

RICARDO LIMA MEDEIROS

**CONFORMIDADE DO BLOCO CERÂMICO E A
QUALIDADE DA ALVENARIA ESTRUTURAL**

BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

DOCTUM – MINAS GERAIS
2015

RICARDO LIMA MEDEIROS

CONFORMIDADE DO BLOCO CERÂMICO E A QUALIDADE DA ALVENARIA ESTRUTURAL

Monografia apresentado à banca examinadora da Faculdade de Engenharia Civil do Instituto Doctum de Educação e Tecnologia, como requisito parcial de obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

Prof.^a Orientadora: Esp. Camila Alves da Silva

DOCTUM – CARATINGA
2015

RICARDO LIMA MEDEIROS

**CONFORMIDADE DO BLOCO CERÂMICO E A QUALIDADE DA
ALVENARIA ESTRUTURAL**

Monografia submetida à comissão examinadora designada pelo Curso de Graduação em Engenharia Civil como requisito para obtenção do grau de bacharel.

Prof.^a Esp. Camila Alves da Silva (Orientadora)

Instituto Doctum de Educação e Tecnologia

Prof. Sergio Alves dos Reis

Instituto Doctum de Educação e Tecnologia

Prof. Leonardo Sathler

Instituto Doctum de Educação e Tecnologia

DEDICO

A Deus,

pela plenitude da vida.

Aos meus Pais Roberto e Elizete

pelo contínuo apoio, compreensão e paciência.

À minha irmã Roberta

Pelo apoio, fé, companheirismo e carinho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pois nunca me abandonou, sempre que passei por momentos difíceis, e lá estava me esperando para me socorrer.

Aos meus pais Roberto e Elizete, pois sempre estiveram presentes na minha vida, nos melhores e nos piores momentos me apoiando e fazendo todos os esforços possíveis para me manter estudando.

À minha irmã Roberta, por me ajudar nas horas necessárias.

À minha família, sempre presente.

À minha orientadora professora especialista Camila Alves da Silva, pelo apoio dado ao meu processo de aprendizado, paciência nesse tempo de elaboração do presente trabalho e e-mails respondidos nos domingos de descanso.

Os que se encantam com a prática sem a ciência são como
os timoneiros que entram no navio sem timão nem
bússola, nunca tendo a certeza do seu destino

Leonardo da Vinci

RESUMO

Esse trabalho tem como objetivo apresentar minuciosamente as propriedades e o controle de qualidade dos materiais utilizados para a execução de empreendimentos com uso do processo construtivo em alvenaria estrutural com blocos cerâmicos. Embora a alvenaria estrutural seja um processo relativamente novo no Brasil e cada vez mais reconhecido por profissionais, ainda existe uma certa resistência em utilizar este método pois a bibliografia sobre tema é escassa. Foi feito em laboratório, ensaios que possibilitará uma análise sobre a qualidade e as características dos blocos. A partir destes estudos foi feita uma discussão, e que se conclui que os blocos estudados apresentaram conformidade de qualidade previsto na NBR 15270-3:2005. Partindo da hipótese que a qualidade dos materiais e da mão de obra implicam diretamente na qualidade da execução, levando sempre em consideração a racionalização da obra, ou seja, segurança, custo competitivo, diminuição de resíduos sólidos e entre outros aspectos. Foi apresentado também vantagens que a alvenaria estrutural oferece, assim como as desvantagens e limitações que este processo impõe.

Palavras-chave: Processo Construtivo. Propriedades das Unidades. Controle de Qualidade.

ABSTRACT

This study aims to thoroughly present the properties and quality control of materials used for the execution of projects with use of the construction process in masonry with ceramic blocks. Although the masonry is a relatively new process in Brazil and increasingly recognized by professionals, there is some resistance to using this method since the literature on subject is scarce. It was done in the laboratory tests that will enable an analysis of the quality and characteristics of the blocks. From these studies, it was made an argument, and it is concluded that the studied blocks showed compliance provided quality NBR 15270-3: 2005. Assuming that the quality of materials and manpower directly affect the quality of implementation, taking into account the rationalization of the work, ie, security, competitive cost, reduce solid waste and among others. It was also shown that the advantages masonry features, as well as the disadvantages and limitations this process requires

Keywords: Construction Process. Units properties. Quality control.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - Pirâmide do Egito (4000 a.C.).....	13
FIGURA 2 - Coliseo (80 d. C.).....	14
FIGURA 3 - Catedral de Reims (1300 d. C.).....	14
FIGURA 4 - Vergas e Contraverga.....	23
FIGURA 5 - Cinta de amarração.....	24
FIGURA 6 - Áreas bruta e líquida do bloco cerâmico.....	26
FIGURA 7 - Área efetiva do bloco cerâmico.....	27
FIGURA 8 - Bloco cerâmico estrutural de paredes vazadas.....	30
FIGURA 9 - Bloco cerâmico estrutural com paredes maciças.....	30
FIGURA 10 - Bloco cerâmico estrutural com paredes maciças.....	31
FIGURA 11 - Bloco cerâmico estrutural perfurado.....	31
FIGURA 12 - Blocos Complementares.....	32
FIGURA 13 - Blocos Complementares.....	33
FIGURA 14 - Dimensões do bloco cerâmico estrutural.....	34
FIGURA 15 - Desvio em relação ao esquadro - Representação esquemática com bloco estrutural.....	35
FIGURA 16 - Planeza das faces - Representação esquemática do desvio côncavo em bloco cerâmico estrutural.....	36
FIGURA 17 - Planeza das faces - Representação esquemática do desvio convexo em bloco cerâmico estrutural.....	36

FIGURA 18 - Mesa de consistência - Flow Table.....	39
FIGURA 19 - Ensaio de tração na flexão - mede indiretamente a aderência.....	40
FIGURA 20 - Rompimento lateral do bloco e expulsão da argamassa.....	41
FIGURA 21 - Argamassa espalhada na lateral do bloco cerâmico.....	44
FIGURA 22 - Argamassa espalhada em toda face de assentamento do bloco.....	45
FIGURA 23 - Obtenção do comprimento (C) do bloco cerâmico em laboratório.....	49
FIGURA 24 - Obtenção da altura (H) do bloco cerâmico em laboratório.....	50
FIGURA 25 - Obtenção da largura (L) do bloco cerâmico em laboratório.....	50
FIGURA 26 - Espessuras mínimas dos septos e das paredes dos blocos cerâmicos estruturais de parede vazadas.....	51
FIGURA 27 - Determinação da parede exterior do bloco cerâmico.....	51
FIGURA 28 - Determinação do septo interior do bloco cerâmico.....	51
FIGURA 29 - Verificação da planeza das faces dos blocos cerâmicos.....	52
FIGURA 30 - Verificação dos desvios em relação ao esquadro.....	52
FIGURA 31 - Bloco cerâmico emergido em água com temperatura ambiente por 24 horas.....	53
FIGURA 32 - Secagem em estufa do bloco cerâmico estrutural.....	54
FIGURA 33 - Controle de temperatura para secagem do bloco cerâmico estrutural...	55
FIGURA 34 - Determinação da massa úmida do bloco cerâmico estrutural.....	55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos estruturais.....	35
Quadro 2 - Determinação das características geométricas - Sumário dos métodos de ensaio.....	46
Quadro 3 - Determinação das características físicas - Sumário dos métodos de ensaio	47
Quadro 4 - Determinação das características mecânicas - Sumário dos métodos de ensaio.....	47
Quadro 5 - Tolerâncias dimensionais individuais dos blocos	49
Quadro 6 - Tolerâncias dimensionais em média dos blocos	49
Quadro 7 - Características individuais e médias das dimensões efetivas dos blocos cerâmicos estruturais	58
Quadro 8 - Espessuras e desvios dos blocos cerâmicos estruturais	58
Quadro 9 - Valores das massas das amostras e resultados da área líquida e índice de absorção de água inicial.....	59

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	13
1.2. OBJETIVOS.....	16
1.3. JUSTIFICATIVA.....	17
1.4. METODOLOGIA.....	17
1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	18
2. ALVENARIA ESTRUTURAL.....	19
2.1. CONCEITOS E DEFINIÇÕES.....	19
2.1.1. Alvenaria estrutural.....	19
2.1.2. Componentes.....	20
2.1.3. Elementos.....	21
2.1.4. Área.....	25
2.1.5. Prisma.....	27
2.1.6. Amarração no plano da parede.....	27
2.1.7. Amarração entre paredes.....	28
2.2. MATERIAIS E COMPONENTES.....	28
2.2.1. Blocos.....	29
2.2.2. Argamassa.....	37
2.2.3. Graute.....	42
2.2.4. Alvenaria.....	42
2.3. ENSAIOS PARA CONTROLE DE QUALIDADE.....	46
3. EXPERIMENTAL.....	48
3.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	48
3.2. ENSAIOS REALIZADOS.....	48
3.2.1. Características dimensionais dos blocos cerâmicos estruturais....	48
3.2.2. Determinação da área líquida e área bruta dos blocos cerâmicos estruturais.....	53
3.2.3. Absorção de água dos blocos cerâmicos estruturais.....	54

4. CONFORMIDADE DOS BLOCOS E A QUALIDADE DA ALVENARIA	
ESTRUTURAL.....	57
4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	57
4.2. CONFORMIDADE DOS BLOCOS CERÂMICOS	
ESTRUTURAIS.....	57
4.3. CORRELAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS E A QUALIDADE DA	
ALVENARIA ESTRUTURAL.....	59
5. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62
5.1. CONCLUSÃO.....	62
5.2. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
APÊNDICE A	67

1

INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A alvenaria é um sistema construtivo muito antigo, utilizado desde o início das atividades humanas ao executar técnicas construtivas. Naquela época, geralmente, utilizavam diversos materiais como a argila e as pedras.

Obras executadas desafiaram o tempo, atravessando séculos e chegando até os dias de hoje como verdadeiros monumentos de grande importância histórica, evidenciando o potencial das estruturas em alvenaria.

O farol de Alexandria (280 a.C.), as pirâmides de pedra do Egito datadas de 4000 a.C (Figura 1), o Coliseu de Roma (80 d.C.) visto na Figura 2 e a Catedral de Remis, de 1300 d.C. (Figura 3), são algumas construções em alvenaria que se destacam por sua magnitude e durabilidade.

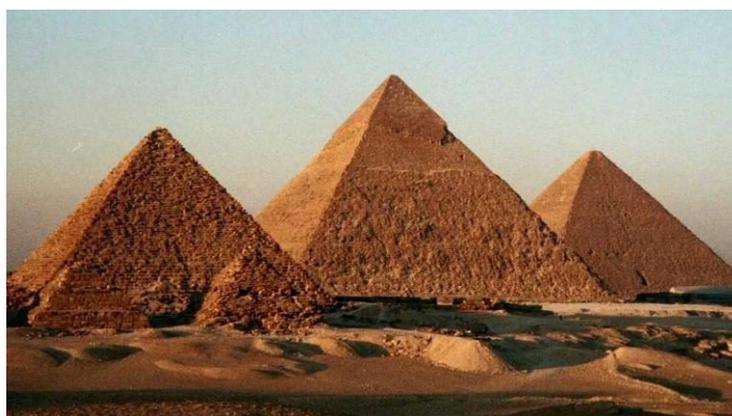


Figura 1 – Pirâmides do Egito (4000 a. C.).

Fonte: (<http://www.infoescola.com/civilizacao-egipcia/enigmas-da-grande-piramide-de-gize>)



Figura 2 – Coliseu de Roma (80 d. C.).

Fonte: (<http://buzzerg.com/371061-coliseo-roma-italia-id-190392.htm>)

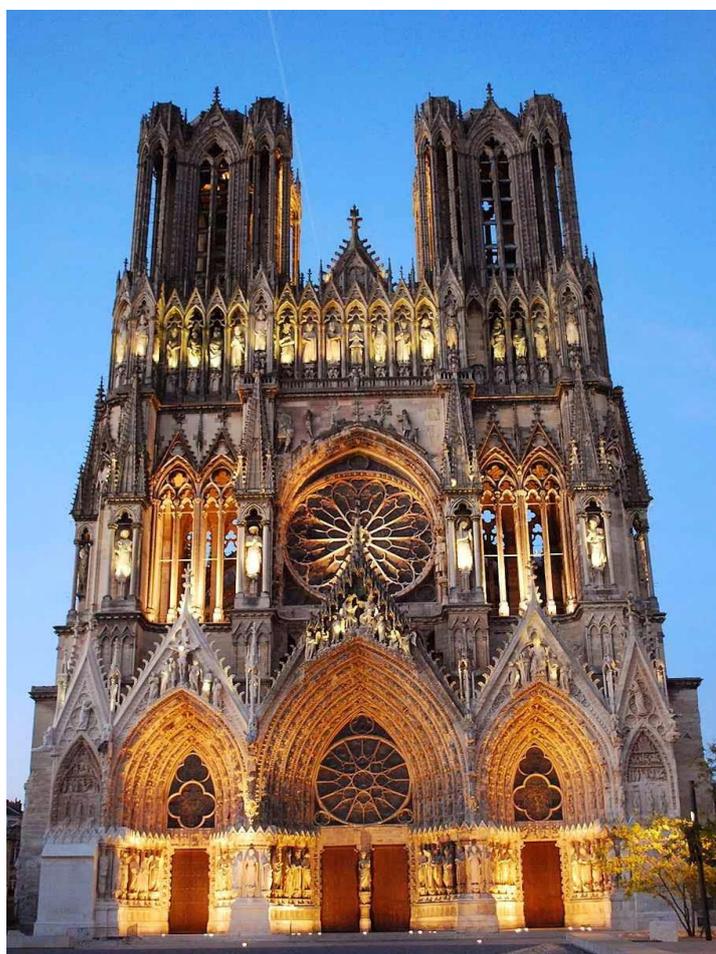


Figura 3 – Catedral de Reims (1300 d. C.)

