RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

ALVENARIA ESTRUTURAL: MÉTODO EXECUTIVO COM BLOCOS DE CONCRETO

STRUCTURAL MASONRY: EXECUTIVE METHOD WITH CONCRETE BLOCKS

Roger Andre Nascimento dos Santos[1], Gerson de Marco[2], Fabiana Florian[3]

Submetido em: 04/10/2021 e210812
Aprovado em: 14/11/2021 https://doi.org/10.47820/recima21.v2i10.812

RESUMO
O método de sistema construtivo de alvenaria estrutural é antigo, porém, sua utilização ficou relegada por muitos anos, e vem sendo retomado e se destacando na indústria da construção civil por conta das vantagens técnicas e econômicas apresentadas. O objetivo deste estudo é discorrer sobre o método de execução da alvenaria estrutural com blocos de concreto, seu princípio de racionalização, qualidade e economia que o sistema proporciona. A metodologia utilizada é de revisão bibliográfica e tem como abordagem a natureza de pesquisa qualitativa. O resultado do estudo demonstra que o método construtivo apresenta vantagens quando comparado a outros métodos, dentre elas: simplicidade do processo construtivo, redução de etapas sucessivas e no consumo de material, maior racionalização, redução no tempo de execução e menor custo global da obra. É um método viável, requerendo de prévio planejamento e acato ao projeto, e que atende as exigências econômicas e técnicas do mercado, necessitando, para melhor divulgação da técnica, de mais estudos para que seja empregado em maior escala pelas construtoras.

PALAVRAS-CHAVE: Método construtivo. Viabilidade técnica e econômica. Bloco de concreto

ABSTRACT
The method of structural masonry construction system is old, however, its use was relegated for many years, and has been resumed and highlighted in the civil construction industry due to the technical and economic advantages presented. The aim of this study is to discuss the method of execution of structural masonry with concrete blocks, its rationalization principle, quality and economy that the system provides. The methodology used is a bibliographic review and based on the nature of qualitative research. The result of the study demonstrates that the construction method has advantages when compared to other methods, including simplicity of the construction process, reduction of successive steps and material consumption, greater rationalization, reduction in execution time and lower overall cost of the work. It is a viable method, requiring prior planning and compliance with the project, and that meets the economic and technical requirements of the market, requiring further studies to better publicize the technique so that construction companies can use it on a larger scale.

KEYWORDS: *Constructive method. Technical and economic feasibility. Concrete blocks*

[1] Universidade de Araraquara - UNIARA
[2] Professor Especialista Engenheiro Civil e Segurança do Trabalho, com relevada experiência em Estrutura de concreto Armado, Alvenaria estrutural e Projetos Hidráulicos e Fundações
[3] Doutora em Alimentos e Nutrição pela Universidade Júlio de Mesquita Filho- UNESP/FCFar - Araraquara-SP; Docente do Curso de Engenharia Civil da Universidade de Araraquara- UNIARA/ Araraquara-SP

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

INTRODUÇÃO

A alvenaria estrutural possibilita racionalização e consequentemente maior lucro na edificação, no entanto requer planejamento e cuidados a serem tomados no projeto, tendo em vista requerer de mão de obra especializada, materiais de qualidade e controle na produção da obra (MENEZES, 2018).

A alvenaria estrutural é uma técnica de construção tradicional utilizada pelo homem desde a antiguidade, e refere-se a um processo construtivo na qual as paredes têm função estrutural. Dessa forma, fica encarregada da transmissão das cargas até a fundação. Pode-se dizer que nela - obra - a resistência depende unicamente das paredes, composta por blocos de concreto, todos com grande capacidade de resistência a compressão (MOHAMED, 2020).

Apesar de um conjunto de paredes sobrepostas, que resiste ao peso de outras cargas, “deve ser compreendida como um processo construtivo racionalizado, projetado, calculado e construído em conformidade com as normas pertinentes, visando funcionalidade com segurança e economia” (MENEZES, 2018, p.16).

Por muito tempo esse tipo de construção ficou em segundo plano, apesar de grandes construções históricas terem empregado esse sistema, no qual o dimensionamento era por métodos empíricos, levando ao decréscimo de seu uso. No Brasil, o uso se deu com o surgimento da primeira norma técnica (1984), tratando dos blocos vazados de concreto, a qual foi atualizada até 2010.

