PROCESSO CONSTRUTIVO: ALVENARIA ESTRUTURAL**Daniel Mereles de Oliveira Quintanilha**

Estudante de Engenharia Civil pela UNISUAM, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

danieloliveirario@hotmail.com

Rodrigo Santos de Souza

Estudante de Engenharia Civil pela UNISUAM, Rio de Janeiro, RJ, Brasil rodrigoleitesouza@gmail.com

Marcelo de Barros Amorim

Estudante de Engenharia Civil pela UNISUAM, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

engmarceloamorim@hotmail.com

Maria Isabel de Paula Ribeiro

Msc. Engenharia de Produção COPPE/UFRJ Arquiteta e Urbanista, Rio de Janeiro, RJ, brasilarquiribeiro@gmail.com

RESUMO

O sistema construtivo em Alvenaria Estrutural foi originado na Pré-História, é considerado um dos mais antigos sistemas de construção da Terra. Nos anos 50 (do Século XX), em algumas regiões da Europa, principalmente na Suíça começaram a surgir normas nas quais permitiam calcular a espessura e a resistências das paredes. Nos anos 60 e 70 (do Século XX) tiveram intensas pesquisas, pois havia a necessidade de um aprimoramento nos modelos matemáticos de cálculos com o intuito de aperfeiçoar este método construtivo, assim obtendo projetos mais precisos e com maior resistência. Atualmente estamos vivendo em uma época onde é visivelmente predominante a construção de prédios, visando um melhor aproveitamento do espaço. Um dos modos de construção mais utilizados é a alvenaria estrutural. No presente trabalho buscou-se descrever o sis-

tema construtivo de Alvenaria Estrutural, que ultimamente tem sido utilizado em grande escala, principalmente em prédios residências. Este sistema quando bem empregado só irá gerar benefícios para obra, pois além de ser rápido reduz e muito o custo da obra, porém deve-se tomar muito cuidado com o controle tecnológico do graute, evitar rasgos nas paredes para as passagens das instalações elétricas e hidro sanitárias e retrabalhos que poderiam ter sido evitados.

Palavras-chave: Construção. Alvenaria. Estrutura. Graute.

CONSTRUCTION PROCESS: STRUCTURAL MASONRY

ABSTRACT

The constructive system in structural masonry was originated in pre-history, it is considered one of the oldest systems of construction of the Earth. In the years 50 (Sec. XX), in some regions of Europe, mainly in Switzerland began to emerge standards in which they allowed to calculate the thickness and resistance of the walls. In the years 60 and 70 (Sec. XX) had intense research, because there was the need for an improvement in mathematical models of calculations in order to improve this constructive method, thus obtaining more precise projects and with greater resistance. We are currently living in an era where construction of buildings is clearly predominant, aiming at a better use of space. One of the most commonly used construction methods is structural masonry. In the present work we have tried to describe the constructive system of Structural Masonry, that lately has been used in large scale, mainly in residential buildings. This system, when well used, will only generate benefits for the work, because in addition to being fast reduces and much the cost of the work, however, one must be very careful with the technological control of the graute, to avoid tears in the walls for the passages of the electrical installations and Hydrosanitary facilities and rework that could have been avoided.

Keywords: Construction. Masonry. Structure. Grout

1 INTRODUÇÃO

Inicialmente, pela facilidade de ser encontrada na natureza, a rocha foi utilizada como elemento de alvenaria, utilizando-se de técnicas rudimentares e procedimentos empíricos. A alvenaria estrutural como material de construção tradicional tem sido usada há milhares de anos (DUARTE, 2007).

O sistema construtivo em Alvenaria Estrutural foi originado na Pré-História, é considerado um dos mais antigos sistemas de construção da Terra. Nos anos 50, em algumas regiões da Europa, principalmente na Suíça começaram a surgir normas nas quais permitiam calcular a espessura e a resistências das paredes. Nos anos 60 e 70 tiveram intensas pesquisas, pois havia a necessidade de um aprimoramento nos modelos matemáticos de cálculos com o intuito de aperfeiçoar este método construtivo, assim obtendo projetos mais precisos e com maior resistência.