Fonte: (<http://catedraismedievais.blogspot.com.br/2015/01/catedral-de-reims-fatos-simbolicos.html>)

No século passado, a alvenaria perdeu espaço na construção civil para o aço e o concreto, que possibilitaram a execução de grandes vãos e uma arquitetura mais esbelta. Contudo, houve uma escassez destes materiais devido ao grande crescimento da demanda, o que por sua vez incentivou a busca por novos métodos construtivos e reiniciou-se os estudos sobre alvenaria.

No Brasil, a alvenaria vem se destacando como forma de empreendimento estrutural, pois apresenta racionalização em relação a outros métodos construtivos. Houve um crescimento significativo depois de a consolidação de técnicas construtivas voltadas para execução de empreendimentos em alvenaria estrutural.

Segundo Parsekian e Soares¹, a alvenaria estrutural, é reconhecida como durável, esteticamente agradável e por ter ótimo desempenho acústico e térmico. Ainda os autores supracitados salientam que quando bem executada oferece inúmeras vantagens como ganho em rapidez na execução, diminuição de desperdícios e custos competitivos.

Na década de 60, a alvenaria estrutural ganhou forças no Brasil com a formação da comissão para a criação de uma norma brasileira para projetos em alvenaria estrutural. No final da década de 70 o Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo – IPT, e a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – USP, desenvolveram pesquisas aprofundadas sobre alvenaria estrutural com blocos cerâmicos, é o que afirma Cavalheiro².

Pinheiro³ afirma que com estes estudos, no final da década de 80, o sistema construtivo em alvenaria estrutural com blocos cerâmicos ganhou força na área da construção civil, permitindo a criação de materiais e equipamentos nacionais para a produção de alvenaria.

Segundo Ramalho e Corrêa⁴, a partir da década de 90, pode-se considerar que a alvenaria estrutural (dimensionada e detalhada a partir de conceitos técnicos) substitui

¹ PARSEKIAN, G.A.; SOARES, M.M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.

² CAVALEIRO, O;P. **Alvenaria estrutural: Tão antiga e tão atual**. In: XXX Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estrutural, 2002, Brasília-DF. Anais. Brasília-DF: Universidade de Brasília, 2002.

³ PINHEIRO, D.G; **Estudo do comportamento mecânico de blocos cerâmicos com diferentes larguras**. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Santa Maria, 2009.

⁴ RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M.R.S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003.

no Brasil a estrutura em alvenaria (onde as paredes servem de apoio estrutura, mas são construídas de forma empírica, apesar de existir relativo sucesso há mais de 10.000 anos).

O uso da alvenaria estrutural com blocos cerâmicos é muito comum em empreendimentos habitacionais em larga escala, onde há a necessidade de racionalização, controle, planejamento, rapidez e custos competitivos.

Neste trabalho é feita uma caracterização geral do sistema estrutural e construtivo em alvenaria estrutural. As características geométricas dos blocos cerâmicos estruturais e o índice de absorção de água serão o foco deste estudo, por estarem diretamente ligados ao controle de qualidade do material (bloco) da construção em alvenaria estrutural.

1.2 OBJETIVOS

Os objetivos a serem alcançados neste trabalho são os seguintes:

- Formação de base teórica sobre os principais conceitos que envolvem a alvenaria estrutural;
- Sistematização do conhecimento a respeito das características dos materiais utilizados na alvenaria estrutural;
- Identificação das características geométricas desejáveis dos blocos cerâmicos estruturais;
- Estudo dos blocos cerâmicos: ensaio conforme as normas técnicas correspondentes e discussão dos resultados obtidos;
- Levantamento dos principais aspectos a serem levados em conta na hora de executar um projeto em alvenaria estrutural em blocos cerâmicos.

1.3 JUSTIFICATIVA

Quando se fala em alvenaria estrutural em blocos cerâmicos traz à tona um tema relativamente inovador na construção civil brasileira, em vários aspectos, tanto construtivo, quanto teórico.

Do lado construtivo, apresenta um desafio a engenheiros civis em busca de otimizar este método, expandir pesquisa e estudo partindo do pressuposto que diante da teoria, ficará mais fácil entender a prática. De um certo modo, não é um pensamento incorreto, porém, deve-se salientar que principalmente na área de construção civil a teoria as vezes se perde pelo fato de haver muitas variáveis nos processos construtivos.

Tendo em vista estas variáveis, o presente estudo se justifica por contribuir com a formação de base teórica sobre os principais conceitos que envolvem a alvenaria estrutural e com a sistematização do conhecimento a respeito das características dos materiais utilizados na alvenaria estrutural levando-se em consideração as intervenientes oriundas do processo de execução.

Pretende-se após estes estudos, oferecer a sociedade e a comunidade acadêmica um respaldo mais abrangente sobre alvenaria estrutural em blocos cerâmicos afim de torna-lo mais usual no Brasil, levando em consideração seus vastos benefícios.

1.4 METODOLOGIA

Este trabalho compõe-se de uma revisão bibliográfica sobre as propriedades dos materiais e componentes do sistema construtivo em alvenaria estrutural com blocos cerâmicos.

A pesquisa também se direcionou aos requisitos exigidos por norma para blocos cerâmicos. Além disso, ensaios em laboratório, foram realizados para análise do controle de qualidade dos blocos cerâmicos estruturais.

Houve também uma busca por bibliografia para fundamentar e amadurecer o conhecimento do autor para discussão dos resultados obtidos e apresentação das conclusões e considerações finais deste trabalho.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Para atender aos objetivos proposto, o trabalho será dividido em cinco capítulos.

Capítulo 1. Apresenta os objetivos, a metodologia empregada, a estrutura do trabalho e abrangências, incluindo também a compreensão da pesquisa no cenário da construção civil no Brasil.

Capítulo 2. Aborda os conceitos inerentes à alvenaria estrutural. Descreve-se e caracteriza os componentes, elementos e materiais empregados na alvenaria estrutural e sistematiza os requisitos para controle de qualidade dos blocos cerâmicos para alvenaria estrutural.

Capítulo 3. Apresenta o desenvolvimento de um estudo de caso, envolvendo ensaios em laboratório, a fim de obter informações acerca do controle de qualidade dos blocos cerâmicos estruturais, por meio de análise das características geométricas e do índice de absorção de água.

Capítulo 4. Sintetiza e apresenta a análise dos resultados obtidos.

Capítulo 5. Destina-se às conclusões, aos comentários, e as recomendações gerais para alvenaria estrutural com blocos cerâmicos.

2

ALVENARIA ESTRUTURAL

2.1 CONCEITOS E DEFINIÇÕES

2.1.1 Alvenaria estrutural

Quando se trata de conceito de Alvenaria estrutural pode haver várias definições de acordo com o ponto de vista do autor. Mas de acordo com Parsekian e Soares⁵ e Ramalho e Corrêa⁶ está ligado com transmissão de esforços da estrutura para o solo ou à estrutura de transição por meio de tensões de compressão através do componente constituído por blocos ou tijolos unidos por argamassa, formando um conjunto coeso e rígido.

Para Tauil e Nese⁷, a definição de alvenaria estrutural se dá como:

Chamamos de alvenaria o conjunto de peças justapostas coladas em sua interface, por uma argamassa apropriada, formando um elemento vertical coeso. Esse conjunto coeso serve para vedar espaços, resistir a cargas oriundas da gravidade, promover segurança, resistir a impactos, à ação do fogo, isolar e proteger acusticamente os ambientes, contribuir para a manutenção do conforto térmico, além de impedir a entrada de vento e chuva no interior dos ambientes.

Para Pinheiro⁸, alvenaria estrutural é toda estrutura em alvenaria, dimensionada através de cálculos, para suportar cargas além do seu próprio peso. Esta definição será a adotada neste trabalho como conceito de alvenaria estrutural.

⁵ PARSEKIAN, G.A; SOARES, M.M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.

⁶ RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M.R.S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003.

⁷ TAUIL, C.A; NESE, F.J.M. **Alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2010.

⁸ PINHEIRO, D.G; **Estudo do comportamento mecânico de blocos cerâmicos com diferentes larguras**. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Santa Maria, 2009.

2.1.2 Componentes

É de suma importância que haja o perfeito entendimento deste termo, pois a partir dos componentes serão compostas as estruturas. Os principais componentes são: os blocos, a argamassa e o graute.

Segundo Cavaleiro⁹, a armadura de aço também pode ser considerada como um componente, assim como o coxim, para eventuais distribuição de carga concentradas. A partir desses componentes formam-se os elementos, como por exemplo a parede.

a) Blocos

Os blocos são unidades básicas que compõe e a Alvenaria. No caso deste estudo, blocos cerâmicos para alvenaria estrutural, padronizados pela ABNT NBR 15.270-2.¹⁰

b) Junta de Argamassa

A junta de argamassa segundo Parsekian e Soares¹¹, é “um componente utilizado na ligação entre os blocos”. Para Ramalho e Corrêa¹² tem como função solidarizar as unidades (blocos), assim como transmitir esforços, absorver pequenas deformações e promover conforto acústico e térmico.

c) Graute

O graute pode ser considerado um microconcreto devido às pequenas dimensões dos seus agregados e por ser relativamente fluido. Tem como principal função

⁹ CAVALEIRO, O;P. **Alvenaria estrutural: Tão antiga e tão atual**. In: XXX Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estrutural, 2002, Brasília-DF. Anais. Brasília-DF: Universidade de Brasília, 2002.

¹⁰ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15270-2 – Componentes cerâmicos – Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – terminologia e requisitos**. Rio de Janeiro, 2005.

¹¹ PARSEKIAN, G.A; SOARES, M.M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.

¹²RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M.R.S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003.

aumentar a capacidade portante da alvenaria à compressão e assim permitir maiores esforços da estrutura, como já dizia Ramalho e Correa¹³.

d) Armadura

Para armar uma estrutura, é necessário adicionar barras de aço na mesma. Neste caso, utiliza-se as mesmas barras que são utilizadas em construções em alvenaria de bloco de vedação, porém, para a alvenaria estrutural envolve-se as barras com o graute para garantir o trabalho conjunto entre os componentes.

2.1.3 Elementos

Segundo Parsekian e Soares¹⁴ são “estruturas elaboradas, constituída da reunião de dois ou mais componentes”.

2.1.3.1 *Elementos de Alvenaria Estrutural*

a) Alvenaria Estrutural Não Armada

Para Parsekian¹⁵, Cavaleiro¹⁶ e Tauil e Nese¹⁷ um elemento de alvenaria estrutural não armada é quando não possui armaduras para resistir os esforços solicitantes. Pode acontecer de haver armaduras, mas as mesmas são para fins de amarração e/ou construtivos.

¹³ RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M.R.S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003.

¹⁴ PARSEKIAN, G.A; SOARES, M.M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.

¹⁵ PARSEKIAN, G.A. **Parâmetros de projeto em alvenaria estrutural em blocos de concreto**. São Paulo: EdFUSCar, 2012.

¹⁶ CAVALEIRO, O;P. **Alvenaria estrutural: Tão antiga e tão atual**. In: XXX Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estrutural, 2002, Brasília-DF. Anais. Brasília-DF: Universidade de Brasília, 2002.

¹⁷ TAUIL, C.A; NESE, F.J.M. **Alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2010.

b) Alvenaria Estrutural Armada

A alvenaria estrutural armada é composta por adicionamento de armaduras passivas em alguns pontos da estrutura, envolvidas por graute, para garantir à resistência de esforço solicitante como afirma Parsekian e Soares¹⁸ e Cavaleiro¹⁹.

c) Alvenaria Estrutural Protendida

A alvenaria estrutura protendida para Tauil e Nese²⁰ é um “tipo de alvenaria reforçada por armadura ativa (pré-tensionada) que submete a alvenaria a esforços de compressão”, ainda afirmam que é pouco utilizado Brasil, devido ao alto custo de execução e dos materiais.

