessura do reboco}$. (5)
- Volume de revestimento total do bloco fora do padrão = $(\text{Volume de revestimento por bloco padrão}) + (\text{Volume adicional relacionado ao desvio em relação ao esquadro}) + (\text{Volume adicional referente ao desvio côncavo nas faces})$ (6)

Os cálculos foram realizados para cada marca considerando a média de suas dimensões efetivas (largura, altura e comprimento), já para o bloco padrão ideal foram consideradas as dimensões de 9 cm x 19 cm x 29 cm com volumes adicionais nulos.

Como nem todas as peças analisadas para cada marca possuía o desvio de esquadro e planeza das faces fora do que é permitido por norma, foi realizado o cálculo de acréscimo de volume de revestimento considerando a porcentagem de peças não conformes em um metro quadrado (m^2). O cálculo do quantitativo de blocos por m^2 é apresentado na equação a seguir:

$$\text{Quantitativo de blocos por } \text{m}^2 = 1 / ((\text{Altura} + j_v) \times (\text{Comprimento} + j_h)) \quad (7)$$

Onde em (7), j_v é a junta de assentamento vertical e j_h a junta de assentamento horizontal.

olarias de pequeno e médio porte. Em razão disso, a identificação realizada de maneira correta também pode ser vista como um sinal de peça conforme, uma vez que, as olarias pequenas e familiares muitas vezes não possuem estrutura adequada e estão focadas apenas na produção, e não em padrões estabelecidos por normas. (Pilz, *et al.* 2015)

No ensaio de verificação visual, apresentado no Gráfico 2, é estipulada a dupla amostragem para minimizar o efeito de subjetividade pelo investigador. Na primeira amostragem todas as marcas foram rejeitadas e apenas as marcas B e D ficaram acima de 2 unidades não conformes, mas abaixo de 5 unidades, o que provocou a utilização da segunda amostragem. Por fim, apenas a marca D foi aceita no ensaio de características visuais, estando os resultados presentes no Gráfico 2.

É possível notar que 83% das marcas ficaram acima do ideal de 8 unidades não conformes para as duas amostragens. A marca B ficou próxima da quantidade ideal na primeira amostragem, porém com alto índice de rejeição na segunda amostragem. Essa observação pode servir de alerta a NBR 15270, sinalizando a adoção das duas amostragens em todos os casos.

A Figura 5 apresenta as imagens do ensaio de caracterização visual dos blocos, ensaio este que busca identificar anomalias nas peças estudadas. Essas irregularidades visuais podem reduzir a resistência da peça, além de gerar desperdício devido ao descarte dos blocos que possuem defeitos significativos, os resultados apontados no Gráfico 2 já geram um alerta em relação a qualidade dos blocos comercializados. Para Pilz *et al* (2015), o aparecimento dessas anomalias pode se dar em razão da falta de controle da manipulação dos blocos nas etapas de estocagem e transporte. Quando manuseadas sem o devido cuidado, as peças podem ser submetidas a quedas e choques acarretando trincas e quebras.

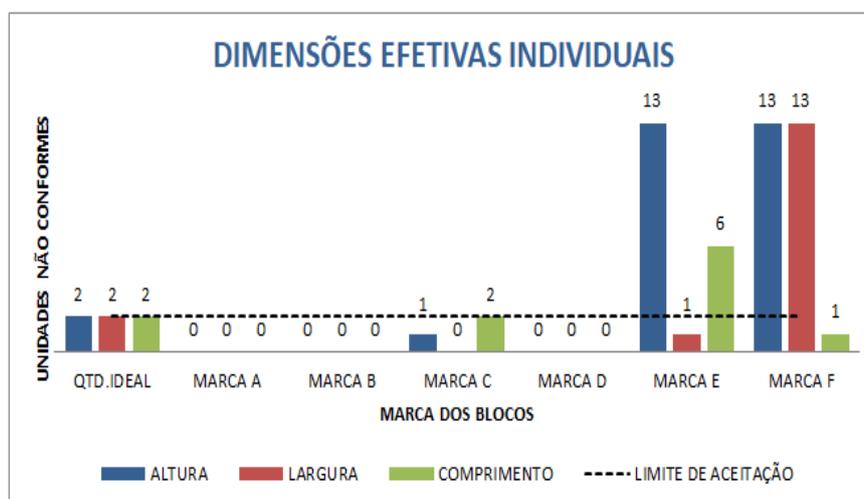
Figura 5 - Peças com defeitos.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Na Figura 5 podemos observar trincas, quebras, deformidades e diferença de coloração que também foi considerada no ensaio. As cores dos blocos devem estar padronizadas, o que indica um controle na etapa de queima. Assim como Vásquez (2005) expõe, essa etapa quando não controlada pode provocar uma contração excessiva da peça gerando as trincas.