Atualmente estão em vigor as normas: NBR 16868-1:2021 versão corrigida em 2021- Alvenaria estrutural- Parte 1: Projeto; NBR 16868-2:2021 - Alvenaria estrutural - Parte 2: Execução e controle de obras; NBR 16868-3:2021 - Alvenaria estrutural - Parte 3: Métodos de ensaio; NBR 15049:2004 - Chumbadores de adesão química instalados em elementos de concreto ou de alvenaria estrutural - Determinação do desempenho; NBR15968:2011 Qualificação de pessoas no processo construtivo para edificações - Perfil profissional do pedreiro de obras; NBR 14974-1:2003 - Bloco sílico-calcário para alvenaria - Parte 1: Requisitos, dimensões e métodos de ensaio; NBR 14974-2:2003 - Bloco sílico-calcário para alvenaria - Parte 2: Procedimentos para execução de alvenaria; ABNT NBR 12118:2013 - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Métodos de ensaio; NBR 14956-1:2013 - Blocos de concreto celular autoclavado - Execução de alvenaria sem função estrutural - Parte 1: Procedimento com argamassa colante industrializada; NBR 14956-2:2013 - Blocos de concreto celular autoclavado - Execução de alvenaria sem função estrutural - Parte 2: Procedimento com argamassa convencional; NBR 6136:2016 - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria — Requisitos; NBR 13438:2013 - Blocos de concreto celular autoclavado - Requisitos; NBR 13440:2013 - Blocos de concreto celular autoclavado - Métodos de ensaio (ABNT, 2021a).

Na atualidade, o destaque da alvenaria estrutural se dá pela redução dos custos na construção, por sua agilidade e racionalidade, tornando-se viável para resolução do grande déficit habitacional, motivos esses que têm impulsionado o desenvolvimento de obras de médio e até alto padrão, os empreendimentos horizontais e verticais (MENEZES, 2018).

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

Conforme alerta Salvino (2020), o déficit habitacional requer de políticas públicas, pois trata-se de uma questão social, e como possível forma de minimizar esta problemática, se faz necessário a busca por métodos construtivos alternativos, de qualidade, menos custo, segurança e que possa ser realizado em menor tempo, propiciando uma moradia de qualidade. Corroborando com esta demanda, o crescimento da indústria da construção civil torna possível novas técnicas que viabilizam o prazo, custo e qualidade de uma obra.

Frente a este contexto, o objetivo deste estudo é discorrer sobre o método de execução da alvenaria estrutural com blocos de concreto. Como objetivos específicos, este artigo busca levantar dados sobre as construções histórias que aplicaram a alvenaria estrutural, os princípios de racionalização, qualidade e economia que o sistema proporciona; trata da especificação do elemento (bloco de concreto) para uso no segmento, relaciona alguns estudos sobre o tema, e as vantagens do método.

Para atender a esta proposta, através da revisão de literatura, é realizado um levantamento bibliográfico com documentos sobre o tema. Trata-se uma pesquisa com abordagem qualitativa que busca demonstrar como alternativa a alvenaria estrutural.

ALVENARIA ESTRUTURAL

Tauil e Nese (2010, p. 19) definem alvenaria como sendo “um conjunto de peças sobrepostas coladas em sua interface, por uma argamassa apropriada, formando um elemento vertical coeso.” Sendo que o objetivo desse conjunto é a vedação de espaços, promover a resistência a cargas devida à gravidade, promover segurança e resistência a impactos e a ação do fogo, possibilitar isolamento acústico e contribuir para a manutenção do conforto térmico, impedindo a entrada de chuvas ou ventos no interior do ambiente.

Cavalheiro (2009 *apud* MENEZES, 2018) conceitua a alvenaria estrutural como um sistema que emprega paredes de alvenaria e lajes enrijecidas que agem como principal estrutura de suporte das construções. Ou seja, o próprio sistema que forma a estrutura suportar seu peso e demais cargas (PRUDÊNCIO JÚNIOR et al., 2002).

É um sistema construtivo que possibilita mais racionalização e maior produtividade, quando comparado com demais sistemas convencionais, fatores esses que se revertem em economia e lucro. O fato de ser um sistema que requer planejamento torna a execução da obra mais rápida (MENEZES et al., 2018).

A alvenaria estrutural não requer a utilização de pilares ou vigas, tendo em vista os portantes (denominação das paredes neste tipo de alvenaria) comporem a estrutura da edificação e distribuírem as cargas uniformemente (TAUIL; NESE, 2010), ou seja, os elementos estruturais desempenham a função estrutural mediante projeto, dimensão execução de forma racional (CAMACHO, 2006).