2.1.3.2 Parede

a) Parede Estrutural

Segundo Parsekian²¹, para ser considerada uma parede estrutural, a mesma deve ser admitida como participante da estrutura, ou seja, deve servir de apoio às lajes e outros elementos da construção.

b) Parede Não Estrutural

Para ser considerada uma parede não estrutural, a mesma não deve ser admitida como participante da estrutura, e deve impor e apoiar um carregamento a uma laje ou a outros elementos da estrutura segundo Parsekian e Soares²².

¹⁸ PARSEKIAN, G.A.; SOARES, M.M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010. P. 18.

¹⁹ CAVALEIRO, O;P. **Alvenaria estrutural: Tão antiga e tão atual**. In: XXX Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estrutural, 2002, Brasília-DF. Anais. Brasília-DF: Universidade de Brasília, 2002.

²⁰ TAUIL, C.A; NESE, F.J.M. **Alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2010. p. 23.

²¹ PARSEKIAN, G.A. **Parâmetros de projeto em alvenaria estrutural em blocos de concreto**. São Paulo: EdFUSCar, 2012.

²² PARSEKIAN, G.A.; SOARES, M.M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.

2.1.3.3 Outros elementos

a) Viga

Elemento estrutural, com a finalidade de resistir aos carregamentos, usualmente composta de mais de uma canaleta grauteada e armada, segundo aponta Santos²³ em seus estudos.

b) Verga e Contraverga

Cavaleiro²⁴ define verga e Contraverga como elementos alocados sob os vãos de abertura (janelas e portas), tem como função resistir às tensões concentradas nas extremidades das aberturas, normalmente composta por uma canaleta grauteada e armada. Como é exemplificado na figura 4.



Figura 4 - Vergas e Contraverga
 Fonte: <http://ceramicacity.com.br/blogcity/?q=node/1>

²³ SANTOS, M;D;F. **Desempenho de prisma e paredes construídas com diferentes geometria de blocos cerâmicos**. Rio de Janeiro. 2003.

²⁴ CAVALEIRO, O;P. **Alvenaria estrutural: Tão antiga e tão atual**. In: XXX Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estrutural, 2002, Brasília-DF. Anais. Brasília-DF: Universidade de Brasília, 2002.

c) Cinta de amarração

Parsekian e Soares²⁵ afirma que a cinta de amarração (figura 5) é composta por uma fiada de canaleta armada ao longo da estrutura (continua na parede), tem como objetivo distribuir cargas continuamente apoiadas sobre a parede e/ou aumentar a resistência da parede. São ligadas ou não a laje, vergas e Contraverga.



Figura 5 - **Cinta de amarração**
 Fonte: <http://cimento.org/cinta-de-amarracao/>

d) Coxim

O coxim apresenta as mesmas características da cinta, porém, não é uma estrutura contínua, são aplicados em locais onde há maiores esforços solicitantes, é o que afirma Parsekian e Soares²⁶.

e) Enrijecedor

O enrijecedor é vinculado a uma parede estrutural com o objetivo de enrijecer a mesma na direção perpendicular ao seu plano, geralmente usado em paredes altas

²⁵ PARSEKIAN, G.A.; SOARES, M.M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.

²⁶ PARSEKIAN, G.A.; SOARES, M.M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.

ou paredes sujeitas à ação lateral. É o que afirmam os autores Cavaleiro²⁷ e Parsekian e Soares²⁸.

f) Diafragma

Elemento laminar rígido (chapas) em seu próprio plano, ligado às paredes resistentes, com objetivo de distribuir as ações horizontais para as paredes, segundo Cavaleiro²⁹.

2.1.4 Área

a) Área Bruta

Para a NBR 15812-1³⁰ a área bruta (Figura 6) de um componente (bloco) ou elemento (parede), considerando as dimensões externas e desprezando a existência de vazios.

b) Área Líquida

Já a área líquida (Figura 6) é definida pela NBR 15812-1³¹ como área de um componente (bloco) ou elemento (parede) considerando as dimensões externas e descontando a área de vazios.

²⁷ CAVALEIRO, O;P. **Alvenaria estrutural: Tão antiga e tão atual**. In: XXX Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estrutural, 2002, Brasília-DF. Anais. Brasília-DF: Universidade de Brasília, 2002.

²⁸ PARSEKIAN, G.A; SOARES, M.M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.

²⁹ CAVALEIRO, O;P. **Alvenaria estrutural: Tão antiga e tão atual**. In: XXX Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estrutural, 2002, Brasília-DF. Anais. Brasília-DF: Universidade de Brasília, 2002.

³⁰ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15812-1 – Alvenaria Estrutural - Blocos cerâmicos. Parte 1: Projetos**. Rio de Janeiro, 2010.

³¹ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15812-1 – Alvenaria Estrutural - Blocos cerâmicos. Parte 1: Projetos**. Rio de Janeiro, 2010.

c) Área Efetiva

Para Parsekian e Soares³² a área efetiva (Figura 7) de um elemento (parede), considerando apenas a área onde a argamassa se assentamento é distribuída, desconsiderando vazios.

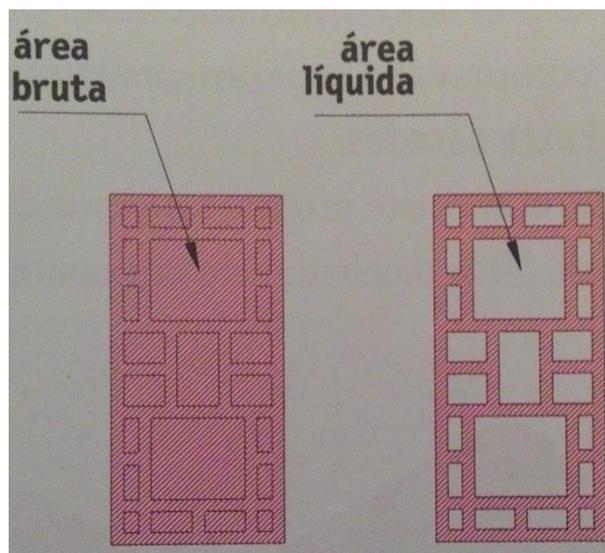


Figura 6 - Área bruta e líquida do bloco cerâmico

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

³² PARSEKIAN, G.A; SOARES, M.M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.

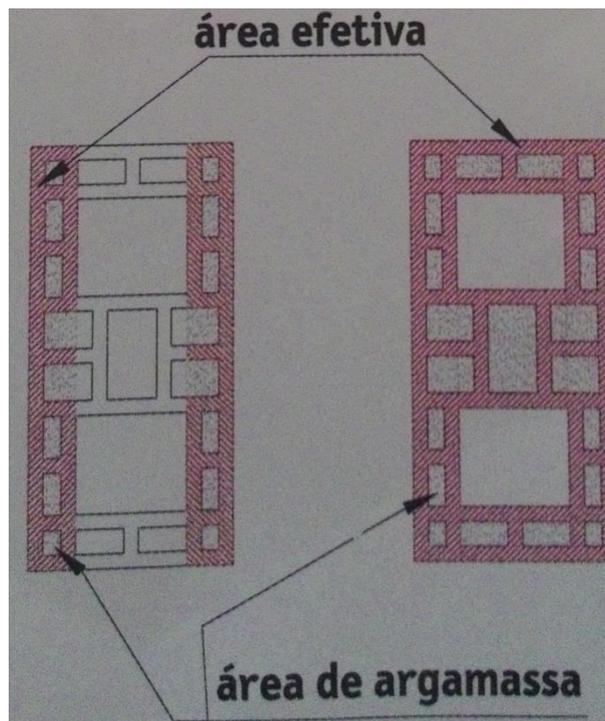


Figura 7 - Área efetiva do bloco cerâmico

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

2.1.5 Prisma

De acordo com Santos³³ e Parsekian e Soares³⁴, prisma é um corpo-de-prova composto por dois ou mais blocos unidos por juntas de argamassa com 1 cm de espessura, grauteados ou não, a ser ensaiado à compressão. Oferece informações sobre resistência à compressão da alvenaria que é o principal parâmetro para projeto e controle da obra.

2.1.6 Amarração no plano da parede

a) Direta

A NBR 15812-1³⁵ define a amarração direta onde a distribuição dos blocos onde as juntas verticais defasam-se de no mínimo 1/3 do comprimento do bloco.

³³ SANTOS, M;D;F. **Desempenho de prisma e paredes construídas com diferentes geometria de blocos cerâmicos**. Rio de Janeiro. 2003.

³⁴ PARSEKIAN, G.A; SOARES, M.M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.

³⁵ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15812-1 – Alvenaria Estrutural - Blocos cerâmicos. Parte 1: Projetos**. Rio de Janeiro, 2010.

b) Indireta (Não amarrada)

Quando os blocos são junta pruma, ou seja, não há defasagem no comprimento dos blocos, este tipo de amarração só deve ser utilizado para vedação ou quando comprovado experimentalmente a eficiência do detalhe, é o que define Parsekian e Soares³⁶.

2.1.7 Amarração entre paredes

a) Direta

A amarração entre paredes direta ocorre quando há o intertravamento dos blocos, com pelo menos 50% de interpenetração alternada de uma parede na outra, é o que define a NBR 15812-1³⁷.

b) Indireta

Quando junta a prumo no encontro das paredes, sem sobreposição dos blocos, neste caso havendo a necessidade de amarração metálica (grampos ou telas), sobre a junta entre as paredes. Este tipo de amarração oferece perda no desempenho estrutural segundo Parsekian e Soares³⁸.

2.2 MATERIAIS E COMPONENTES

As propriedades de uma parede dependem da qualidade dos materiais, no caso da alvenaria estrutural com blocos cerâmicos são constituídos pelos blocos, argamassa, graute e em alguns casos armadura. Neste item, será abordado as características e propriedades que os materiais devem apresentar, para oferecer

³⁶ PARSEKIAN, G.A.; SOARES, M.M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.

³⁷ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15812-1 – Alvenaria Estrutural - Blocos cerâmicos. Parte 1: Projetos**. Rio de Janeiro, 2010.

³⁸ PARSEKIAN, G.A.; SOARES, M.M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.

requisitos mínimos de desempenho e conformidade de acordo com as especificações das normas técnicas regulamentadoras.

2.2.1 Blocos

Para Parsekian e Soares³⁹ os blocos cerâmicos representam de 80% a 95% do volume de alvenaria, que tem como maiores características a resistência à compressão, estabilidade e precisão admissional, resistência ao fogo, resistência à penetração de chuvas, isolamento térmico, isolamento acústico e a estética. Quando em conjunto com a argamassa, são determinantes para a resistência ao cisalhamento e à tração.

De acordo com Tavares⁴⁰ e Rizzatti⁴¹, os blocos cerâmicos têm como matéria prima a argila, composta de sílica, silicato de alumínio e óxidos ferrosos, podendo ser calcária ou não. A calcária quando cozida produz um bloco amarelado e a não calcária produz blocos de tons avermelhados que variam de acordo com a quantidade de óxido de ferro presente na composição.

a) Formato dos blocos

De acordo com Parsekian e Soares⁴² e a ABNT NBR 15270-2⁴³, os blocos cerâmicos podem ser classificados como: Paredes vazadas (figura 8), onde as paredes internas e externas apresentam vazados; Paredes maciças internas e externas (figura 9), onde as paredes internas e externas são maciças; Paredes maciças externas (figura 10), onde as paredes externas são maciças e as internas podem apresentar vazados, desde que, a relação da área líquida para a área bruta não seja maior que 65%; e os perfurados (figura 11), com vazados em toda a sua face de

³⁹ PARSEKIAN, G.A.; SOARES, M.M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.

⁴⁰ TAVARES, H.J.; **Alvenaria estrutural: Estudo bibliográfico e definições**. 2011.58f. Tese (Monografia em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Semi-Árido, Mossoró, 2011.

⁴¹ RIZZATTI, E. **Influência da geometria do bloco cerâmico no desempenho mecânico da alvenaria estrutural sob compressão**. 2003. 170f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

⁴² PARSEKIAN, G.A.; SOARES, M.M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.

⁴³ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15270-2 – Componentes cerâmicos – Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – terminologia e requisitos**. Rio de Janeiro, 2005.

assentamento, observando a relação de área líquida para a área bruta de 75%, são utilizados apenas para alvenaria não armada.