Gráfico 3 - Resultados do ensaio de dimensões efetivas.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

No ensaio referente à verificação das dimensões efetivas, é preciso analisá-las em relação às dimensões individuais e em relação às suas médias. O Gráfico 3 apresenta o resultado referente às determinações das dimensões individuais: Para uma amostragem de 13 peças, a marca E ultrapassou a tolerância para altura e comprimento, já a marca F para altura e largura, ou seja, 33,33% de não conformidade para as marcas analisadas. As demais marcas ficaram dentro da tolerância aceitável de ± 5 mm.

Já para a análise em relação às médias individuais de cada dimensão, a norma adota uma tolerância de ± 3 mm e o lote deve ser rejeitado caso essa média ultrapasse a tolerância estabelecida. Os resultados obtidos com relação a esse critério são apresentados na Tabela 6.

Tabela 3 - Resultado das dimensões efetivas médias (mm).

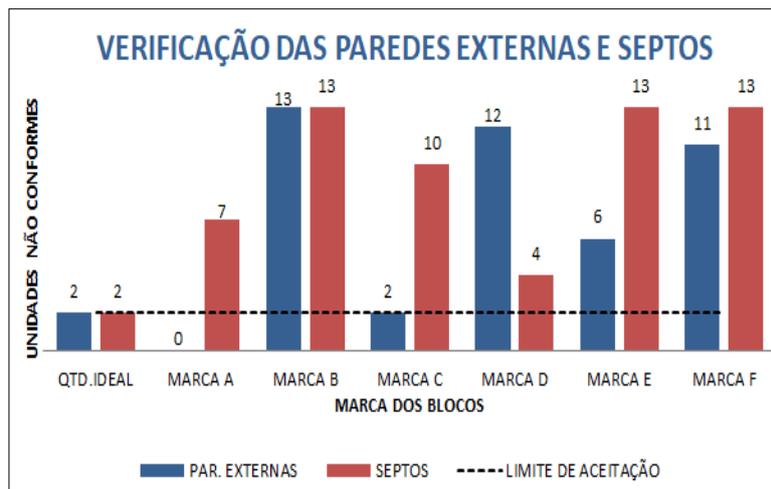
Dimensões efetivas – médias (mm)			
Blocos	Largura	Altura	Comprimento
Marca A	88,52	187,75	286,35
Marca B	88,06	187,27	288,36
Marca C	89,35	193,42	286,81
Marca D	89,87	192,00	290,67
Marca E	85,51	175,95	285,35
Marca F	82,65	180,57	289,38
Ideal	87-93	187-193	287-293

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Na Tabela 3 pode ver que ao analisarmos esse critério, as marcas A, C, E e F estão fora do definido, representando uma não conformidade total de 66,67%.

Conforme Rizzatti *et al* (2011) afirma, a padronização da geometria dos blocos é fundamental porque influencia na distribuição e magnitude das tensões, dependendo da quantidade, forma e posição dos furos, além de gerar concentração de tensões no bloco que reduzem o seu potencial resistente. Em razão disso a NBR 15270-1 (2017) estabelece para os blocos de vedação de 1,5 Mpa um mínimo de 7 mm apenas para as paredes externas, porém, ao indicar a tolerância de 0,5 mm inclui os septos.

Gráfico 4 - Unidades não conformes em relação às paredes externas e septos.



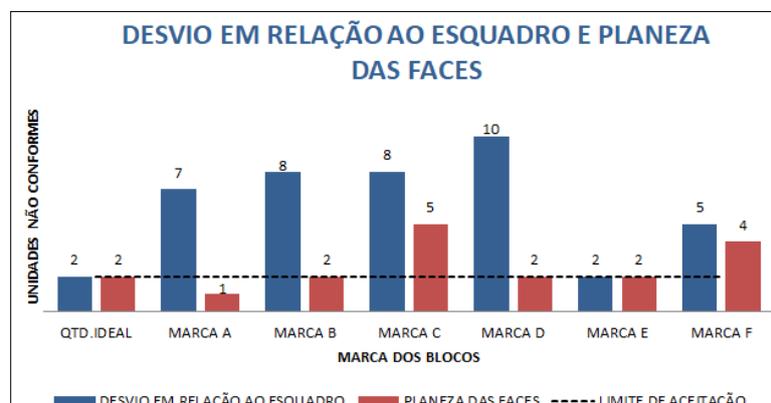
Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Em consequência da divergência nas informações e visto que a NBR 15270-1 (2017) apresenta um mínimo de 6 mm para os septos, este foi analisado considerando o mesmo valor das paredes externas, 7 mm. Os resultados das análises feitas, são apresentados no Gráfico 4.