No Brasil ela teve início no período colonial, utilizando-se pedras, tijolo de barro cru e taipa de pilão. Em 1850 ocorreram os primeiros avanços na técnica construtiva, com a utilização de tijolos de barro cozido, no qual permitia a construção de maiores vãos com uma maior resistência a ação da água. Hoje em nosso país, este sistema conta com várias normas da ABNT para cálculo, execução e controle de obras.

Existem diversos métodos construtivos, cada um com sua particularidade. Em todos são exigidos muitos estudos e pesquisas para que sejam supridas as necessidades de cada tipo de obra.

No presente trabalho buscou-se descrever o sistema construtivo de Alvenaria Estrutural, que ultimamente tem sido utilizado em grande escala, principalmente em prédios residências. Este sistema quando bem empregado só irá gerar benefícios para obra, pois além de ser rápido reduz e muito o custo da obra, porém deve-se tomar muito cuidado com o controle tecnológico do graute, evitar rasgos nas paredes para as passagens das instalações elétricas e hidro sanitárias e retrabalhos que poderiam ter sido evitados.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Condições para o início dos serviços

O canteiro deverá ser planejado de forma a permitir a perfeita separação dos diversos tipos de blocos por pavimento. Devido à diferença de resistência - fbk- do bloco que é utilizado em cada pavimento, os blocos deverão ser identificados (com o respectivo fbk), para que não seja utilizado em local diferente do estipulado em projeto.

As propriedades mecânicas dos blocos de concretos (Figura 1) estão normatizadas pela NBR 7184 (1992), e classificados pela NBR 6136 (1994). A tabela 4 desta norma apresenta especificações relacionadas à resistência à compressão característica (fbk) desses elementos estruturais.

Figura 1 - Blocos separados por resistência.

Fonte: (Autores, 2018)

As baias de aço deverão ser de fácil acesso (Figura 2), tanto para descarga, quanto para o corte das barras. Preferencialmente, o aço utilizado para o grauteamento tem que estar armazenado em um único espaço, para que não haja desperdício no corte das mesmas.

Os eixos devem estar definidos, o local de aplicação da alvenaria deve estar limpo e livre de poeira, as proteções de periferia de laje devem estar instaladas, os arranques dos pontos de graute (Figura 3) devem estar conferidos, solicitar com antecedência

a produção do guarda corpo de ferro das escadas e sacadas, estudar o tipo de escoramento a ser utilizado no local da sacada, este deve permitir a instalação do guarda corpo de forma adequada.

Figura 2 - Baia de aço, separado por bitola e sem contato com o solo.

Fonte: (ABNT)

Figura 3 - Arranque dos pontos de graute.

Fonte: (Autores, 2018).

Para argamassa e graute feitos na obra devem estar definidos juntamente com

laboratório de controle de materiais e projetista estrutural os traços para as resistências específicas por pavimento. Cada traço deve ser ensaiado e ter seus resultados aprovados conforme a norma da ABNT/CB-02 1º PROJETO 02:123.04-015-2.

Conforme Bedin (2006) apud Sabbatini (2007), uma das principais funções da argamassa é ser uma liga que une blocos, trabalhando estruturalmente como transferidor de esforços capaz de suportar pequenas deformações, apesar de todas as características a de resistência é uma função secundária desse componente. A Figura 4 representa os corpos de prova de graute e argamassa.

Figura 4 - Corpos de prova de graute e argamassa.

Fonte: (Autores, 2018).

Os corpos de prova devem estar devidamente identificados para que não ocorram possíveis erros na hora do rompimento no laboratório.