Segundo Sabbatini (1984), no edifício de alvenaria estrutural, as paredes resistentes são primordialmente projetadas para suportar, além do peso próprio, as cargas acidentais e devem ser

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

dimensionadas por cálculo racional. Os elementos de alvenaria que não participam do sistema estrutural, ou seja, utilizados principalmente para fechamento e subdivisões de espaço, são dimensionados empiricamente.

Os materiais utilizados na alvenaria estrutural, no caso das unidades, devem apresentar adequada resistência à compressão, boa capacidade de aderência à argamassa de assentamento e dimensões uniformes (CARVALHO; LEAL, MUNAIAR NETO, 2021). Soares (2010) acrescenta que, uma outra característica às unidades é a elevada resistência ao fogo.

Segundo Pastro (2007), ressaltando sobre a otimização do processo e redução de desperdícios, refere-se à alvenaria estrutural "como brincar de encaixar peças, com diversos tamanhos e formatos, não podendo quebrar ou alterar a forma das mesmas." A quantidade de blocos é calculada para determinada obra, não podendo haver quebras, e o desperdício, quando ocorre, é no transporte o no manuseio dos blocos, não havendo perdas, corte ou rearranjos, contribuindo com a racionalização da obra. Na alvenaria comum a função básica e a vedação ou fechamento, enquanto que a alvenaria estrutural, substitui a estrutura de concreto e os fechamentos de alvenaria (CAMPOS, 2012).

Por ser um método simples e eficiente, a alvenaria estrutural tem sido empregada em grande escala na contemporaneidade (COÊLHO, 1998 *apud* MENEZES, 2018).

Quanto aos tipos de alvenarias, estas podem ser: Alvenaria não armada; Alvenaria armada ou parcialmente armada; Alvenaria protendida; e Alvenaria estrutural (TAUIL; NESE, 2010), sendo esta última o foco deste estudo. Assim, de acordo com Camacho (2006), a alvenaria estrutural pode ser classificada quanto ao emprego de seu processo construtivo ou quanto ao tipo de unidade ou de material empregado, podendo ser:

- Alvenaria Estrutural Armada: processo construtivo no qual se necessita de elementos resistentes (estruturais) como armadura passiva de aço, que dispostas nas cavidades dos blocos são preenchidas com microconcreto (Graute);

- Alvenaria Estrutural Não Armada: nesta, os elementos estruturais existem com finalidades construtivas, prevenindo problemas patológicos como, fissuras, concentração de tensões etc.);

- Alvenaria Estrutural Protendida: neste processo há uma armadura ativa de aço contida no elemento resistente;

- Alvenaria Estrutural de Tijolos ou de Blocos: função do tipo das unidades (tijolos ou blocos);

- Alvenaria Estrutural Cerâmica ou de Concreto: conforme as unidades, se de cerâmica ou de concreto;

- Alvenaria Estrutural Parcialmente Armada: utiliza elementos resistentes como armados e outros como não armados.

Quanto as vantagens deste tipo de alvenaria, essas podem ser técnicas e econômicas, destacando-se:

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

- Menor diversidade de materiais a serem utilizados, reduzindo o número de subempreiteiras na obra, a dificuldade da etapa executiva e o risco de atraso na entrega, decorrente de possíveis faltas de materiais, equipamentos ou mão de obra;

- Reduz a diversidade de mão de obra especializada, sendo esta somente requerida na execução da alvenaria, divergindo do que ocorre nas estruturas de concreto armado e aço;

- Otimização na execução, decorrente da simplificação das técnicas, permitindo rapidez no retorno do capital investido;

- Redução de custos, tendo em vista a aplicação adequada das técnicas de projeto e execução, podendo atingir 30% por conta da simplificação das técnicas e economia de forma de escoramentos;

- Robustez estrutural, resultado da própria característica estrutural, proporcionado maior resistência à danos patológicos provocados por movimentações, e maior segurança (CAMACHO, 2006);

- Redução do volume de resíduos gerados na obra (CARVALHO; LEAL, MUNAIAR NETO, 2021).

- Controle tecnológico; maior desempenho da mão de obra; menor consumo de argamassa de assentamento; uniformidade de textura; possibilita aplicação direta de revestimento sobre os blocos (paredes internas); tubulações sem corte de alvenaria e embutimento das mesmas (SANTOS, 2012).

No entanto, este tipo de alvenaria limita o projeto arquitetônico pela concepção estrutural, não possibilitando construção de obras arrojadas e adaptação da arquitetura para um novo uso, e requer de prévio planejamento (CAMACHO, 2006).