Como pode ser visto no Gráfico 4, houve uma rejeição de 100% para a verificação dimensional dos septos e uma rejeição de 66,67% para a verificação em relação às paredes externas. Apenas as marcas A e C passaram no ensaio de paredes externas.

Para os ensaios de desvio em relação ao esquadro e planeza das faces, a norma define uma tolerância de 3 mm e tal análise pode ser vista no Gráfico 5. O desvio em relação ao esquadro e planeza de faces são verificados porque, quando não conformes, configuram as irregularidades que durante a execução do revestimento levarão a aumento de consumo dos produtos utilizados nesta etapa. Isso vai ocorrer devido a necessidade de se reparar as variações de espessura com a argamassa do reboco ou qualquer outro material de revestimento. (INMETRO, 2001)

Gráfico 5 - Verificação do desvio em relação ao esquadro e planeza das faces.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Os resultados expostos no Gráfico 5 indicam rejeição em ambos os ensaios para as marcas C e F. Já as marcas A, B, D foram rejeitadas apenas no quesito desvio em relação ao esquadro e a marca E foi a única que passou em ambas as verificações. O ensaio de verificação da planeza das faces ficou com uma rejeição de 33,3% .

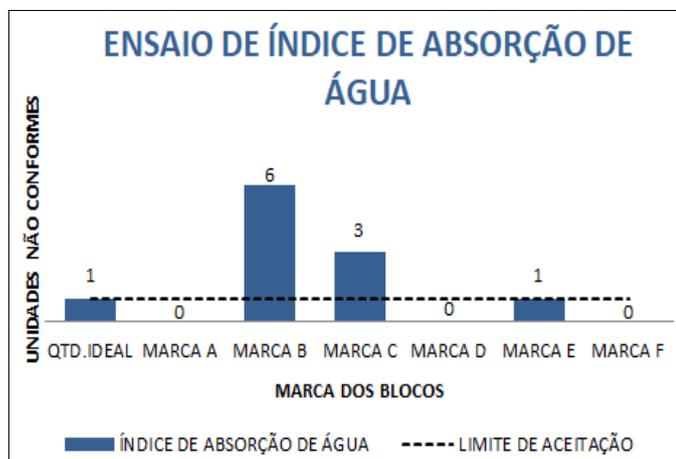
O empenamento foi uma deformação encontrada em quantidades significativas nos seis lotes estudados, podendo ser observado alguns exemplos na Figura 6. Esse defeito está relacionado ao desvio em relação ao esquadro e a grande quantidade encontrada se confirma nas altas porcentagens de blocos rejeitados neste ensaio. Visto que, para as marcas A, B, C e D o índice de não conformidade ficou acima dos 50% (54%, 62%, 62%, 77%) com valores de desvio em relação ao esquadro de até 9,26 mm.

Figura 6 - Blocos cerâmicos empenados.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Gráfico 6 - Ensaio de índice de absorção de água.

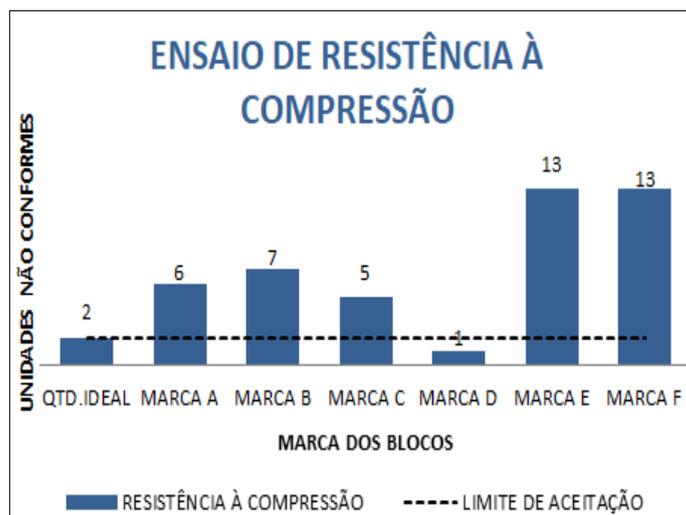


Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Para o ensaio de índice de absorção de água os resultados foram mais satisfatórios. Como apresentado no Gráfico 6, somente as marcas B e C ficaram fora da faixa de 8% a 25% estipulados na NBR 15270-1 (2017).