2.2 Procedimento de execução

2.2.1 Eixos

Com a utilização de um prumo ou nível a laser deve-se transportar o eixo para

cada andar de trabalho e com eixos marcados conferir os esquadros dos eixos com dimensões múltiplas de 3x4x5 m, esticar uma linha de nylon entre os eixos para servir de referência para a medida das demais paredes (Figura 5).

A referência do eixo deve estar sempre nos primeiros andares, assentam-se os primeiros blocos nas quinas externas do edifício, seguindo o projeto de primeira fiada, após limpar e molhar a área onde os blocos serão assentados (Figura 6).

Os projetos de alvenaria estrutural devem conter em planta desenhos detalhados dos blocos individualmente obrigatoriamente para 1° e 2° fiada. Cada parede deve ter desenhada sua elevação com cada bloco individual, assim como vergas pré-moldadas, blocos grauteados e armaduras.

Figura 5 - Projeto de locação dos pontos de graute com os eixos

Fonte: (Autores, 2018).

Figura 6 - Assentamento dos primeiros blocos

Fonte: (Autores, 2018).

2.2.2. Marcação

A laje deverá ser mapeada com um aparelho de nível a laser ou mangueira de nível ou nível alemão, identificando o ponto mais alto, que será tomado como nível de referência para definir a cota da primeira fiada de canaletas ou a primeira fiada de peitoris de janela (Figura 7).

Figura 7 - Marcação de laje, com os pontos de graute protegidos.

Fonte: (Autores, 2018).

Confere-se a medida até o eixo e após esta liberação, deve-se esticar linha de nylon entre os blocos das extremidades, que servirá como alinhamento para a execução do restante das paredes. No momento da conferência das paredes, deve-se atentar para as medidas de vãos de porta e janelas.

2.2.3. Primeira Elevação

O primeiro passo nesta etapa é a referência de nível para a fiada de canaleta. Este ponto poderá ser marcado na barra de ferro do ponto de graute. Instalar e conferir todas as barras de aço nos pontos determinados de graute, atentando para a bitola e perfeito transpasse e união das peças conforme definido em projeto. Verificar o projeto para garantir que a barra específica do para-raio não seja interrompida em nenhum pavimento.

A conferência do aço dedicado ao para-raio para interligação do mesmo deve ser utilizado clips específico, atentar para a necessidade de aterramento do guarda corpo de varanda no andar específico de fechamento do anel do para-raio. Assentam-se os blocos das extremidades de cada parede, que devem ser conferidos com o prumo em relação à fiada anterior, conforme apresentado na Figura 8.

Figura 8 - Primeira elevação sendo executada.

Fonte: (Autores, 2018).

Com o auxílio de uma paleta de madeira ou ferramenta similar deve esticar a argamassa sobre a primeira fiada no sentido horizontal. A colocação da argamassa na junta vertical deverá acontecer antes do assentamento do bloco de forma que a argamassa fique pressionada entre dois blocos. As juntas devem ser feitas de forma que haja regularidade na espessura da argamassa e esta espessura deve seguir o projeto de modulação.

Conforme projeto de modulação assentam-se os blocos da segunda fiada com o auxílio de uma linha e posicionam-se os blocos que irão possuir pontos de elétrica.

Para garantir o alinhamento entre as fiadas, deve-se utilizar linha de nylon em todas as fiadas, os blocos tipo canaleta são cortados antes do seu assentamento. Nesta etapa o nível de referência deve ser conferido para evitar possíveis problemas futuros com os vãos de portas e janelas. Neste ponto devem-se colocar telas eletrosoldadas a cada 2 fiadas para as alvenarias de vedação, caso seja possível a tela poderá ser fixada posteriormente através de pinos de aço afixados nos pontos de graute, seguir projeto de arquitetura locando as amarrações das paredes de vedação, e a espessura do bloco de vedação.

2.2.4. Grauteamento

Conforme Manziane (2007), graute é um concreto composto de agregados miúdos e alta plasticidade, mas com slump necessário para preencher os vazios e ter resistência necessária para aumentar a seção transversal do bloco. Outro fator que muito interfere no conjunto graute é segundo Ramalho e Corrêa (2006), a armadura que deve trabalhar monoliticamente assemelhando-se ao concreto armado.