Em resumo, a alvenaria estrutural é executada com blocos vazados de concreto, a armadura é constituída por barras de aço, é introduzida em determinadas cavidades e totalmente envolta com graute. A parede resistente compõe-se tão somente dos componentes primários: blocos e junta de argamassa.

Alvenaria estrutural no mundo

Durante décadas o método de alvenaria estrutural vem sendo empregado pelo mundo, ficando registrados pelos seus aspectos estruturais e arquitetônicos. No início utilizando como material blocos de pedra sobrepostos, com ou sem ligante.

Alves (2005) afirma que algumas dessas construções históricas utilizaram o mesmo conceito empregado na atualidade, ainda que mais rudimentares. A pirâmide de Qeóps no Egito é um exemplo deste emprego. Conforme autor, os Persas e os Assírios, desde 10.000 a.C. utilizavam tijolos de adobe, e os tijolos secos ao forno tiveram início a partir de 3.000 a.C. Os povos romanos, gregos e egípcios utilizaram a pedra como material de construção, diferenciando de outros povos que recorriam a materiais como tijolos, considerados historicamente como material substituto às pedras.

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

Essas obras resistiram ao tempo, demonstrando a eficiência de suas técnicas construtivas. A exemplo as pirâmides de Quéops no Egito (Figura 1a), Farol de Alexandria (Figura 1b), o Coliseu Romano, na Itália (Figura 1c), a Catedral de Notre Dame, na França (Figura 4), a muralha da China (entre 1368 e 1644), dentre outras construções.

Figura 1 – Construções históricas



Fonte: Pastro (2007, p. 6); Google Imagens (2021).

Segundo Mohamad et al. (2020), essas construções eram compostas por blocos de pedra ou cerâmicos intertravados com ou sem ligante, destacando-se além de seus aspectos estruturais e arquitetônicos, pelo tipo de material, forma tipológica da construção e segurança estrutural. Os materiais empregados (pedras ou cerâmicas) tornava o sistema estrutural mais limitado quanto ao vão, e a tipologia em arco possibilitava atender as necessidades construtivas sem o surgimento de tensões de tração que pudesse ocasionar rupturas.

Conforme explica Mohamad et al. (2020, p. 13), “O princípio da transmissão de esforços segue a lógica do formato do ovo ou da corda suspensa, que, quando submetidos a cargas verticais, conseguem distribuir as tensões, minimizando as trações responsáveis pela ruptura frágil da estrutura.”

No auge do desenvolvimento da alvenaria estrutural, entre os anos de 1889 e 1891, final do século XIX, na cidade de Chicago, foi construído o edifício Monadnock (Figura 2) utilizando o exemplo pioneiro de alvenaria estrutural, o edifico tem 16 pavimentos, altura de 65 m e paredes interiores de 1,80 m de espessura, marcando o auge do sistema construtivo em alvenaria estrutural, tornando-se também um referencial dos limites para a construção deste tipo de alvenaria (PASTRO, 2007).

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

Figura 2 - Edifício Monadnock em Chicago



Fonte: Pastro (2007, p. 6).

No Brasil, o surgimento da alvenaria estrutural, enquanto técnica de construção, se deu no final da década de 1960, sendo o período anterior a este considerado de alvenaria resistente, sem regulamentos com critérios de dimensionamento e segurança dos elementos estruturais. Segundo Camacho (2006), essas construções concentravam-se em regiões como São Paulo (1970), Porto Alegre (entre 1984-1985), comuns em até quatro pavimentos com critérios e dimensões baseados na experiência dos profissionais, projetistas e construtores. Suas paredes eram constituídas por unidades cerâmicas maciças (tijolos) nos três primeiros pavimentos, e no último unidade vazadas, com furos na direção do assentamento da parede (MOHAMAD et al., 2020).

Somente em 1966 foram utilizados blocos de concreto em alvenarias estruturais (Conjunto Habitacional Park Lapa, São Paulo), com paredes de 19cm e quatro pavimentos. Em 1972, no mesmo conjunto habitacional foi construído quatro prédios com 12 pavimentos cada. Em 1970, o Edifico Muriti, em São José dos Campos (SP) com dezesseis pavimentos em alvenaria armada de blocos de concreto. Em 1977, também em São Paulo, no Jardim Prudência, com nove pavimentos em blocos de concreto de sílico-calcário com paredes de 24 cm de espessura, sendo o pioneiro em estrutura não armada. O Solar dos Alcântaras, em 1990, em São Paulo, é a maior edificação do Brasil em alvenaria estrutural armada, com 21 pavimentos e parede de blocos de concreto com 14 cm de espessura, em todos os andares (MOHAMAD et al., 2020).