Valores que excedem a faixa estabelecida indicam que a água presente no bloco pode reduzir a plasticidade da junta de argamassa e aumentar o peso próprio do material em dias de umidade elevada. Essa falta de plasticidade provoca uma fissuração devido à falta de hidratação no cimento, além de gerar a presença de poros excessivos que ocasionam a diminuição da resistência. (Moreira, 2006)

Gráfico 7 - Ensaio de resistência à compressão.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

No Gráfico 7 são apresentados os valores de unidades não conformes para cada marca de bloco, com relação a resistência à compressão. Com um limite de aceitação de duas amostras por lote, a taxa de não conformidade para o ensaio de resistência à compressão foi de 83,3%, e como podemos também observar no Gráfico 7, cinco marcas obtiveram três peças ou mais com resistência característica mínima abaixo de 1,5 MPa. A utilização dos blocos cerâmicos de vedação tem por finalidade o suporte de seu peso próprio, sendo assim, o baixo desempenho mecânico pode gerar fissurações que propiciam a infiltração de água acelerando o processo de degradação.

3.1 Estimativa de Volume Adicional de Revestimento Devido a Variações Dimensionais não Permitidas nas Faces de Assentamento dos Blocos

Para se realizar a estimativa de volume adicional foi necessário criar um bloco representativo para cada uma das seis marcas a partir da média das dimensões de desvio em relação ao esquadro e planeza das faces que estavam fora do estabelecido pela norma, uma vez que a intenção é demonstrar o acréscimo advindo desses defeitos. Já as dimensões efetivas, paredes externas e septos foram calculados a partir da média geral do lote, resultados estes apresentados na Tabela 4 onde pode ser constatado que essas dimensões em grande parte, células preenchidas na cor vermelha, ficaram fora do que é estabelecido pela NBR 15270 (2017).

Tabela 4 - Média das dimensões dos blocos representativos e do bloco padrão.

Média das dimensões dos blocos representativos (Fora do padrão)							
Bloco	Largura (mm)	Altura (mm)	Comprimento (mm)	Parede externas (mm)	Septos (mm)	Desvio em relação ao esquadro (mm)	Planeza das faces (mm)
M.A	88,52	187,75	286,35	7,74	6,87	4,05	9,22
M.B	88,06	187,27	288,36	5,81	6,08	5,23	3,47
M.C	89,35	193,42	286,81	7,18	6,78	4,80	3,55
M.D	89,87	192,00	290,67	6,45	7,04	4,44	3,23
M.E	85,51	175,95	285,35	6,86	5,50	3,26	3,35
M.F	82,65	180,57	289,38	6,53	6,04	4,69	3,33
Padrão	90,00	190,00	290,00	7,00	7,00	0,00	0,00

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

A partir da determinação das dimensões dos blocos foi possível calcular a estimativa de volume adicional por peça considerando o desvio em relação ao esquadro e a planeza das faces das unidades não conformes. Para efeito de exemplificação, o desenvolvimento matemático para a marca A foi apresentado abaixo e os resultados para todas as marcas são apresentados na Tabela 5.

1. Volume adicional ocasionado pelo desvio em relação ao esquadro:

- Área da base (m²) = $\frac{(4,05/1000)+(187,75/1000)}{2} = 3,8 \times 10^{-4}$
- Volume do prisma (m³) = $3,8 \times 10^{-4} * (286,35/1000) = 1,09 \times 10^{-4}$

2. Volume adicional ocasionado pelo desvio encontrado na planeza das faces:

- Área da base (m²) = $(187,75/1000) * (286,35/1000) = 0,05376$
- Volume da pirâmide (m³) = $\frac{(9,22/1000)*0,05376}{3} = 2,02 \times 10^{-3}$

Tabela 5 - Volume adicional por bloco.

Determinação volume adicional por bloco (Fora do padrão)		
Bloco	Desvio em relação ao esquadro (m ³)	Planeza das faces (m ³)
M.A	1,09E-04	2,02E-03
M.B	1,41E-04	7,51E-04
M.C	1,33E-04	7,98E-04
M.D	1,24E-04	7,11E-04
M.E	8,18E-05	6,89E-04
M.F	1,23E-04	6,93E-04
Padrão	0	0

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Na Tabela 5 nota-se que existe uma variabilidade considerável entre as diferentes marcas de blocos cerâmicos, ao se observar a discrepância nos resultados apresentados.

Figura 7 - Volume de revestimento - bloco padrão.