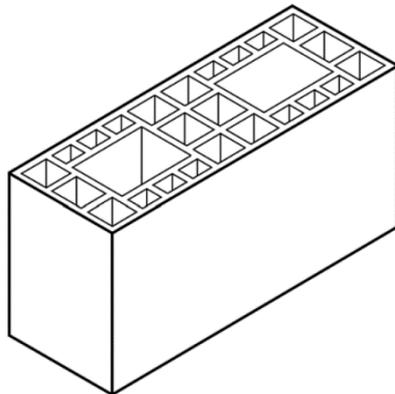


Figura 8 - **Bloco cerâmico estrutural de paredes vazadas**
Fonte: ABNT NBR 15270-2:2005

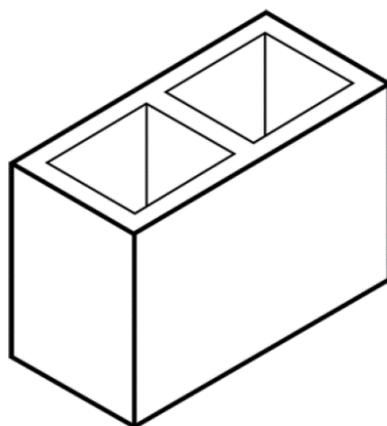


Figura 9 - **Bloco cerâmico estrutural com paredes maciças (Com paredes internas maciças)**
Fonte: ABNT NBR 15270-2:2005

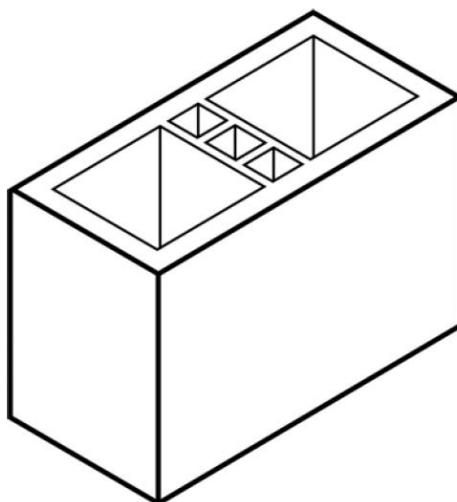


Figura 10 - **Bloco cerâmico estrutural com paredes maciças (com paredes internas vazadas)**
 Fonte: ABNT NBR 15270-2:2005

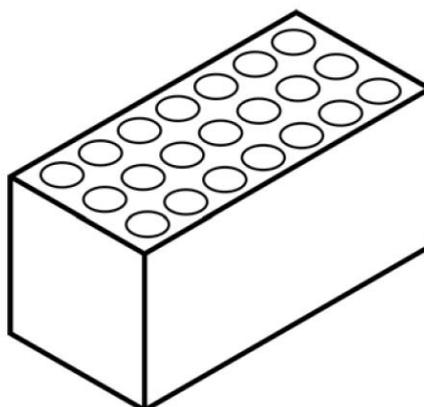


Figura 11 - **Bloco cerâmico estrutural perfurado**
 Fonte: ABNT NBR 15270-2:2005

b) Identificação e aparência visual dos blocos

Segundo Tavares⁴⁴, Parsekian e Soares⁴⁵ e a NBR 15270-2⁴⁶ os blocos obrigatoriamente devem apresentar algumas informações. Primeiramente, os blocos devem conter gravado em uma de suas faces externas, em alto relevo ou

⁴⁴ TAVARES, H.J; **Alvenaria estrutural: Estudo bibliográfico e definições**. 2011.58f. Tese (Monografia em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Semi-Árido, Mossoró, 2011.

⁴⁵ PARSEKIAN, G.A; SOARES, M.M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.

⁴⁶ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT.**NBR 15270-2 – Componentes cerâmicos – Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – terminologia e requisitos**. Rio de Janeiro, 2005.

reentrância, a identificação do fabricante e do bloco com no mínimo 5 mm de altura, sem que prejudique o uso do mesmo.

Nessa inscrição deve conter: a identificação da empresa fabricante, as dimensões do bloco em centímetros (cm) e, a largura (L), altura (H) e comprimento (C), (L x H x C). Deve haver também, a sigla EST, que indica que o bloco possui condição estrutural.

Além disso, os blocos também devem apresentar conformidade com os requisitos de características visuais previstos no ABNT NBR 15270-2⁴⁷, que regem: Não apresentar defeitos como quebras, superfícies irregulares ou deformadas que podem impedir seu uso na função especificada. Caso for usado como bloco aparente, devem atender as necessidades dos clientes previamente definidas em comum acordo entre o fabricante e o comprador.

As figuras 12 e 13, mostram a aparência visual dos blocos cerâmicos e exemplificam alguns tipos de blocos complementares não definidos por norma, mas produzidos por convenções dos fabricantes, com o objetivo de facilitar a execução da obra, evitando corte e quebra de blocos de maneira bem prática.



Figura 12 - Blocos Complementares

Fonte: Catálogo de produtos Pauluzzi. Disponível em:
http://www.pauluzzi.com.br/downloads.php?p=materiais_profissionais

⁴⁷ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT.NBR 15270-2 – Componentes cerâmicos – Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

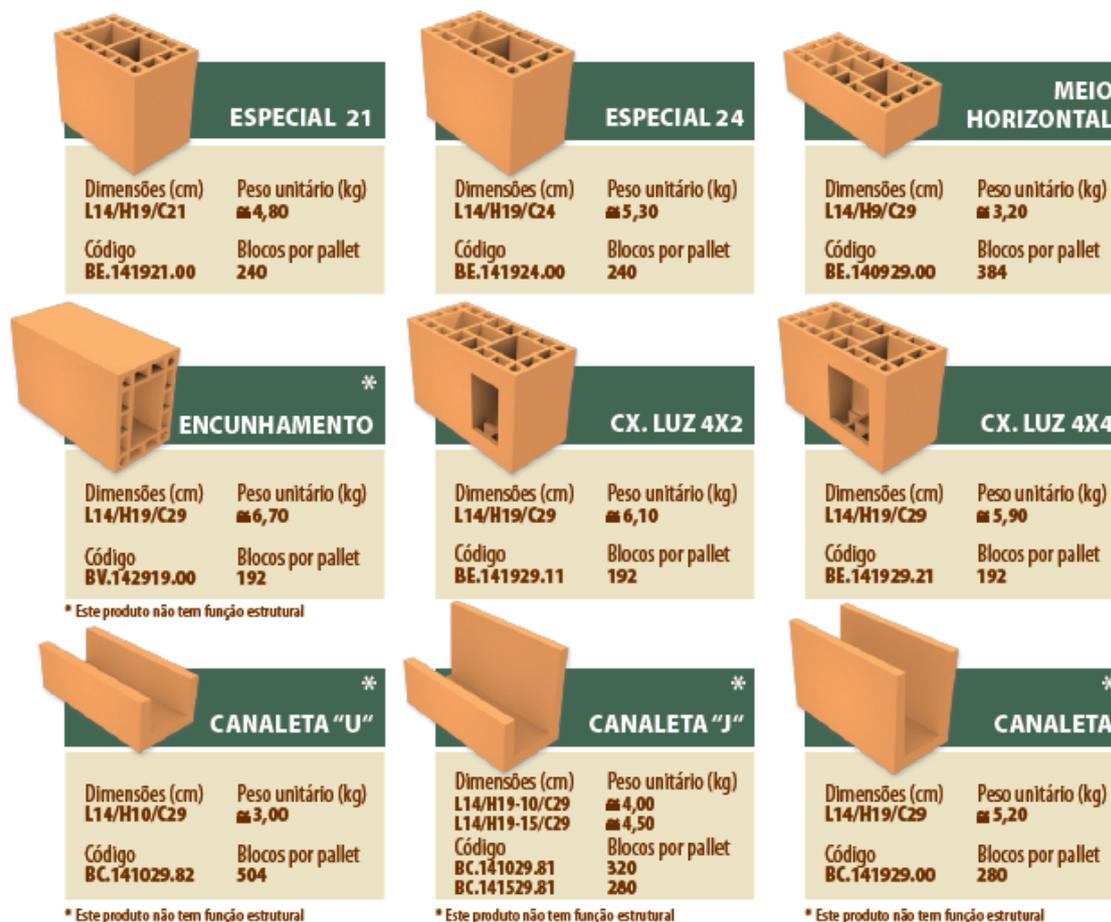


Figura 13 - Blocos Complementares

Fonte: Catálogo de produtos Pauluzzi. Disponível em:
http://www.pauluzzi.com.br/downloads.php?p=materiais_profissionais

c) Dimensões de fabricação dos blocos

De acordo com Ramalho e Corrêa⁴⁸ os blocos apresentam três dimensões: comprimento, largura e altura, Figura 14. Estas dimensões definem o módulo horizontal (largura e comprimento) e o módulo vertical (Altura). Dentro desta perspectiva, percebe-se a importância da largura e o comprimento serem iguais ou múltiplos, para facilitar a amarração das paredes.

⁴⁸RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M.R.S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003.

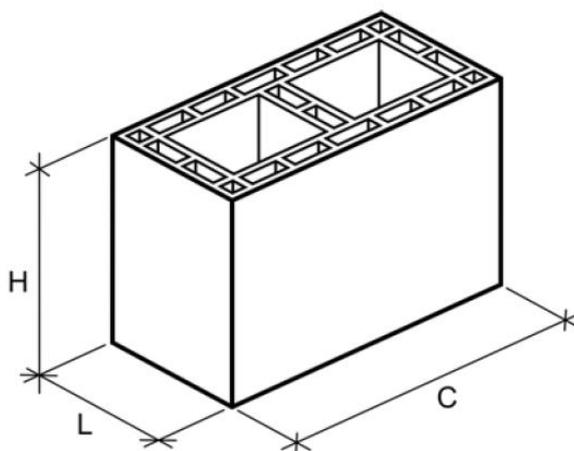


Figura 14 - **Dimensões do bloco cerâmico estrutural**

Fonte: ABNT NBR 15270-1:2005

Parsekian e Soares⁴⁹ acrescentam dizendo que se houver alteração na largura do bloco, a parede sofrerá alterações na sua espessura, para compensar essa variação será necessário aumentar a camada de revestimento o que aumentará o custo da obra, caso a camada seja diminuída, poderá haver redução na resistência da parede. Caso essa alteração seja na altura e no comprimento, comprometem as juntas de argamassa, horizontais e verticais, respectivamente. Nas juntas verticais prejudica a modulação e em casos extremos a resistência ao cisalhamento e nas juntas horizontais ocasionam alteração no pé direito e podem diminuir a resistência à compressão.

Segundo a NBR 15270-5:2005⁵⁰ as dimensões de fabricação dos blocos cerâmicos estruturais são indicadas na tabela 1.

⁴⁹ PARSEKIAN, G.A.; SOARES, M.M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.

⁵⁰ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15270-2 – Componentes cerâmicos – Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – terminologia e requisitos**. Rio de Janeiro, 2005.

Quadro 1 - Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos estruturais

Dimensões (L x H x C)	Dimensões de fabricação (cm)				
Módulo dimensional M = 10 cm	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)		
			Bloco principal	Amarração (L)	Amarração (T)
$(5/4)M \times (5/4)M \times (5/2)M$	11,5	11,5	24	-	36,5
$(5/4)M \times (2)M \times (5/2)M$		19	24	-	36,5
$(5/4)M \times (2)M \times (3)M$			29	27	41,5
$(5/4)M \times (2)M \times (4)M$			39	32	51,5
$(3/2)M \times (2)M \times (3)M$	14	19	29	-	44
$(3/2)M \times (2)M \times (4)M$			39	34	54
$(2)M \times (2)M \times (3)M$	19	19	29	34	49
$(2)M \times (2)M \times (4)M$			39	-	59

Bloco L - Bloco para amarração em paredes em L
Bloco T - Bloco para amarração em paredes em T

Fonte: ABNT NBR 15270-2:2005

Outras características geométricas que devem ser observadas são: os desvios em relação ao esquadro, figura 15, e a planeza das faces dos blocos, figura 16 e 17, que não devem ultrapassar três milímetros (3mm).