Somente na década de 1980 teve início a utilização de blocos cerâmicos e de concretos nas obras em alvenarias estruturais não armadas e armadas, quando da introdução no mercado da construção de unidades com dimensões modulares e furos na vertical, possibilitando a passagem de instalações elétricas sem cortes nas obras.

Silva (2016) relata que, como em outros setores da indústria, a construção civil também sofreu impacto da crise econômica, e ao retomar o crescimento, o Governo Federal incentivou a redução de Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) para alguns materiais de construção, e lançou subsídios como o programa Minha Casa Minha Vida, que adotou em grande parte o sistema da alvenaria estrutural.

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

Por muitos anos a alvenaria estrutural foi deixada de lado, por conta de fatores como preconceito, domínio da tecnologia do concreto armado, e pouca divulgação direcionadas aos profissionais em formação, no entanto, nos últimos anos tem sido vista como uma alternativa técnica e economicamente viável para reduzir custos nas obras e para redução do déficit habitacional, o que tem aumentado sua utilização e consequentemente o número de pesquisas sobre o assunto. Apesar de no Brasil ainda haver carência de informações e de o mercado da construção civil ser conservador, é possível, por meio de informações e conhecimento a difusão da técnica (IZQUIERDO, 2015).

Utilização dos blocos de concreto

A Revolução Industrial impulsionou o desenvolvimento de máquinas, que com o avanço tecnológico possibilitou mais precisão nos processos produtivos (SILVA; COSTA, 2007 apud MENEZES, 2018). No caso da produção de blocos de concreto, a produção em série com peso e na medida da capacidade da mão humana assentá-lo em maiores quantidades durante o dia de trabalho (SILVA, 2016).

Os blocos vazados de concreto armado e não armados, foram utilizados em grande escala a partir da metade deste século, tendo sido submetidos a ensaios de laboratórios em várias regiões dos USA, o que por sua vez, corroborou com o desenvolvimento de parâmetros, permitindo as formulações de equações, levando em conta os esforços e resistência para segurança e construções das paredes (SILVA, 2016).

Este elemento corresponde a um item de maior importância na alvenaria estrutural, tendo em vista comandar a resistência à compressão e determinar os procedimentos para aplicação da técnica para modular os projetos. São constituídos por areia, pedra, cimento, água e aditivos que proporcionam aumento de coesão da mistura ainda fresca, sendo que o termo bloco vazado se refere a unidade com área liquida igual ou inferior a 75% da área bruta do bloco (MOHAMAD et al., 2020).

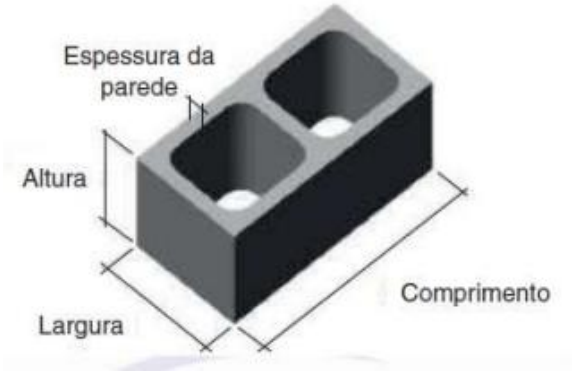
São executados por vibro compactação, e posteriormente curados ao tempo ou em câmeras úmidas para acelerar o processo de cura. Esse processo de fabricação de cura deve assegurar a obtenção de um concreto compacto e homogêneo.

O processo de cura normal seria ao ar livre, e demora no máximo 30 dias para alcançar a resistência adequada para o uso estrutural, já, quando os mesmos blocos são curados a vapor, esse tempo e reduzido para 3 dias, porém em razão aos problemas de retração, só pode fazer uso estrutural do mesmo após 14 dias.

Os blocos normalmente são unidades vazadas, com dois ou três furos, com o formato cônico para facilitar a retirada da forma, após a compactação (Figura 3). Nesta fase os blocos de concreto podem apresentar uma resistência que varia entre 4,0 Mpa e 20 Mpa, o ganho dessa resistência é obtido pelo aumento no teor de cimento, pela carga de compactação, pelos números de vibrações e pelo baixo fator água/cimento (MOHAMAD, 2020).