Junta de assentamento (m)	0,01	
Reboco (m)	0,02	
Bloco	Vol. Revestimento / Bloco padrão (m³)	
M.A	0,001172	
M.B	0,001177	
M.C	0,001208	
M.D	0,001215	
M.E	0,001098	
M.F	0,001141	
Ideal	0,001200	

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

O volume de revestimento padrão dos blocos leva em consideração o volume de material de revestimento que será utilizado sem a necessidade de regularização da peça. Uma vez que as dimensões efetivas diferem para cada marca e são diferentes do ideal de 9 cm x 19 cm x 29 cm, os valores de volume de revestimento padrão também serão diferentes, podendo essa diferença ser observada na Figura 7.

É importante levar em conta que as amostras das seis marcas que ficaram abaixo da tolerância de 3 mm para os ensaios tratados aqui, não possuíam a média de desvio nulo, ou seja, não necessitariam apenas do volume de revestimento retratado na Figura 7 mesmo sendo considerados blocos conformes, segundo a norma. Para exemplificar a tabela 6 apresenta os resultados encontrados para os ensaios realizados na marca F.

Tabela 6 - Resultados dos ensaios de desvio em relação ao esquadro e planeza das faces da Marca F.

Bloco	Desvio	Planeza
1	2,90	2,45
2	2,77	2,24
3	6,56	2,47
4	0,00	3,68
5	4,80	2,50
6	1,72	2,74
7	3,11	3,16
8	2,38	2,92
9	2,43	2,83
10	5,71	2,48
11	2,36	3,02
12	3,26	3,45
13	2,44	1,83

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Observado a Tabela 6, entendemos que por mais que sejam variações abaixo do estipulado, essas também contam no acréscimo de volume, mesmo que em proporções menores. Para maior exatidão nos resultados foi realizado o acréscimo no

volume de revestimento de acordo com a média dessas variações permitidas por norma para as unidades conformes. Esses cálculos para cada uma das marcas estão apresentados na Tabela 7:

Tabela 7 - Média das dimensões e volume adicional para os blocos conformes, de acordo com sua marca.

Média das dimensões - blocos conformes			Volume adicional por bloco	
Blocos conformes	Desvio em relação ao esquadro (mm)	Planeza das faces (mm)	Desvio em relação ao esquadro (m ³)	Planeza das faces (m ³)
M.A	1,01	0,38	2,7E-05	6,8E-06
M.B	2,21	0,86	6,0E-05	1,5E-05
M.C	2,01	2,57	5,6E-05	4,8E-05
M.D	2,56	1,75	7,1E-05	3,3E-05
M.E	1,31	0,70	3,3E-05	1,2E-05
M.F	2,13	2,50	5,6E-05	4,4E-05

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Dado que as peças estudadas não apresentaram 100% de unidades não conformes com o estabelecido pela norma para esses ensaios, o cálculo do acréscimo de volume de revestimento em relação ao bloco padrão tem que considerar a porcentagem da quantidade dos blocos em que os volumes adicionais irão impactar. A porcentagem de unidades para cada caso será aplicada na quantidade de blocos que são necessários para a construção de 1 m², como as dimensões efetivas para cada marca variam, a quantidade de blocos por m² também varia, como pode ser visto na Tabela 8:

Tabela 8 - Porcentagem de unidades conformes e não conformes.

Marca	I	II	III	IV	Bloco/m ²
M.A	46,15%	7,69%	46,15%	0,00%	17
M.B	38,46%	15,38%	46,15%	0,00%	17
M.C	23,08%	23,08%	38,46%	15,38%	17
M.D	23,08%	15,38%	61,54%	0,00%	16
M.E	76,92%	0,00%	15,38%	7,69%	18
M.F	46,15%	15,38%	23,08%	15,38%	18
Ideal	100%	0,00%	0,00%	0,00%	17

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Onde, na Tabela 8 cada algarismo corresponde aos seguintes casos:

- I. Porcentagem de unidades conformes na amostra;
- II. Porcentagem de unidades não conformes para ambos os ensaios na amostra;
- III. Porcentagem de unidades não conformes apenas no ensaio de desvio em relação ao esquadro;
- IV. Unidades não conformes apenas no ensaio de planeza das faces.

Como exemplo, para a marca A, dos 17 blocos necessários para se estabelecer 1 m², 46,15% são de unidades conformes, 7,69% são unidades não conformes por ambos os ensaios e 46,15% das unidades são apenas não conformes para o desvio em relação ao esquadro. Ao definir o número de blocos por m² de cada lote é possível realizar o cálculo do acréscimo de volume de acordo com as unidades conformes e não conformes para cada situação. O volume será calculado da seguinte forma:

1. Cálculo da quantidade de blocos para cada caso retratado na Tabela 8 de acordo com a quantidade de blocos por m² encontrado para cada marca;
2. Volume para unidades conformes = Unidades conformes * (Volume de revestimento padrão + Volume adicional para blocos conformes);
3. Volume para unidades não conformes em ambos os ensaios = Unidades não conformes por ambos os ensaios * (Volume de revestimento padrão + Volume adicional em relação ao desvio em relação ao esquadro de unidades não conformes + Volume adicional em relação à planeza das faces de unidades não conformes);
4. Volume para unidades não conformes apenas para desvio em relação ao esquadro = Unidades não conformes apenas para desvio em relação ao esquadro * (Volume de revestimento padrão + Volume adicional em relação ao desvio em relação ao esquadro de unidades não conformes + Volume de revestimento adicional para a planeza das faces de unidades conformes);
5. Volume para unidades não conformes apenas para planeza das faces = Unidades não conformes apenas para planeza das faces * (Volume de revestimento padrão + Volume adicional em relação à planeza das faces de unidades não conformes + Volume adicional de desvio em relação ao esquadro de unidades conformes).
6. O volume total é a soma do dos volumes calculados para cada situação.

Todos os blocos possuem o volume de revestimento padrão e os blocos que não são conformes em apenas um quesito possui o adicional do outro quesito em relação as unidades conformes. Visto que, como já analisado, as médias referentes aos ensaios de desvio em relação ao esquadro e planeza das faces não foram nulas para as unidades conformes, o que aconteceria em um bloco ideal, conforme a Tabela 9 apresenta.

Tabela 9 - % de Volume adicional de material de revestimento para cada marca.

Marca	I	II	III	IV	V	Acréscimo em relação ao bloco ideal (%)
M.A	0,00950	0,0043251	0,01014	0,00000	0,02396	17,47
M.B	0,00818	0,0054079	0,01046	0,00000	0,02405	17,89
M.C	0,00501	0,0081755	0,00884	0,00525	0,02728	33,73
M.D	0,00501	0,0051907	0,01389	0,00000	0,0241	18,11
M.E	0,01601	0,0000000	0,00334	0,00255	0,0219	7,33
M.F	0,01003	0,0052735	0,00529	0,00509	0,02569	25,92
Ideal	0,02040	0,0000000	0,00000	0,00000	0,02040	

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Na Tabela 9 cada algarismo corresponde aos seguintes volumes:

- I. Volume de revestimento para blocos conformes (m³);
- II. Volume de revestimento para blocos não conformes em ambos os ensaios (m³);
- III. Volume de revestimento para blocos não conformes apenas no ensaio de desvio em relação ao esquadro (m³);
- IV. Volume de revestimento para blocos não conformes apenas no ensaio de planeza das faces (m³);
- V. Volume total por m² (m³).

A partir da determinação da estimativa dos volumes adicionais referentes às variações encontradas nos ensaios de desvio em relação ao esquadro e planeza das faces nos blocos das seis marcas avaliadas, foi possível calcular o acréscimo total de volume de revestimento em relação ao bloco ideal, com valores apresentados na tabela acima. Os resultados descritos acima

representam apenas uma estimativa, os blocos não possuem variações de esquadro e planeza de forma uniforme, o que pode representar um impacto ainda mais significativo.

Ao avaliar o apresentado pela tabela acima, uma construção de grande porte que utilizar os blocos da Marca C, terá um aumento significativo no orçamento final. A preocupação aumenta ao considerarmos que os PSQ de materiais de construção civil brasileiro possuem resultados insatisfatórios, o somatório desse prejuízo financeiro pode ser impactante.

4. Conclusão

Corroborando com a hipótese levantada e com os dados do PSQ referente aos blocos cerâmicos que apresentam um índice de conformidade de apenas 44,3%, os resultados levantados ao final dessa pesquisa demonstram a precariedade no controle de qualidade dos blocos fabricados. Visto que os índices de conformidade para cada ensaio realizado foram:

- Ensaio de identificação: 16,67%
- Ensaio de características visuais: 33,33%
- Ensaio de dimensões efetivas: 50%
- Ensaio de verificação das paredes externas: 33,33%
- Ensaio de verificação dos septos: 0%
- Ensaio de desvio em relação ao esquadro: 16,67%
- Ensaio de planeza das faces: 66,67%
- Ensaio de índice de absorção de água: 66,67%
- Ensaio de resistência à compressão: 16,67%

A falta de preocupação com a normatização no processo de fabricação dos blocos cerâmicos já é percebida a partir do ensaio de características visuais. O número significativo de peças com defeitos como trincas e quebras aponta para os resultados dos ensaios de resistência mecânica e a não conformidade das peças em relação a essa característica, visto que essas deformações podem estar ligadas a fragilidade do bloco. Ademais, além de ocasionar problemas estruturais quando empregados na construção, há também um desperdício de material quando as peças são descartadas.