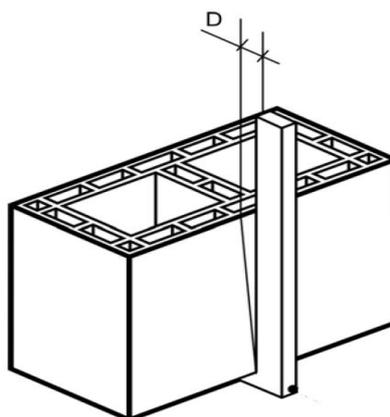


Figura 15 - Desvio em relação ao esquadro - Representação esquemática com bloco estrutural

Fonte: ABNT NBR 15270-1:2005

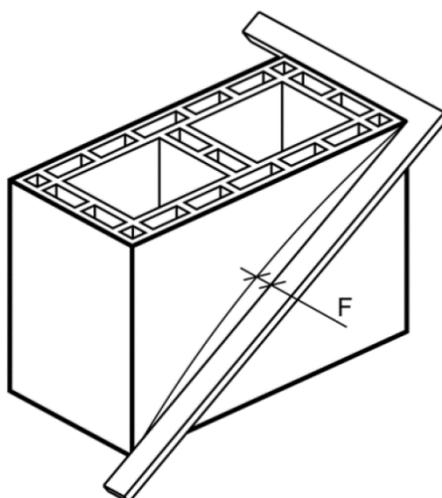


Figura 16 - **Planeza das faces - Representação esquemática do desvio côncavo em bloco cerâmico estrutural**

Fonte: ABNT NBR 15270-1:2005

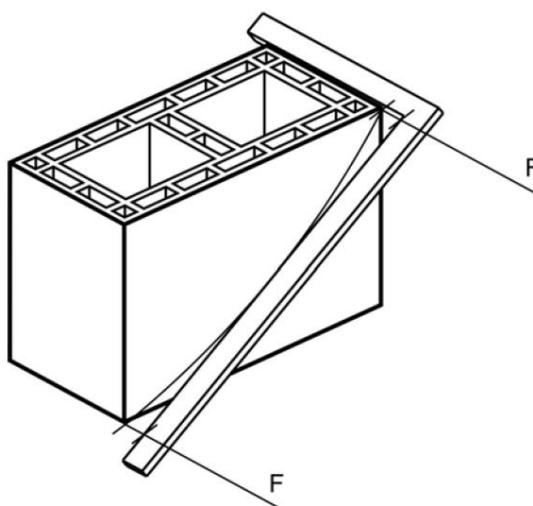


Figura 17 - **Planeza das faces - Representação esquemática do desvio convexo em bloco cerâmico estrutural**

Fonte: ABNT NBR 15270-1:2005

d) Resistência mecânica dos blocos

A propriedade mais importante dos blocos, é a sua resistência característica à compressão (F_{bk}), sempre em relação à área bruta do bloco, fundamental para a resistência da parede (F_k), sendo o material dos blocos e a sua resistência, fatores

predominantes na resistência à compressão de uma parede, como afirmam Parsekian e Soares⁵¹.

O recomendável é que os blocos tenham de 3,0 Mpa (megapascal) a 10,0 Mpa. O bloco mais comum, são os 6,0 Mpa que são mais facilmente encontrados no mercado atual.

e) Absorção de água inicial

O índice de absorção de água inicial - AAI, mede o quanto de água o bloco absorve por capilaridade após ser molhado. Pinheiro⁵² afirma que blocos com altas taxas de absorção retiram a água da argamassa, interferindo na resistência à compressão e na aderência da alvenaria.

2.2.2 Argamassa

Para Ramalho e Corrêa⁵³, Santos⁵⁴, Richter⁵⁵, Camacho⁵⁶, Pinheiro⁵⁷, Kalil⁵⁸ e Parsekian e Soares⁵⁹, a argamassa tem função de ligação entre os blocos, são compostas por cimento, cal, areia e água, podendo ou não conter aditivos. Sua função básica é solidarizar os blocos, transmitir e uniformizar as tensões e absorver pequenas deformações. Na alvenaria estrutural a argamassa de assentamento é muito importante no que se refere a trabalhabilidade, consistência, aderência e a capacidade de absorver as deformações. Quando se fala em resistência à

⁵¹ PARSEKIAN, G.A.; SOARES, M.M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.

⁵² PINHEIRO, D.G; **Estudo do comportamento mecânico de blocos cerâmicos com diferentes larguras**. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Santa Maria, 2009.

⁵³ RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M.R.S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003.

⁵⁴ SANTOS, M;D;F. **Desempenho de prisma e paredes construídas com diferentes geometria de blocos cerâmicos**. Rio de Janeiro. 2003.

⁵⁵ RICHTER, C; **Alvenaria estrutural - Processo construtivo racionalizado**. Tese (Extensão de ciência exata e tecnologia) - Universidade do vale dos rios dos sinos - UNISINOS, Porto Alegre, 2007.

⁵⁶ CAMACHO, J.S; **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP. Publicado pelo Núcleo de ensino e pesquisa de Alvenaria estrutural, Ilha Solteira, 2006.

⁵⁷ PINHEIRO, D.G; **Estudo do comportamento mecânico de blocos cerâmicos com diferentes larguras**. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Santa Maria, 2009.

⁵⁸ KALIL, S. **Alvenaria Estrutural**. Porto Alegre, 2007. 86p. Apostila de estruturas mistas – PUCRS.

⁵⁹ PARSEKIAN, G.A.; SOARES, M.M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.

compressão da argamassa, pode-se dizer que sua influência na resistência da parede é pequena. A argamassa no estado plástico apresenta as seguintes características: Trabalhabilidade, retenção de água e aderência inicial. Já no estado endurecido, predominam a resiliência, aderência e resistência à compressão.

Cada tipo (traço) de argamassa apresenta suas vantagens e desvantagens, a argamassa forte (cimento e areia), não são recomendadas para alvenaria estrutural, pois apresentam baixa capacidade de absorver deformações podendo causar fissuras devido à pequena deformação na junta de assentamento. Já as argamassas fracas (cal e areia) apresentam resistência à compressão e aderência muito baixas, o que prejudica a resistência da parede.

A argamassa recomendada para alvenaria estrutural é a mista (cimento, cal e areia), mesmo adicionando cal, o que provoca perda de resistência, ela proporciona melhor trabalhabilidade, melhora a retenção de água e a capacidade de absorver deformações, é o que afirma Parsekian e Soares⁶⁰.

a) Trabalhabilidade

De acordo com Richter⁶¹ a trabalhabilidade é a principal propriedade da argamassa no estado fresco (estado plástico), é uma propriedade de difícil definição, tanto que não existe um método direto para medi-la, geralmente mede-se a fluidez da argamassa.

A NBR 13.276:2005⁶² descreve uma tentativa de medir a fluidez, ou consistência, da argamassa, neste ensaio a argamassa é moldada em formato de tronco de cone e submetida a golpes em uma mesa de consistência, figura 18. Após o ensaio, é medido o diâmetro do cone espalhado, de acordo com a norma o diâmetro deve ser igual a 255mm.

⁶⁰ PARSEKIAN, G.A.; SOARES, M.M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.

⁶¹ RICHTER, C; **Alvenaria estrutural - Processo construtivo racionalizado**. Tese (Extensão de ciência exata e tecnologia) - Universidade do vale dos rios dos sinos - UNISINOS, Porto Alegre, 2007.

⁶² ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 13276 - Argamassa para assentamento e teto - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência**. Rio de janeiro, 2005.



Figura 18 - Mesa de consistência - FlowTable

Fonte: http://www.megamixargamassas.com.br/controle_qualidade.html

A trabalhabilidade depende de muitos fatores como por exemplo a qualidade dos agregados, a quantidade de água, a consistência, a capacidade de retenção de água da argamassa, a adesão e a fluidez, segundo Richter⁶³.

b) Retenção de água

Para Kalil⁶⁴ e Parsekian e Soares⁶⁵ a água tem duas funções na argamassa: hidratação do cimento para endurecimento e lubrificação dos grãos (agregados). Quando a retenção de água da argamassa for baixa, ela perderá água em excesso, tornando-a pulverulenta e diminuindo sua resistência de compressão e sua aderência. Para ajudar na retenção de água, adiciona-se mais cal em relação ao cimento para melhorar neste aspecto, pois a cal é excelente retentor de água, em outras palavras, cede água aos poucos.

c) Aderência

A aderência é a propriedade mais importante no estado endurecido da argamassa. Está ligada diretamente com a qualidade dos blocos. Nas argamassas mistas, a aderência ocorre pela penetração e o encunhamento da argamassa no bloco. A

⁶³ RICHTER, C; **Alvenaria estrutural - Processo construtivo racionalizado**. Tese (Extensão de ciência exata e tecnologia) - Universidade do vale dos rios dos sinos - UNISINOS, Porto Alegre, 2007.

⁶⁴ KALIL, S. **Alvenaria Estrutural**. Porto Alegre, 2007. 86p. Apostila de estruturas mistas – PUCRS.

⁶⁵ PARSEKIAN, G.A; SOARES, M.M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.

resistência da aderência é a capacidade que o bloco-argamassa possui de absorver tensões normais (tração), figura 19, e tangenciais (cisalhamento), sem haver ruptura. Dois fatores são importantes para atingir uma aderência ótima: a capacidade de retenção de água e a trabalhabilidade, assim a argamassa tem que ser retentiva (para conservar água para hidratar o cimento) e capaz de ceder água em excesso (que não é usada para hidratar o cimento) de forma contínua para o bloco.

Esta água penetra nos poros dos blocos, desde que a retenção da argamassa seja compatível com a absorção de água inicial dos blocos, cristaliza e forma as cunhas que resultam na aderência. Fatores que ainda influenciam na aderência são a quantidade de aglomerantes, a textura e a umidade do bloco, a umidade relativa do ar e a temperatura. A aderência geralmente é medida através de ensaios de tração na flexão. É o que afirmam Parsekian e Soares⁶⁶ e Richter⁶⁷.

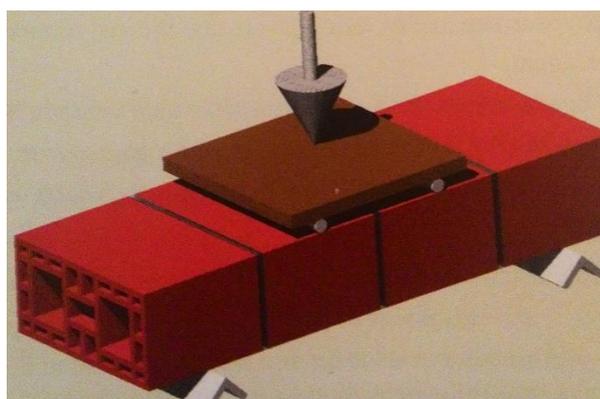


Figura 19 - **Ensaio de tração na flexão - mede indiretamente a aderência**
Fonte: PARSEKIAN, G.A; SOARES, M.M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.

d) Resiliência

Para Parsekian e Soares⁶⁸, resiliência é a capacidade da junta se adaptar a diferentes solicitações sem prejuízo ao seu desempenho, em outras palavras, é a capacidade de absorver deformações sem fissuras. A alvenaria sofre variações térmicas, higroscopias e efeitos de pequenos recalques, se a argamassa tiver uma

⁶⁶ PARSEKIAN, G.A; SOARES, M.M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.

⁶⁷ RICHTER, C; **Alvenaria estrutural - Processo construtivo racionalizado**. Tese (Extensão de ciência exata e tecnologia) - Universidade do vale dos rios dos sinos - UNISINOS, Porto Alegre, 2007.

⁶⁸ PARSEKIAN, G.A; SOARES, M.M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.

boa resiliência ocorrerão microfissuras distribuídas nas juntas, esse comportamento é melhor do que houver uma única fissura na junta ou bloco, essa situação é comum quando utilizado traço forte.

Richter⁶⁹ intera que a resiliência está relacionada ao modulo de deformação da argamassa, quanto menor o modulo de deformação, mais resiliente será a argamassa.

e) Resistência à compressão

A resistência à compressão da argamassa depende do tipo e da quantidade de cimento usado no traço, uma grande resistência à compressão da argamassa não é sinônimo de solução estrutural. A argamassa deverá ser resistente para suportar os esforços que a parede submete, porém, não deve exceder a resistência dos blocos, permitindo assim que as fissuras ocorram na junta. Para cada tipo de bloco existe uma resistência ótima de argamassa. Contudo o aumento da resistência da argamassa não aumentará proporcionalmente a resistência da parede pois o bloco se rompe por tração lateral, devido ao confinamento que a argamassa e o bloco estão sujeitos, Figura 20.

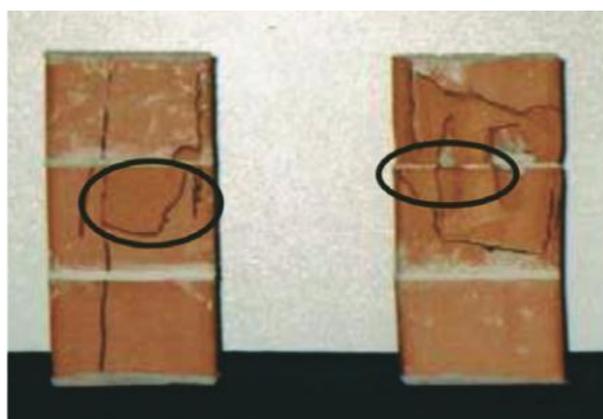


Figura 20 - **Rompimento lateral do bloco e expulsão da argamassa**
Fonte: PARSEKIAN, G.A; SOARES, M.M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.

⁶⁹ RICHTER, C; **Alvenaria estrutural - Processo construtivo racionalizado**. Tese (Extensão de ciência exata e tecnologia) - Universidade do vale dos rios dos sinos - UNISINOS, Porto Alegre, 2007.