Seguindo-se o projeto específico, uma haste de aço é utilizada para auxiliar no adensamento do graute em toda a extensão vertical e horizontal da parede. A parede não poderá estar acima de 1,40m entre as etapas de grauteamento e menos de 24 ± 2 horas do término do assentamento dos blocos.

Antes de iniciar o grauteamento (Figura 9), deve ser conferida a limpeza através

do furo de inspeção para que seja garantido um preenchimento completo e homogêneo.

Figura 9 - Detalhe do grauteamento horizontal.

Fonte: (Autores, 2018).

A facilidade em preencher os vazios é umas das vantagens de se usar grautes, principalmente em locais onde passam tubulações, instalações etc.

2.2.5. Segunda Elevação

Antes de iniciar esta etapa deve ser feita a montagem da proteção padrão utilizada para essas obras. Repetir o procedimento da primeira elevação, seguindo o projeto de modulação das paredes, atentando-se aos prazos de execução pós graute.

Deve-se atentar às medidas de nível e vãos de janelas e portas. Neste tipo de obra, as vergas das janelas são executadas com os blocos canaletas grauteados ou pré-moldados de concreto. É muito importante acompanhar o nível da fiada de canaleta para evitar problemas com a fachada.

Figura 10 - Detalhe da utilização e linha de nylon para garantir o nivelamento entre as fiadas.

Fonte: (Autores, 2018).

Assim como na primeira elevação, a última fiada é canaleta, mas só deverá ser devidamente grauteada após a montagem da próxima laje, que deverá ser executado com extremo cuidado para não chocar-se com as paredes recém-executadas, após a elevação das grades da proteção.

3. ENSAIOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL

A dosagem experimental em alvenaria estrutural tem por finalidade estabelecer o traço da argamassa, para que estes tenham a resistência e a trabalhabilidade previstas em projeto. Para isso deverá ser contratada uma empresa de controle tecnológico para definição do traço.

A obra “roda” este traço proposto, e envia para o laboratório para o mesmo ser ensaiado. É de extrema importância que este procedimento seja feito com antecedência, antes do início do embasamento da alvenaria estrutural, para que a obra tenha tempo

hábil de corrigir o traço, e reensaia o mesmo, se o resultado esperado não for atingido.

A obra deverá preparar a central de dosagem de graute e concreto com os equipamentos de medição padronizados e pré-definidos. As padiolas dimensionadas na carta de traço, não poderão ser substituídas por outra de tamanho diferente, e os recipientes para a dosagem da água (balde, lata), deverão ser graduados, para que não haja desvio na produção do traço.

3.1. Amostragens e Ensaaios

Para argamassas, graute, prismas ocos e prismas cheios, o parâmetro de controle deve ser a resistência a compressão para 28 dias. Os corpos de prova para ensaio de argamassa deverão ter altura de 10 cm e diâmetro de 5 cm. Para os ensaios de graute, os corpos de prova deverão ter altura mínima de 15 cm e diâmetro de 7,5 cm. No caso dos ensaios de prisma oco e cheio, devemos preparar as amostras seguindo os seguintes critérios:

- Realizar o assentamento reproduzindo o mais fielmente possível as condições da obra, principalmente no tocante mão-de-obra, materiais, condições atmosféricas, colocação da argamassa e espessura de junta.
- O assentamento deve ser efetuado sobre uma tábua (impermeável para evitar absorção de água quando da confecção do prisma cheio) de espessura mínima igual a 1 cm, nivelada e firmemente apoiada no solo. Não é permitido colocar mais que um prisma em cada tábua.
- A tábua deve ter dimensões suficientes para conter toda seção do bloco. Entre o bloco e a tábua não deve haver materiais estranhos que impeçam a perfeita acomodação do primeiro.
- A argamassa deve ser colocada sobre toda a superfície superior do bloco, em quantidade suficiente, de modo a resultar em uma superfície reta e sem sulcos.
- Outro bloco, de mesmas características e na mesma posição, deve ser colocado

sobre a argamassa, evitando movimentos horizontais.