Já o ensaio de identificação pode ser considerado um parâmetro de indicação de peças que tendem a estarem conformes com a norma, visto que, é um requisito que não influencia na utilização do bloco. Fábricas e olarias que praticam a não conformidade intencional já produzem peças sem se atentarem a padrões físicos e mecânicos pré-estabelecidos, a identificação por ser informativa se torna algo sem relevância.

Os resultados encontrados a partir dos ensaios de desvio em relação ao esquadro e planeza das faces refletem no consumo inesperado de materiais de regularização de superfície. A taxa de acréscimo de volume encontrado para cada marca teve por média 20%, podendo chegar a 33% de acréscimo, valores que impactam significativamente o orçamento e planejamento de uma obra.

Os blocos cerâmicos são peças amplamente utilizadas na construção civil no Brasil e seu processo de fabricação é enxergado de maneira simples, basicamente a conformação da massa e a queima. Essa visão pode ser má interpretada ao associar a simplicidade da fabricação com a não necessidade de um controle rígido desse processo.

Assim como o apresentado no tópico de pesquisas de caracterização realizadas em outras regiões, o estudo realizado com as marcas comercializadas em Itabira/MG atingiu 100% de rejeição das marcas em pelo menos dois dos ensaios realizados, e poderá ser utilizado como objeto de alerta para consumidores e fabricantes da região. O controle desde a

composição da matéria-prima ao manuseio e transporte das peças irá beneficiar o cliente final pela diminuição do desperdício e custos na obra, e principalmente na qualidade final obtida.

O alinhamento com os programas governamentais como o PBPQ-H e consequentemente com as normas estabelecidas pela ABNT permitirá um aumento na taxa de competitividade das empresas do setor. Ao estabelecer o controle de produção será possível mitigar os problemas supracitados aumentando a taxa de satisfação do cliente final.

Como sugestão para trabalhos futuros, a determinação dos volumes adicionais de argamassa poderia ser realizada em verdadeira escala, utilizando pequenas paredes executadas com blocos cerâmicos de marcas diferentes. Analisando a variação de peso das alvenarias revestidas e fazendo a determinação da densidade da argamassa aplicada, seria possível calcular a variação deste volume em relação ao bloco considerado padrão.