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

Figura 3 - Bloco vazado de concreto simples



Fonte: NBR 6136:2016 (ABNT, 2016, p. 2).

Os blocos de concreto devem atender às especificações da NBR 6136/2016, que estabelece os requisitos para produção e aceitação de blocos vazados de concreto simples, destinados à execução de alvenaria com ou sem função estrutural (ABNT, 2016). Para se executar uma edificação de alvenaria estrutural deve-se avaliar alguns aspectos para o bloco de concreto, como classe, resistência, dimensões integridade e modulação.

Dentre as normas que tratam sobre as especificações do blocos de concreto em vigor, tem-se: NBR 6136:2016 – corrigida em 2016 - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria — Requisitos; NBR 11709:2015 - Dormente de concreto - Projeto, materiais e componentes; NBR 12118:2013 com errata 1:2014 - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria — Métodos de ensaio; NBR 10834:2012 com errata 1:2013 - Bloco de solo-cimento sem função estrutural – Requisitos; NBR 10834:2012 versão corrigida:2013 - Bloco de solo-cimento sem função estrutural — Requisitos (ABNT, 2021b)

Quanto as características e especificações, Mohamad et al. (2020) apresentam que os blocos de concreto são unidades estruturais vazadas, vibrocompactadas, produto pré fabricado e disponível em diferentes geometrias, resistência e compressão.

A NBR 6136/2016 especifica a padronização e duas larguras: Largura nominal de 15 cm (M-15) e largura nominal de 20 cm (M-20), sendo que o comprimento será sempre de 20 e 40 cm e as alturas de 10 e 20cm. Podendo ser de tipos e formas diferentes, sendo o agregado um dos fatores desta diferenciação, sendo leve ou convencional. Sendo que, e espessura está relacionada a resistência mecânica à compressão, e quanto maior, mais resistente, com risco de menor comprometimento da construção.

Quanto as dimensões, os blocos podem ser: Família 29 ou Família 39. A família 29, é composta de dois elementos básicos: o bloco B29 (14x19x29 cm), o bloco B14 (14x19x19), tem blocos sempre de 14 cm de largura, sendo o comprimento dos blocos sempre múltiplo da largura, evitando o uso dos elementos compensadores, exceto em ajuste de vãos de esquadrias. No caso da Família 39, contém três elementos básicos: o bloco B39 (39×19 cm) e largura variável; o bloco B19

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

(19×19 cm) e largura variável e o bloco B54 (54×19 cm) e largura variável, ou seja, os blocos podem ter largura de 14 cm e 19 cm. Utilizar essa família, corresponde a projetar utilizando a unidade modular 20 e múltiplos de 20, onde 20 é a medida do bloco de 19 cm, mais 1 cm de espessura das juntas (ABNT, NBR6136/2016; DÉSIR, 2010).

Quanto as formas modulares são variáveis (Figura 4), com tanto que atendam aos requisitos do manuseio e aplicabilidade, que é a manuseabilidade do bloco. A figura 4 apresenta as famílias 29 e 39 cm com as respectivas dimensões.

Figura 4 - Família blocos estruturais em concreto 39 e 29

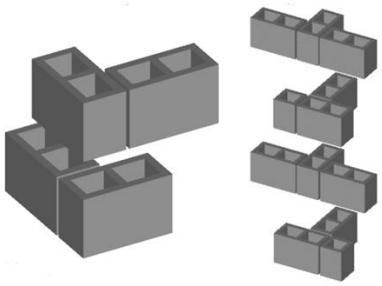


Fonte: Désir (2010).

A utilização de blocos de dimensões iguais em um projeto elimina arranjos e emendas, sendo um importante passo para a funcionalidade da obra a ocorrência de pouca variação de medida dos blocos, no entanto, existe blocos especiais, com medidas para complementos, porém, resultando em edificação com medidas múltiplas das medidas dos blocos utilizados.

Quanto aos cantos e encontro de paredes requerem cuidados. A figura 5 demonstra a amarração em L e T (MAMEDE, 2001).

Figura 5 – Amarração em L (canto) e T (borda)



Fonte: Mamede (2001, p. 38).