- Com um martelo de carpinteiro e o auxílio do nível e o prumo, colocar o bloco em sua posição final, resultando em uma junta com 10 ± 3 mm. A junta deve ser rasada e as rebarbas aparadas.
- Caso o prisma seja destinado ao preenchimento, limpar perfeitamente o fundo dos furos dos blocos sem manuseá-los.
- No caso de prisma cheio devemos efetuar o grauteamento de 22 a 26 horas do assentamento, dentro das mesmas faixas de temperatura e umidade.
- Colocar o graute dentro dos furos dos blocos devidamente limpos e adensados em duas camadas por meio de 30 golpes/camada com a haste de socamento.
- A superfície superior do graute deve ser rasada e alisada por meio de uma colher de pedreiro. Quanto ao processo de cura, os prismas devem permanecer nas condições da obra, em local específico, durante no mínimo dez dias. Após esse prazo, solicitar o recolhimento dos prismas pela empresa de controle tecnológico, contratada para preparação e ensaio aos 28 dias.

As obras devem seguir a especificação da tabela 1 da NBR 15961-2, considerando-se a área do pavimento tipo como fator determinante dos elementos de ensaios e quantidades específica por pavimento.

Tabela 1 - Programa de ensaios para edifícios em alvenaria estrutural.

PROGRAMA DE ENSAIOS PARA EDIFÍCIOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL												
Inspirado no texto da NBR 15961-2												
Elementos de Ensaio	Com pavimento tipo até 500 m ²			Com pavimento tipo até 750 m ²			Com pavimento tipo até 1000 m ²			Com pavimento tipo até 1250 m ²		
	nº de corpos de prova por pavimento			nº de corpos de prova por pavimento			nº de corpos de prova por pavimento			nº de corpos de prova por pavimento		
	Total	A Ensaiar	A Reservar	Total	A Ensaiar	A Reservar	Total	A Ensaiar	A Reservar	Total	A Ensaiar	A Reservar
Prisma Oco	12	6	6	18	9	9	24	12	12	30	15	15
Prisma Cheio	12	6	6	18	9	9	24	12	12	30	15	15
Graute	6	3	3	12	6	6	12	6	6	18	9	9
Argamassa	6	3	3	12	6	6	12	6	6	18	9	9
Bloco	6	3	3	12	6	6	12	6	6	18	9	9
Observações	Descartar o reservado se os primeiros ensaios de prisma(oco e cheio) forem aprovados											
	Os blocos não ensaiados podem ser reaproveitados											
	Todos os ensaios devem ser realizados aos 28 dias											

Fonte: (NBR 15961-2).

3.2. Transporte e manuseio

Ao final do período de 10 dias de cura, os prismas ocós devem ser solidarizados por meio do porta-prisma. O porta-prisma é um console metálico, que trava o corpo de prova através de uma barra roscada e rosca do tipo borboleta. Este procedimento previne a ruptura da aderência argamassa/bloco durante o manuseio. O manuseio é proibido antes de se completar esta operação.

Instruções de montagem do porta-prisma: Conforme demonstração abaixo, separar a base do porta-prisma, e a parte superior de travamento (Figura 11). Em seguida, colocar o corpo de prova sobre a base (Figura 11), e posteriormente travar, e colocar a alça de transporte (Figura 12).

O corpo de prova está pronto para ser transportado (Figura 12).

Figura 11 - Base e parte superior do porta prisma.

Fonte: (Autores, 2018).

Figura 12 - Porta prisma.

Fonte: (Autores, 2018).

3.3. Análise dos Resultados

A empresa de controle tecnológico deverá enviar relatório de ensaio aos 28 dias contendo as informações do local e data de aplicação, traços, resistências características

e forma de ruptura.