2.2.3 Graute

De acordo com a NBR 15.812-2⁷⁰ graute pode ser definido como “ Componente utilizado para preenchimento de espaços vazios de blocos, com a finalidade de solidarizar armaduras à alvenaria ou aumentar sua capacidade resistente”.

Para Parsekian e Soares⁷¹ pode ser considerado um concreto ou argamassa com agregados finos e com alta plasticidade, utilizado para preenchimento de vazios dos blocos.

Suas principais funções são de aumentar a resistência em pontos localizados, aumentar a resistência à compressão de uma parede e unir armaduras às paredes. Recomendam-se que a resistência do graute não seja inferior a 15 Mpa, com esse valor sendo mínimo obrigatório em locais onde há armaduras para garantir a aderência.

Kalil⁷² comenta que o graute contém os mesmos materiais que um concreto convencional, porém, de dimensões dos agregados diferentes (100% passam pela peneira de 12,5mm) e diferença na relação água-cimento.

2.2.4 Alvenaria

a) Movimentação térmica

Segundo Duarte⁷³, “os materiais se dilatam e se contraem devido a variação da temperatura”. Thomaz⁷⁴ afirma que as movimentações térmicas dos materiais são relacionadas com as propriedades físicas dos mesmos e com a intensidade da temperatura.

Logo, é importante ressaltar que seja feito o uso de blocos de qualidade com o menor potencial de expansão e certificação de que as juntas da construção

⁷⁰ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15812-2 Alvenaria estrutural - Blocos cerâmicos Parte 2: Execução e controle de obras**. Rio de Janeiro, 2010

⁷¹ PARSEKIAN, G.A.; SOARES, M.M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.

⁷² KALIL, S. **Alvenaria Estrutural**. Porto Alegre, 2007. 86p. Apostila de estruturas mistas – PUCRS.

⁷³ DUARTE, R.B; **Fissuras em alvenaria: causas principais, medidas preventivas e técnicas de recuperação**. Porto Alegre: Cientec, 1988. Boletim técnico n. 25.

⁷⁴ THOMAZ, E; **Trincas em edifícios**. 1. Ed. São Paulo: Pini, 1989.

permitam livre variação dimensional sem o aparecimento de fissuras, como conclui Parsekian e Soares⁷⁵.

b) Movimentação Higroscópica

A movimentação higroscópica, é definida como a expansão do bloco (e alvenaria) ao decorrer dos anos. Após a queima do bloco, o mesmo absorve umidade proveniente do meio ambiente que, ao longo dos anos causa expansão irreversível na dimensão do mesmo. A maior expansão, ocorre no primeiro ano, cerca de 50% da expansão ocorre nos primeiros seis meses de idade dos blocos. Essa variação de dimensão depende do tipo de queima dos blocos e dos materiais utilizados na produção do mesmo. É o que aponta Ribeiro⁷⁶ em seu estudo.

c) Fluência

Materiais sob uma tensão permanente apresenta deformações ao longo do tempo, esse fenômeno é conhecido como fluência. Seu mecanismo está associado a movimentação da água adsorvida na microestrutura do material devido à pressão causada por uma força externa, explica Parsekian e Soares⁷⁷

d) Modulo de deformação e coeficiente de Poisson

Para Santos⁷⁸, o coeficiente de Poisson é “ o valor absoluto da relação entre a deformação específica transversal e a deformação específica longitudinal”. E o modulo de deformação a alvenaria depende das características dos blocos e da argamassa.

⁷⁵ PARSEKIAN, G.A; SOARES, M.M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.

⁷⁶ RIBEIRO, F.A; **Especificação de juntas de movimentação em revestimentos cerâmicos de fachadas: levantamento do estado da arte**. Dissertação (mestrado em engenharia). São Paulo. 2006.

⁷⁷ PARSEKIAN, G.A; SOARES, M.M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.

⁷⁸ SANTOS, M.J.F; **Análise da resistência de prisma e pequenas paredes de alvenaria estrutural cerâmicas para diferentes tipos de argamassa**. Tese (mestrado em engenharia civil). Santa Maria, 2008.

e) Resistência à compressão

Segundo Parsekian e Soares⁷⁹ a resistência à compressão da alvenaria depende primeiramente do tipo do bloco a ser utilizados, em segundo plano a qualidade da mão de obra e por último as características e propriedades da argamassa. A capacidade da parede de resistir cargas de compressão depende da seção transversal (espessura e comprimento da parede), da esbeltez (relação altura/espessura) e das excentricidades de carregamento. Aspectos a serem observados que influenciam a resistência à compressão da alvenaria são: o tipo de argamassa, tipos de blocos (material, forma e resistência), tipo de assentamento, qualidade da mão de obra e nível de grauteamento.

f) Tipos de assentamento

Existem dois tipos de assentamento dos blocos, o primeiro onde espalha-se a argamassa na lateral dos blocos, Figura 21, e o segundo onde espalha-se a argamassa em toda a sua face de assentamento, Figura 22. A escolha do tipo de assentamento deve-se levar em conta a resistência à compressão exigida, a produtividade, o nível de inspeção, os equipamentos e a permeabilidade.

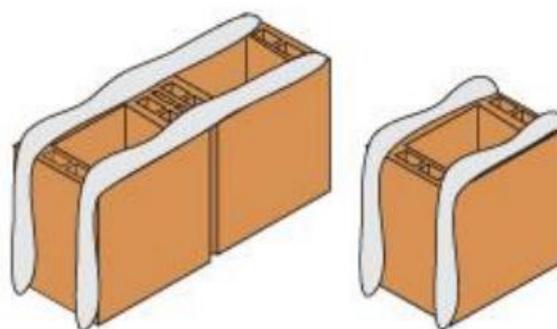


Figura 21 - Argamassa espalhada na lateral do bloco cerâmico

Fonte: http://www.selectablocos.com.br/alvenaria_estrutural_detalhes_construtivos_23.html

⁷⁹ PARSEKIAN, G.A.; SOARES, M.M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.

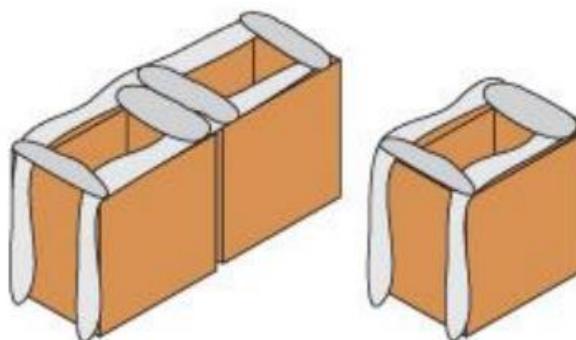


Figura 22 - **Argamassa espalhada em toda face de assentamento do bloco cerâmico**
Fonte: http://www.selectablocos.com.br/alvenaria_estrutural_detalhes_construtivos_23.html

De acordo com Richter⁸⁰ muitos fatores relativos a mão de obra na execução pode influenciar a resistência à compressão da parede. Um desses fatores é a espessura da junta horizontal aplicada pela mão de obra, ela deve conter altura de 1 cm, pois se ficar muito espessa irá comprometer sua principal função que é absorver as deformações.

Outro fator a ser observado, é o tempo de assentamento do bloco após a aplicação da argamassa, pois se demorar muito, a mesma perde em resistência à compressão, e por último observar o alinhamento vertical, pois se haver desaprumo da parede haverá menor resistência à compressão.

Para Parsekian e Soares⁸¹, o graute tem como função na alvenaria, aumentar a resistência à compressão, são aplicados verticalmente em locais onde estão sujeitos a uma tensão maior. O grauteamento pode ser feito em todos os furos do bloco cerâmico ou a cada dois furos.

A esbeltez de uma parede depende da sua espessura e da sua altura, quanto mais esbelta for a parede, menor a sua resistência à compressão. Todos os elementos comprimidos sempre apresentaram o problema de flambagem inerente a esse tipo de esforço, afirmam Parsekian e Soares⁸².

⁸⁰ RICHTER, C; **Alvenaria estrutural - Processo construtivo racionalizado**. Tese (Extensão de ciência exata e tecnologia) - Universidade do vale dos rios dos sinos - UNISINOS, Porto Alegre, 2007

⁸¹ PARSEKIAN, G.A; SOARES, M.M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.

⁸² PARSEKIAN, G.A; SOARES, M.M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.

2.3 ENSAIOS PARA CONTROLE DE QUALIDADE UTILIZADO NESTA PESQUISA

A NBR 15270-3⁸³, estabelece os métodos de execução dos ensaios dos blocos cerâmicos estruturais. Estes procedimentos permitem que sejam conhecidas as propriedades físicas e mecânicas dos blocos, pois a partir destas informações pode-se certificar-se da qualidade do produto. Esta norma técnica, está dividida entre anexos, onde cada um, apresenta de forma sistemática o objetivo, os equipamentos, os procedimentos, a execução e a forma de expressão dos resultados.

As tabelas 2, 3 e 4 apresentam o sumário dos ensaios para a avaliação de conformidade, com a caracterização, aceitação ou rejeição dos blocos cerâmicos estruturais, em relação à NBR 15270-2.

Quadro 2 - determinação das características geométricas - Sumário dos métodos de ensaio

Determinações	N	I	ANEXOS	Bloco cerâmicos estruturais
Valores das dimensões das faces - dimensões efetivas	x		A	◇
Espessura dos septos e paredes externas do bloco	x			◇
Desvio em relação ao esquadro	x			◇
Planeza das faces	x			◇
Área bruta	x			○
Área líquida	x			-
N - normativo I - informativo				
○ - Não obrigatório para avaliação de conformidade. ◇ - Obrigatório para avaliação de conformidade.				

Fonte: Adaptação ABNT NBR 15270-3:2005

⁸³ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15270-3 – Componentes cerâmicos – Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio.** Rio de Janeiro, 2005.

Quadro 3 - Determinação das características físicas - Sumário dos métodos de ensaio

Determinações	N	I	ANEXOS	Bloco cerâmicos estruturais
Massa seca	x		B	○
Índice de absorção de água	x			◇
N - normativo I - informativo				
○ - Não obrigatório para avaliação de conformidade. ◇ - Obrigatório para avaliação de conformidade.				

Fonte: Adaptação ABNT NBR 15270-3:2005

Quadro 4 - Determinação das características mecânicas - Sumário dos métodos de ensaio

Determinações	N	I	ANEXOS	Bloco cerâmicos estruturais
Resistência à compressão dos blocos estruturais	x		C	◇
Diretrizes para seleção de métodos de ensaio para determinação de características especiais		x	D	○
Índice de absorção inicial (AAI)		x	E	○
N - normativo I - informativo				
○ - Não obrigatório para avaliação de conformidade. ◇ - Obrigatório para avaliação de conformidade.				

Fonte: Adaptação ABNT NBR 15270-3:2005

O anexo A, refere-se aos ensaios para determinação das características geométricas dos blocos cerâmicos. Já o anexo B, normatiza dos ensaios para determinação da massa seca e o índice de absorção d'água.

O anexo C, prescreve o método de ensaio para determinação da resistência à compressão dos blocos estruturais. O anexo D apresenta informações e estabelece diretrizes gerais para seleção e execução de métodos de ensaio para a determinação de características físicas e mecânicas para os blocos cerâmicos

estruturais. E por sua vez o anexo E traz o método de determinação do índice de absorção de água inicial dos blocos cerâmicos estruturais.

3

EXPERIMENTAL

3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O presente capítulo, aborda práticas experimentais sobre a conformidade e a qualidade dos blocos por meio de ensaios em laboratório, para obtenção das características geométricas e do índice de absorção de água dos blocos cerâmicos estruturais. Os blocos utilizados nos ensaios são provenientes de um lote cedido gentilmente pelo engenheiro Sergio Pessoa de Melo, responsável técnico pela execução e criação de um projeto residencial multifamiliar situado na cidade de Inhapim - MG, ver APÊNDICE A.

A empresa que fabricou os blocos é da cidade de Sobrália - MG, situada na Rua José Afonso Boaventura 1 - Centro, e é registrada como Cerâmica do Vale LTDA.

Todos os ensaios foram realizados no Laboratório de Materiais de Construção Civil da Faculdades Integradas de Caratinga - FIC. Os ensaios foram referentes às características dimensionais dos blocos, a determinação da área líquida e bruta e a absorção de água do bloco cerâmico estrutural.

Os blocos cerâmicos estruturais usados nesta pesquisa, possuem resistência característica de 6,0 Mpa e pertencem à classe de blocos estruturais cerâmicos de parede vazadas.

As pesquisas para ensaios de obtenção de características físicas e mecânicas dos blocos cerâmicos estruturais foram baseadas nas normas regulamentadoras - NBR's, regidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, descritas no capítulo 2.