De forma geral, a alvenaria estrutural segue um fluxo inteligente dentro de um canteiro de obra com todos os serviços acoplados: i) Mapeamento para descoberta do ponto crítico da laje; ii) Marcação da primeira fiada; iii) Distribuição das instalações; iv) Primeira elevação; v) Grauteamento

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

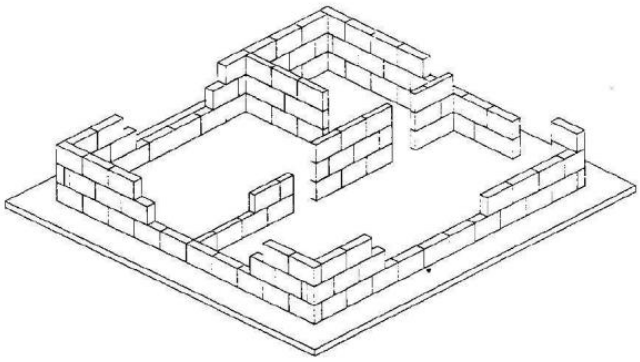
da primeira elevação; vi) Segunda elevação; vii) Grauteamento da segunda elevação (MAMEDE, 2001).

O começo do método de execução de alvenaria estrutural com blocos de concreto, requer certificar-se que o pavimento está em condições de iniciar o serviço. E, no caso da alvenaria estrutural, durante a concretagem do piso do pavimento, deve-se deixar arranques de armação para que no local dos mesmos possam nascer os pilaretes de alvenaria.

Para que o fluxo de alvenaria estrutural funcione de forma inteligente é preciso analisar, a partir da escolha do processo, execução de projetos, compra de material e contratação de mão de obra, pois todas as etapas da obra são de grande importância para viabilizar o método executivo, garantindo a qualidade dos serviços e processos, evitando retrabalho e perdas por falta de técnica, que muitas vezes são consequência de vícios de construção e falta de orientação (MAMEDE, 2001).

No caso de projetos de edifícios em alvenaria estrutural, é preciso efetuar estudo de modulação junto ao projeto arquitetônico, que corresponde ao encaixe dos blocos uns aos outros respeitando as amarrações, formando um prisma (PASTRO, 2007). A figura 6 demonstra o exemplo de modulação para projetos de edifício.

Figura 6 – Exemplo de modulação para projetos de edifício



Fonte: Pastro (2007, p. 8).

Após a modulação exata em todos os blocos e paredes, o passo seguinte é a inserção dos pontos de graute no projeto. Cabe ressaltar que os grautes não substituem pilares, pois são componentes do sistema com objetivo de ajudar na estrutura, e consiste em concreto bem fluido com agregados de pequenas dimensões, e constantemente com armação em seu interior, suprindo os requisitos necessários de esforços.

Na etapa seguinte cabe ao calculista da estrutura calcular e fazer as considerações com base na NBR 16868-1:2020 versão Corrigida em 2021, que trata sobre cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto, levando em conta a solicitação de esforços, o comportamento da

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

estrutura, sua rigidez, estabilidade, entre outros elementos, deixando com isso o projeto de alvenaria estrutural pronto.

Por ser um sistema econômico, é preciso tem em mente o layout do projeto, na fase de concepção, que ao ficar bem distribuído proporciona mais aproveitamento das paredes (quanto menos parede, menor o custo da obra), tornando a obra, no geral, menos dispendiosa. No entanto, além do projeto arquitetônico e estrutural é preciso atentar-se aos elementos complementares (instalações hidráulicas, instalações elétricas, bombeiro, ar-condicionado) entre outros, que requerem de planejamento para o sucesso e racionalização.

O fato de não possibilitar cortes nas paredes, na alvenaria estrutural, as instalações devem ser feitas dentro das células vazias dos blocos e na parte externa da alvenaria, em shafts etc. Em resumo, quando todos os segmentos de cada peça da obra integrarem-se, gerando um final satisfatório e tendo alcançado o objetivo, é possível concluir que houve um bom gerenciamento.

Pesquisas sobre alvenaria estrutural

Pereira et al. (2021) apresentaram estudo de desenvolvimento de método para desenvolvimento de bloco de concreto do tipo vazado sem fundo, com função estrutural para uso em alvenaria acima do solo. Utilizaram dois tipos de cimento, agregados miúdos e graúdos, água e aditivo, possibilitando três possibilidades de traço ideal, que passaram por ensaios e análise dimensional, absorção de água, e resistência a compressão segundo os parâmetros estabelecidos pela NBR 6136:2016, após 28 dia de cura. Os traços 1 e 3 não passaram pelo teste de resistência e foram descartados. O traço 2, utilizando cimento Portland CP II teve secagem rápida, também foi aprovado na análise dimensional e absorção de água, ficando em conformidade com os requisitos estudados. Concluíram sobre a possibilidade e viabilidade de desenvolvimento e métodos para produção de bloco de concreto conforme as normativas.