Referências

- Almeida, M. O., Sousa, J. G. & Oliveira, J. (2010). Análise da conformidade de blocos cerâmicos para alvenaria de vedação, comercializados nas cidades de Juazeiro – BA e Petrolina – PE. In: Congresso Brasileiro do Concreto, 52., 2010, Fortaleza, CE. Anais [...]. Fortaleza: Ibracon
- Alves, j. P. C. et al (2019). Análise da qualidade dos blocos cerâmicos de vedação produzidos no município de Porto Nacional (TO). Engineering Sciences, 7(1), 22-29. <https://sustenera.co/index.php/engineeringsciences/article/view/CBPC2318-3055.2019.001.0003>
- ANICER. Relatório Anual: 2015. Brasil, p. 7, 2015. https://www.anicer.com.br/wp-content/uploads/2016/11/relatorio_2015.pdf
- Associação Brasileira De Normas Técnicas (2017). NBR 15270-1/2017: Componentes cerâmicos – Blocos e tijolos para alvenaria: Parte 1: Requisitos.
- Associação Brasileira De Normas Técnicas (2017). NBR 15270-2/2017: Componentes cerâmicos – Blocos e tijolos para alvenaria: Parte 2: Métodos de ensaios.
- Brasil (2019). Ministério de Minas e Energia. Anuário Estatístico do Setor de Transformação de Não Metálicos - 2019. encurtador.com.br/BCELX
- Brasil (2021). Ministério do Desenvolvimento Regional. Programas Setoriais da Qualidade – PSQs. <https://pbqph.mdr.gov.br/sistemas/simac/programas-setoriais-da-qualidade-psq/>
- Brasil (2021). Ministério do Desenvolvimento Regional. Relatório Setorial PSQ-BC. In: Programas Setoriais de Qualidade – Blocos Cerâmicos. <https://pbqph.mdr.gov.br/sistemas/simac/programas-setoriais-da-qualidade-psq/>
- Cabral Junior, M. et al (2012). A Indústria de Cerâmica Vermelha e o Suprimento Mineral no Brasil: Desafios para o Aprimoramento da Competitividade. Cerâmica Industrial, São Paulo, 17(1), 36-42, jan/fev. <https://www.ceramicaindustrial.org.br/journal/ci/article/5876574a7f8c9d6e028b47bc>.
- Fernandes, A. V. B., Almeida, E. S. F & Andrade Filho, G. S (2016). Bloco Cerâmico x Bloco de Concreto. Ciências exatas e tecnológicas, Aracaju, 3(2), 37-66. <https://periodicos.set.edu.br/index.php/cademoexatas/article/view/2623>
- INMETRO (2001). Bloco Cerâmico (Tijolo). <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/tijolo.asp>
- Ino, A; et al (2010). Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais. 2. ed. São Paulo: Geraldo C. Isaia (ed.)
- Moreira, E.B. (2006). Influência do índice de absorção de água de blocos cerâmicos e da temperatura de cura no desempenho mecânico das Argamassas de revestimento em substrato cerâmico. <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/148016>
- Moreno, M. M. T. (2012). Argilas: Composição Mineralógica, Distribuição Granulométrica e Consistência de Pastas. https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/106730/moreno_mmt_ld_rcla.pdf?sequence=1
- Pereira, A. S. et al (2018). Metodologia da pesquisa científica. UFSM.
- Pilz, S.E. et al (2015). Verificação da qualidade dos blocos cerâmicos conforme NBR 15270 comercializados em Santa Catarina. Revista de Engenharia Civil IMED, 2(2), 19-26. <https://seer.imed.edu.br/index.php/revistaec/article/view/910>
- Rizzatti, E. et al (2011). Tipologia de blocos cerâmicos estruturais: influência da geometria dos blocos no comportamento mecânico da alvenaria. Revista Matéria, 16(2), 730-746. https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-70762011000200008
- Savazzini-Reis, A. & Silva, M.S. (2017). Análise do Desempenho de Blocos Cerâmicos Produzidos na Região de Colatina-ES. Cerâmica Industrial, São Paulo, 22(3), 39-46, maio/jun. <https://www.ceramicaindustrial.org.br/article/doi/10.4322/cerind.2017.018>
- Silva, M. M. P. (2007). Avaliação de perdas de blocos cerâmicos em Pernambuco: Da indústria ao canteiro de obras. http://tede2.unicap.br:8080/bitstream/tede/37/1/dissertacao_monica_maria_pereira.pdf
- Souza, G. L., Morais, L. B. & Fernandes, F. A. S. (2017). Caracterização e avaliação da qualidade dos blocos cerâmicos furados para alvenaria de vedação fornecidos em Palmas - TO. Revista Integralização Universitária, Palmas, 11(17), 144-162, <http://ge.catolica-to.edu.br/portal/portal/downloads/riu/RIU17.pdf>
- Spoto, R. M., Morais, D. M. & Pereira, C. H. F. (2007). A Qualidade do Processo de Produção de Blocos Cerâmicos Fornecidos para o Distrito Federal. Cerâmica Industrial, 12(3), 42-46, <https://www.ceramicaindustrial.org.br/article/5876572f7f8c9d6e028b4716/pdf/ci-12-3-5876572f7f8c9d6e028b4716.pdf>

Stragliotto, A. J., Sagrilo, B. S. & Fernandes, F. A.S. (2016). Avaliação dos requisitos dimensionais, físicos e mecânicos exigíveis no recebimento de blocos cerâmicos de vedação a serem utilizados em obras de alvenaria na cidade de palmas de acordo com a NBR 15270-1. In: Congresso Brasileiro de Cerâmica, 60., 2016, Águas de Lindóia, SP. Anais. <http://metallum.com.br/60cbc/anais/PDF/03-007TT.pdf>

Tubino, L.C. B. & Borba, P. (2006). Dossiê Técnico: Etapas do processo cerâmico e sua influência no produto final - massa, extrusão, secagem e queima. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas - SBRT, Rio Grande do Sul, p. 18. <http://sbrt.ibict.br/dossie-tecnico/downloadsDT/NDI=>

Vásquez, G.A.G. (2005). Avaliação da conformidade dos blocos cerâmicos produzidos em algumas cerâmicas no Rio Grande do Norte. [https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/19830/1/GilbertoAntonioGorrichateguiVasquez_DISSERT.pdf](https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/19830/1/GilbertoAntonioGorrichateguiVasquez DISSERT.pdf)

Wieck, R. & Fh, J.D. (2013). Extrusão em Cerâmica Vermelha: Princípios Básicos, Problemas e Soluções. Cerâmica Industrial, 18(3), 36-42, maio/jun. <https://www.ceramicaindustrial.org.br/article/587657517f8c9d6e028b47e3/pdf/ci-18-3-587657517f8c9d6e028b47e3.pdf>

Zaccaron, A. (2018). Estudo do processo de secagem rápida em argilas utilizadas para fabricação de cerâmica vermelha. <http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/7259/2/Alexandre%20Zaccaron.pdf>