3.2 ENSAIOS REALIZADOS

3.2.1 Características dimensionais dos blocos cerâmicos estruturais

As características dimensionais dos blocos são requisitos específicos para que os mesmos possam ser classificados aptos a serem utilizados. A NBR 15270⁸⁴ rege a Tabela 5, onde são apresentadas as tolerâncias individuais dimensionais dos blocos, e a Tabela 6 que apresenta as tolerâncias dimensionais relacionada à média dos blocos.

⁸⁴ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15270-2 – Componentes cerâmicos – Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – terminologia e requisitos.** Rio de Janeiro, 2005

Quadro 5 - Tolerâncias dimensionais individuais dos blocos

Grandezas controladas	Tolerância (mm)
Largura (L)	± 5
Altura (H)	
Comprimento (C)	

Fonte: ABNT NBR 15270-2:2005

Quadro 6 - Tolerâncias dimensionais em média dos blocos

Grandezas controladas	Tolerância (mm)
Largura (L)	± 3
Altura (H)	
Comprimento (C)	

Fonte: ABNT NBR 15270-2:2005



Figura 23 - Obtenção do comprimento (C) do bloco cerâmico em laboratório

Fonte: Acervo do autor



Figura 24 - **Obtenção da altura (H) do bloco cerâmico em laboratório**
Fonte: Acervo do autor



Figura 25 - **Obtenção da largura (L) do bloco cerâmico em laboratório**
Fonte: Acervo do autor

Outra característica geométrica dos blocos cerâmicos a ser analisada, é a espessura mínima dos septos e paredes (figuras 27 e 28), como nesta pesquisa será usado o bloco cerâmico estrutural de parede vazada, o mínimo de espessura das paredes externas deve ser de 8 milímetros e dos septos de 7 milímetros (figura 26). Os desvios em relação ao esquadro (figura 30) e a planeza das faces, (figura 29), são características importantes a serem levadas em consideração, como foi apresentado no item 2.2.1 do capítulo 2.

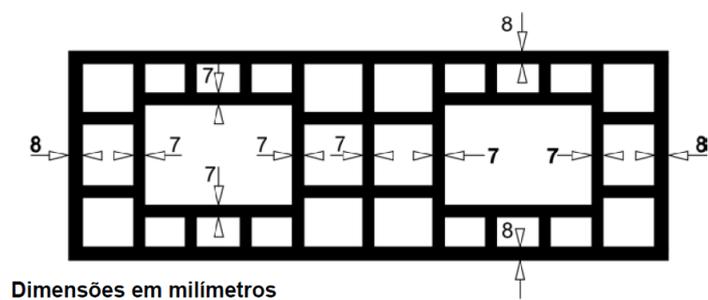


Figura 26 - **Espessuras mínimas dos septos e das paredes dos blocos cerâmicos estruturais de parede vazada**

Fonte: ABNT NBR 15270-2:2005



Figura 27 - **Determinação do septo exterior do bloco cerâmico**

Fonte: Acervo do autor



Figura 28 - **Determinação do septo interior do bloco cerâmico**

Fonte: Acervo do autor



Figura 29 - Verificação da planeza das faces dos blocos cerâmicos
Fonte: Acervo do autor



Figura 30 - Verificação dos desvios em relação ao esquadro
Fonte: Acervo do autor

3.2.2 Determinação da área líquida e área bruta dos blocos cerâmicos estruturais

Para a determinação da área bruta dos blocos, é medido a altura (H), o comprimento (C) e a largura (L) (figuras 23, 24 e 25), e depois obter a área através da expressão $L \times C$, expressa em cm^2 .

Já para a obtenção da área líquida do bloco deve-se emergi-lo em água fervente por 2 horas ou água em temperatura ambiente por 24 horas (figura 31), depois de determinar a área bruta. Após saturado, o bloco é pesado obtendo o valor de sua massa aparente (m_a).

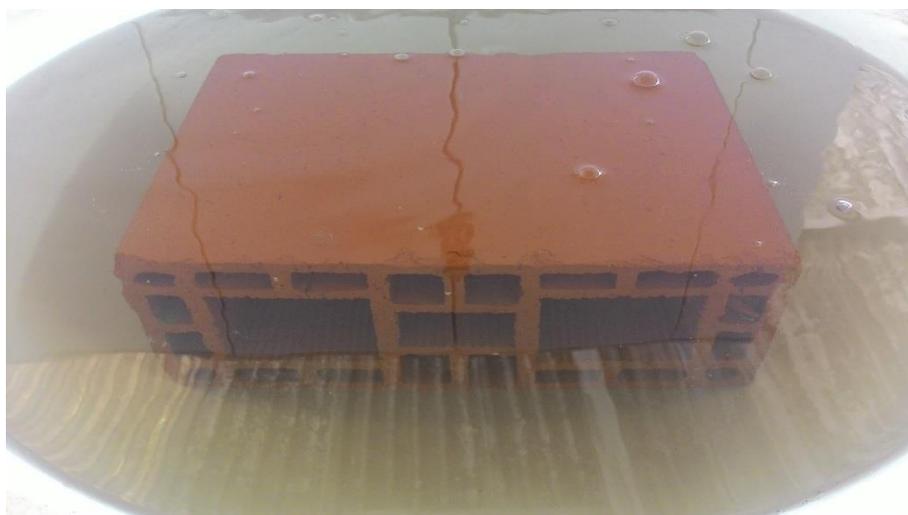


Figura 31 - **Bloco cerâmico emergido em água com temperatura ambiente por 24 horas**

Fonte: Acervo do autor

Em seguida, secou-se o bloco superficialmente com pano úmido e pesa-se novamente obtendo a massa úmida (m_u). A expressão abaixo, expressa em cm^2 , determina a área líquida do bloco.

$$A_{liq} = \frac{(m_u - m_a)}{\gamma \cdot H} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

A_{liq} é igual à área líquida, em centímetros quadrados, com aproximação decimal;

m_u é igual à massa do bloco saturado, em gramas;

m_a é igual à massa aparente do bloco, em gramas;

H é igual à altura do bloco, em centímetros;

γ é igual à massa específica da água, tomada igual a 1, em gramas por centímetro cúbico.

Este procedimento está normatizado pela NBR 15270-3⁸⁵.

3.2.3 Absorção de água dos blocos cerâmicos estruturais

Para determinar a absorção de água (AA) do bloco, deve-se primeiramente calcular a massa seca (m_s) e a massa úmida (m_u) do bloco.

O primeiro procedimento tomado para determinar a massa seca, é a limpeza do bloco, em seguida submete-lo à secagem em estufa em temperatura entre 120° a 130° C (figuras 32 e 33). Pesa-se os blocos a cada 1 hora, até que duas pesagens consecutivas não variaram 0,025%. Assim obtendo a massa seca do bloco expressa em gramas.



Figura 32 - Secagem em estufa do bloco cerâmico estrutural
Fonte: Acervo do autor

⁸⁵ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15270-3 – Componentes cerâmicos – Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio.** Rio de Janeiro, 2005.



Figura 33 - Controle de temperatura para secagem do bloco cerâmico estrutural
Fonte: Acervo do autor

Após a obtenção da massa seca, o corpo-de-prova é colocado em um recipiente preenchido com água com temperatura ambiente e foi aquecido gradativamente até entrar em ebulição, a norma estabelece que o corpo-de-prova deve ser mantido em água fervente por 2 horas. Em seguida, a água fervente deve ser substituída por água em temperatura ambiente com a finalidade de resfriar o corpo-de-prova. O próximo passo é secar o bloco com pano úmido e limpo e pesar o mesmo, determinando assim, a massa úmida (figura 34) do bloco. Para cálculos usar valores expressos em gramas.

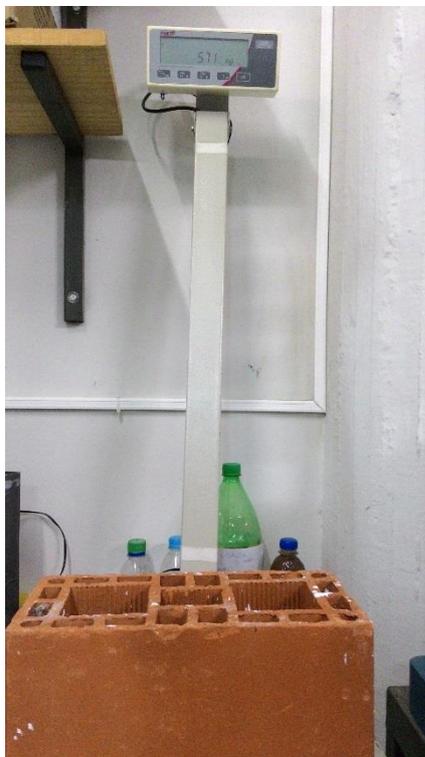


Figura 34 - Determinação da massa úmida do bloco cerâmico estrutural
Fonte: Acervo do autor

Na determinação da massa úmida, a água evaporada devido a ebulição foi substituída para que não comprometesse o procedimento.

Com a determinação da massa úmida e da massa seca, é possível chegar no índice de absorção da água do bloco, através da fórmula a seguir, expressa em gramas.

$$AA (\%) = \frac{m_u - m_s}{m_s} \times 100$$

(EQUAÇÃO 2)

Onde:

m_s é massa seca

m_u é massa úmida

O índice de absorção de água não deve ser inferior a 8% e nem superior a 22%. Este procedimento está normatizado pela NBR 15270-3⁸⁶.

⁸⁶ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15270-3 – Componentes cerâmicos – Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio.** Rio de Janeiro, 2005.

4 CONFORMIDADE DOS BLOCOS E A QUALIDADE DA ALVENARIA ESTRUTURAL

4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Neste capítulo, será apresentado os resultados obtidos através dos ensaios realizados pelo autor, assim como, será feita uma análise sistemática da relação entre a conformidade dos materiais para a execução de projetos em alvenaria estrutural com blocos cerâmicos e a qualidade da alvenaria estrutural.

A conformidade dos materiais, são regidas por normas técnicas conforme foi discutido nos capítulos anteriores e são de suma importância para que a qualidade da alvenaria estrutural seja satisfatória, atendendo os requisitos de desempenho que o sistema construtivo oferece.

A qualidade da alvenaria estrutural está diretamente ligada com a mão de obra utilizada e deve apresentar bom desempenho térmico e acústico, assim como, um ambiente esteticamente agradável e durável, além é claro de apresentar vantagens como rapidez na execução, custo competitivo e redução dos desperdícios.

4.2 CONFORMIDADE DOS BLOCOS CERÂMICOS ESTRUTURAIIS

As características geométricas dos blocos cerâmicos estruturais são de muita importância, pois delas definem os módulos horizontais e verticais da parede, quando associadas com a argamassa, definem a resistência à compressão e tração da parede.

Logo, suas dimensões devem atender requisitos de padronização para que a alvenaria seja uma unidade coesa. A tabela 7, mostra valores das dimensões de 3 blocos, escolhidos aleatoriamente de um lote de 12.000 (doze mil) blocos, com o objetivo de comprovar a veracidade das dimensões dos blocos cerâmicos.

Quadro 7 - Características individuais e médias das dimensões efetivas dos blocos cerâmicos estruturais

	Dimensões efetivas dos blocos (mm)		
	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)
Valor especificado	140,0	190,0	290,0
Bloco 1	138,0	190,0	288,0
Bloco 2	140,0	190,0	290,0
Bloco 3	138,00	188,0	290,0
Média das dimensões	138,7	189,4	289,4

Fonte: Dados do autor obtidos em análise no laboratório

De acordo com os resultados, pode-se analisar que os blocos cerâmicos estruturais estudados atendem ao requisito de tolerâncias dimensionais tanto individualmente (tolerância de 5mm), tanto relacionados à media (tolerância de 3mm).

Ainda analisando a conformidade geométrica dos blocos, avaliou-se a espessura dos septos, a espessura das paredes externas e os desvios de esquadros e planeza dos blocos cerâmicos estruturais. A tabela 8 mostra os valores obtidos por análise dos blocos em laboratório e podendo assim, concluir-se que os blocos ensaiados atendem à tolerância máxima de 3mm de desvios e o mínimo de espessura de paredes externas de 8mm e septos de 7mm.

Quadro 8 - Espessuras e desvios dos blocos cerâmicos estruturais

	Espessuras (mm)		Desvios (mm)	
	Parede externa	Septos	Esquadro	Planeza
Bloco 1	9,0	8,0	1,0	1,0
Bloco 2	10,0	8,0	0,8	1,0
Bloco 3	9,0	8,0	1,0	0,8

Fonte: Dados do autor obtidos em análise no laboratório

Outra característica analisada em laboratório, foi o índice de absorção da água, que está diretamente ligada à qualidade do bloco em relação à argamassa no assentamento. Essa característica do bloco permite avaliar a qualidade da parede sob vários aspectos, que serão discutidos no próximo tópico.