Os resultados devem ser relatados como a tensão obtida da divisão da carga de ruptura pela área bruta, para os prismas cheios.

O relatório do ensaio deve conter:

- Dados da obra, tais como: razão social do empreendimento, nome da obra e endereço;
- Identificação dos prismas;
- Indicação dos elementos empregados (argamassa, graute, blocos);
- Data do ensaio;
- Data do assentamento;
- Data de grauteamento;
- Condições de cura;
- Data da coleta;
- Indicação do local de aplicação;
- Seção de trabalho considerada no cálculo da tensão de ruptura, em mm^2 ;
- Tensão de ruptura, em MPa;
- Descrição do modo de ruptura, podendo-se usar fotografias ou desenhos, se necessário.

No caso da resistência esperada não ser atendida, o calculista deverá ser consultado através de carta ou e-mail aprovando ou não o lote. Caso aprove, o Calculista deverá assinar o ensaio tecnológico e justificar liberando a peça com resistência abaixo do especificado. Caso não aprove o mesmo deve encaminhar procedimento assinado da recuperação e/ou novo teste, se necessário.

4. CONCLUSÃO

Com base neste estudo realizado, pode-se dizer que o sistema de alvenaria estrutural é um sistema de sem muitas complicações na sua execução, porém para um empreendimento bem sucedido, existem cinco fatores fundamentais que devem ser rigorosamente seguidos, conforme Penteado, (2009):

- Projetos;
- Tecnologia;
- Suprimentos;
- Organização
- Gestão de mão de obra.

Um empreendimento no qual são obedecidos estes itens descritos acima será, sem dúvida, uma obra bem executada e sem preocupações com possíveis problemas estruturais, com uma menor perda de materiais e mão-de-obra e, ou seja, menor custo final.

Esse sistema necessita muito cuidado em seu controle tecnológico, mas que são supridos com bons profissionais, atuando com cuidado e atenção na execução dos projetos.

Por ser um sistema racionalizado e de alto nível de industrialização, executando os projetos de maneira correta na obra não haverá desperdício de materiais, por exemplo, os blocos não podem ser quebrados, a argamassa geralmente vem pronta não havendo desperdício e sobras de areia, cimento, etc. As quantidades à serem usadas de argamassa e graute é limitada, estes devem ser colocados com muito cuidado a fim de não vazar para evitar qualquer perda de material.

Logo pode-se concluir que este método é econômico e que reduz bastante o custo para o empreendedor. A metodologia da alvenaria estrutural, se usada de maneira correta com integração total entre as partes envolvidas e, respeitando suas restrições é um método bastante rápido, limpo e com um ótimo retorno financeiro.

REFERÊNCIAS

ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland). **Alvenaria com Bloco de Concreto: Prática Recomendada**. Recife, 2003. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/downloads/index.shtml>. Acesso: 11 de Setembro de 2017.

ALVES, Vancleir Ribeiro; SILVA, Ariane C.S.; MENDES, Luiz C. **Comportamento à compressão de paredes em Alvenaria Estrutural**. Niterói, 2005. Disponível em: http://www.uff.br/semenge2005/Artigos_anais/Civil/112379_8274838.pdf. Acesso: 13 de Outubro de 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10837**: cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15961-2**: Alvenaria estrutural – Blocos de concreto – Parte 2: Execução e controle de obras. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7184**: blocos vazados de concreto simples para alvenaria – determinação da resistência à compressão – método de ensaio. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8215**: prismas de blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural – preparo e ensaio à compressão. Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8798**: execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto. Rio de Janeiro, 1985.

CAMACHO, Jefferson Sidney. **Projeto de edifícios de Alvenaria Estrutural**: Notas de Aula. Ilha Solteira, 200. Disponível em: <http://www.nepae.feis.unesp.br>. Acesso: 15 de Outubro de 2017.