A tabela 9 apresenta os valores obtidos nos ensaios, assim como os resultados das expressões que definem os valores da área líquida e índice de absorção de água, por meio de cálculos especificados no capítulo 3, que permitiram concluir sobre a qualidade dos blocos cerâmicos estruturais.

Quadro 9 - Valores das massas das amostras e resultados da área líquida e índice de absorção de água inicial

	Massas da amostra (g)			Índice de absorção de água - AA (%)	Área Bruta (cm ²)	Área líquida (cm ²)
	Aparente (Ma)	Úmida (Mu)	Seca (Ms)			
Bloco 1	3.438	6.586	5.710	15,4	397,44	165,68
Bloco 2	3.546	6.650	5.820	12,5	406,00	163,36
Bloco 3	3.402	6.572	5.563	15,3	400,20	166,84
Médias determinadas				14,4%	401,20	165,30

Fonte: Dados do autor obtidos em análise no laboratório

De acordo com os dados apresentados na tabela 9, pode-se concluir que os blocos analisados atenderam as especificações previstas pela norma técnica, pois o índice de absorção de água dos blocos apresentou a média de 14,4% e a norma rege que este valor seja entre 8% e 22%.

4.3 CORRELAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDO E A QUALIDADE DA ALVENARIA ESTRUTURAL

A partir dos resultados pode-se fazer uma breve correlação entre a conformidade dos materiais utilizados e a qualidade da alvenaria estrutural.

A precisão dimensional dos blocos influencia diretamente à qualidade de parede. Caso haja variação nas dimensões do bloco, a parede também sofrerá alterações em sua espessura e modulação. Para corrigir variações de espessura a camada de revestimento da parede deverá ser maior podendo assim, aumentar os custos da obra e podendo até reduzir a resistência da parede.

Para casos onde as variações se dão por meio de altura e comprimento, deve-se atentar às juntas de argamassa, horizontais e verticais, respectivamente. Alterações nas juntas verticais prejudicam a modulação dos blocos (alterando a distribuição dos blocos de acordo com o projeto) e afeta, em casos extremos a resistência ao cisalhamento. Variações nas juntas horizontais alteram o pé-direito do pavimento e pode diminuir a resistência à compressão da parede.

Ainda sobre as características dimensionais dos blocos, pode-se relacionar a espessura da parede do bloco (septos) com a qualidade da alvenaria, pois uma pequena variação de 1mm nessa espessura significa grande redução na área líquida do bloco, e concomitantemente, na quantidade de matéria resistente, reduzindo a sua capacidade de resistência à compressão do bloco.

A planeza e os desvios em relação ao esquadro dos blocos são parâmetros importantes a serem analisados, pois são fatores que favorece o assentamento em prumo da alvenaria, evitando carregamentos excêntricos que diminuem a capacidade de carga da alvenaria.

O índice de absorção de água, mede indiretamente a porosidade do bloco, que é um excelente indicador da qualidade do mesmo. Blocos com menor índice de absorção são mais duráveis e resistentes. A porosidade do bloco cerâmico está ligada a possibilidade de patologias no revestimento, já que a alta absorção pode levar a fissuras ou mapeamentos dos blocos no revestimento, além de aumento do peso da estrutura.

Outro indicador de qualidade do bloco cerâmico é o índice de absorção de água inicial - AAI, está relacionado diretamente com a qualidade e a função da argamassa. Isso porque a aderência entre o bloco e argamassa se dá pelo o controle do AAI, pois se o bloco apresentar um índice de absorção de água inicial muito elevado ele irá desidratar a argamassa tornando-a pulverulenta, reduzindo sua resistência de compressão e diminuindo a aderência entre o bloco e a argamassa. Por sua vez, se o bloco apresentar um AAI muito baixo, pode prejudicar também a estrutura, pois a argamassa penetra o bloco por capilaridade, caso o bloco tenha a característica de absorção baixa, esse encunhamento não será satisfatório. O uso da cal, no traço da argamassa, oferece benefícios quanto a absorção de água, pois a mesma é um excelente retentor de água, em outras palavras, cede água aos poucos.

Ainda falando sobre a aderência, pode-se dizer que o traço da argamassa tem influência direta sobre a mesma. Para a argamassa duas propriedades são

importantes para garantir este fenômeno: a capacidade de retenção de água (hidratação do cimento) e a trabalhabilidade (penetração do bloco). Logo, a argamassa deve ser retentiva (conservar água para hidratação do cimento) e ao mesmo tempo capaz de ceder água em excesso de forma gradual e contínua para o bloco cerâmico estrutural. Essa água cedida, penetra nos poros do bloco e após a cristalização da argamassa forma cunhas que resultam na aderência. Deixando claro que todo esse processo, só ocorre quando a retenção da argamassa é compatível com o AAI do bloco. Caso o fluxo de água seja interrompido por sucção exagerada do bloco (AAI elevado) ou por pouca retentividade da argamassa, prejudica a hidratação do cimento, tornando a argamassa fraca. Fenômeno semelhante ocorre quando o AAI do bloco é baixo prejudicando a formação das cunhas.

A resiliência, está relacionada diretamente à qualidade da alvenaria. A argamassa tem como função absorver deformações devido às variações térmicas, higroscópicas e pequenos recalques ocorridos na parede. Basicamente a resiliência é associada ao módulo de deformação: quando menor o módulo de deformação mais resiliente é a argamassa, mesmo que para obter uma boa resiliência ocorra prejuízo à resistência à compressão da argamassa. Portanto é necessária ponderação dos fatores resiliência e resistência à compressão definidos por traço de argamassa.

5

CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 CONCLUSÃO

Com a finalização deste trabalho, pode-se concluir que a conformidade dos materiais utilizados para execução de projetos em alvenaria estrutural com blocos cerâmicos, está ligada diretamente à qualidade da estrutura.

É correto afirmar que, além da qualidade dos materiais, a mão-de-obra é de suma importância para atender os requisitos mínimos de conformidade regida por normas técnicas de aceitação da qualidade da alvenaria.

Em resumo, a junção de materiais de boa qualidade e mão-de-obra qualificada resultam em uma execução que atendem os parâmetros estruturais e de satisfação do cliente/empreendedor.

Comparado aos métodos construtivos mais usuais no Brasil, como por exemplo o uso de concreto armado e blocos de vedação, a alvenaria estrutural oferece benefícios socioambientais que englobam desde a racionalização de materiais até a redução de produção de resíduos sólidos.

Atualmente, este método construtivo tem ganhado cada vez mais espaço no mercado, devido à rápida execução e custos competitivos comparados a outros métodos construtivos.

Por fim, conclui-se que a alvenaria estrutural com blocos cerâmicos é uma opção viável e inovadora em algumas regiões do Brasil, apresentando vastas vantagens e benefícios, porém, deve-se levar em consideração que além de apresentar um projeto bem planejado, o controle da qualidade dos materiais utilizados deve ser rigoroso a fim de garantir a qualidade da estrutura.

5.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso da alvenaria estrutural apresenta algumas desvantagens, mas que comparados às vantagens tornam-se irrisórias. As principais desvantagens é a restrição do número de pavimentos (em caso de prédios, acima de 12 andares), o uso de vão médios moderados (cerca de 4 a 5 metros) e a não possibilidade de alteração da arquitetura. O projeto de alvenaria estrutural, deve ser planejado com integração, ou seja, os projetos elétricos e hidráulicos devem ser apresentados antes do início da execução, pois na maioria das vezes os conduítes e as tubulação são passadas nos furos dos blocos (caso seja usado blocos de paredes vazadas e a bitola seja compatível com o tamanho do bloco), caso a bitola e/ou a quantidade de conduítes e tubulações sejam grandes, usa-se o shaft (abertura vertical para passagem de tubulações e instalações).

Para um maior controle de conformidade dos materiais, o profissional deve, além de executar testes como previstos no capítulo 3 e 4, se atentar à ensaios não executados nesta pesquisa como: a resistência de compressão do bloco, a resistência à compressão do prisma, o índice de absorção de água inicial e ensaios relacionado à qualidade da argamassa. Estes ensaios são de suma importância para a controle de conformidade dos blocos cerâmicos e da argamassa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5738 – Concreto – Procedimentos para moldagem e cura de corpos-de-prova.** Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 5739 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 6118 – Projeto de estrutura em concreto – Procedimentos.** Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 6120 - Cargas para cálculo de estrutura de edificação.** Rio de Janeiro, 1980.

_____. **NBR 6123 - Forças devidas ao vento em edificações.** Rio de Janeiro, 1988.

_____. **NBR 7211 – Agregados para concreto – especificação.** Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 8798 – Execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto – Procedimento.** Rio de Janeiro, 1985.

_____. **NBR 8949 – Paredes de alvenaria estrutural – Ensaio à compressão simples – Método de ensaio.** Rio de Janeiro, 1985.

_____. **NBR 13276 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e teto - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência.** Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 13277 – Argamassa para assentamento e revestimento de parede e teto – Determinação da retenção de água.** Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 13278 – Argamassa para assentamento e revestimento de parede e teto – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado.** Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 13279 – Argamassa para assentamento e revestimento de parede e teto – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão.** Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 13280 – Argamassa para assentamento e revestimento de parede e teto – Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido.** Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 13281 – Argamassa para assentamento e revestimento de parede e teto – Requisitos.** Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15270-1 – Componentes cerâmicos – Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – terminologia e requisitos.** Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15270-2 – Componentes cerâmicos – Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – terminologia e requisitos.** Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15270-3 – Componentes cerâmicos – Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos e ensaio.** Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15812-1 – Alvenaria estrutural – Blocos cerâmicos – Parte 1: Projetos.** Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 15812-2 – Alvenaria estrutural – Blocos cerâmicos – Parte 2: Execução e controle de obras.** Rio de Janeiro, 2010.

DUARTE, R.B; **Fissuras em alvenaria: causas principais, medidas preventivas e técnicas de recuperação.** Porto Alegre: Cientec, 1988. Boletim técnico n. 25.

CAMACHO, J.S; **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural.** - Universidade Estadual Paulista “ Júlio de Mesquita Filho” - UNESP. Publicado pelo Núcleo de ensino e pesquisa de Alvenaria estrutural, Ilha Solteira, 2006.

CAVALEIRO, O;P. **Alvenaria estrutural: Tão antiga e tão atual.** In: XXX Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estrutural, 2002, Brasília-DF. Anais. Brasília-DF: Universidade de Brasília, 2002.

KALIL, S. **Alvenaria Estrutural.** Porto Alegre, 2007. 86p. Apostila de estruturas mistas – PUCRS.

MEDEIROS, J.S. **Alvenaria estrutura não armada em bloco de concreto: produção de componentes e parâmetros de projeto.** Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP. São Paulo, 1993.

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

PARSEKIAN, G.A. **Parâmetros de projeto em alvenaria estrutural em blocos de concreto.** São Paulo: EdFUSCar, 2012.

PINHEIRO, D.G; **Estudo do comportamento mecânico de blocos cerâmicos com diferentes larguras.** Tese (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Santa Maria, 2009.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M.R.S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural.** São Paulo: Pini, 2003.

RIBEIRO, F.A; **Especificação de juntas de movimentação em revestimentos cerâmicos de fachadas: levantamento do estado da arte**. Dissertação (mestrado em engenharia). São Paulo. 2006.

RICHTER, C. **Alvenaria estrutural: processo construtivo racionalizado**. Curso de extensão. Universidade do Vale dos Rios dos Sinos – UNISINOS. São Leopoldo, 2007.

RIZZATTI, E. **Influência da geometria do bloco cerâmico no desempenho mecânico da alvenaria estrutural sob compressão**. 2003. 170f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

SANTOS, M. J. F. **Análise da resistência de prisma e pequenas paredes de alvenaria estrutural cerâmica para diferentes tipos de argamassas**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Santa Maria, 2008.

TAUIL, P.R.A.; RACCA, C.L. **Alvenaria armada**. 3ª ed. São Paulo: Projetos Editores, 1987.

TAVARES, H.J; **Alvenaria estrutural: Estudo bibliográfico e definições**. 2011.58f. Tese (Monografia em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Semi-Árido, Mossoró, 2011.

THOMAZ, E; **Trincas em edifícios**. 1. Ed. São Paulo: Pini, 1989.

APÊNDICE A



Foto 1 - Grauteamento e preenchimento das contravergas



Foto 2 - Grauteamento e preenchimento das contravergas



Foto 3 - Uso do bloco tipo canaleta para executar o coxim



Foto 4 - Preenchimento dos blocos tipo canaleta



Foto 5 - Montagem da laje treliçada utilizando o bloco canaleta “J”



Foto 4 - Concretagem da laje treliçada



Foto 5 - laje concretada



Foto 6 - Alocação da primeira fiada dos blocos cerâmicos estruturais