Silva (2021), levando em conta a necessidade de atender famílias em programas habitacionais, tendo em vista o mercado da construção civil precisar de adaptação para atender prazos, custos reduzidos e padrão de qualidade, compararam os custos e produtividade de sistema construtivos utilizando a alvenaria estrutural em blocos de concreto e de paredes de concreto moldadas, de uma residência unifamiliar. O resultado demonstrou que, apesar do alto investimento inicial, é viável economicamente em empreendimentos com múltiplas unidades habitacionais com características arquitetônicas semelhantes, tendo em vista ter apresentado aproximadamente até 19% na redução custos, mas sem apresentar aumento significativo na produtividade quando comparado a alvenaria estrutural. Neste estudo, o sistema de paredes de concreto moldadas mostrou-se mais pertinente em empreendimentos de alta repetitividade com características de alta industrialização, racionalização, redução na geração de resíduos e na quantidade de etapas nos serviços de revestimentos.

Carvalho, Leal e Munaiar Neto (2021) desenvolveram, por meio do software ABAQUS, modelos de pequenas paredes compostas por blocos vazados de concreto (considerando a

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

representação individual dos blocos e juntas de argamassa, e da interface entre os materiais), buscando avaliar o comportamento em temperatura ambiente e em situação de incêndio. Os elementos, expostos ao Incêndio-Padrão proposto na ISO 834-1:1999 e a diferentes níveis de tensão de compressão demonstraram a resistência ao fogo da alvenaria do carregamento e condições de vinculação. Portanto, a resistência ao fogo da parede, o critério de isolamento térmico foi preponderante para ambas as situações quanto ao confinamento dos gases.

Maccarini, Antunes e Bussolo (2021) prevenindo sobre manifestações patológicas na construção civil, e observando sobre a importância da modulação na alvenaria estrutural, realizaram análise comparativa entre métodos de inserção de revestimento argamassado, em edifícios de alvenaria estrutural, na etapa de projeto com modelagem em BIM. Verificaram as distinções entre os métodos nos custos para aquisição dos materiais, no tempo dispendido para aplicação do revestimento e nas dificuldades encontradas nos métodos. Concluíram que: o método das paredes (MP) foi mais eficiente na inserção dos revestimentos argamassados, proporcionando uma maior facilidade e um quantitativo mais confiável quando comparado ao método dos revestimentos (MR); ambos os métodos são confiáveis; facilitam o detalhamento de um projeto estrutural.

Souza (2020) comparou, utilizando ensaio para determinação da resistência à compressão de prisma, regulado pela ABNT NBR 15961-2:2011 (substituída pela NBR 16868-2:2020), o comportamento mecânico de bloco de concreto, produzido com cinco diferentes tipos de argamassa (diferenciadas pelos traços e os materiais utilizados: cal, arenoso, aditivo incorporador de ar quartzolit e os aditivos plastificantes sika e vedalit). Constatou que a mistura utilizando o aditivo incorporador de ar quartzolit obteve os melhores resultados com ênfase para sua resistência característica de 2,98 MPa.

MATERIAL E MÉTODO DO ESTUDO

O presente estudo trata-se de um levantamento de revisão bibliográfica, que é um método que possibilita a contextualização do tema, e um novo olhar sobre a bibliografia selecionada, tendo em vista não ser a repetição do que já foi registrado sobre um determinado assunto, mas sim o exame sob um novo enfoque ou abordagem de um tema, levando a novas considerações (TRUJILLO, 1974).

As publicações recuperadas na pesquisa bibliográfica na base de dados do Google Acadêmico tiveram início no mês de março de 2021 e possibilitaram aprofundamento do tema. Na busca dos artigos considerou-se a presença dos termos: alternaria estrutural; bloco de concreto. Como critério de seleção, não houve delimitação de tempo, foram selecionados os documentos mais atuais que relacionavam os descritores e que estavam em concordância com a proposta do estudo. Também se utilizou como recurso, para recuperar documentos, a lista de referências dos artigos, que remeteram a outros documentos sobre o tema.

Em relação à classificação da pesquisa, trata-se de exploratória quanto aos objetivos, documental quanto aos procedimentos e qualitativa quanto a abordagem do problema.

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

RESULTADO E DISCUSSÃO

Com base na literatura consultada é possível constatar que o uso da alvenaria estrutural na atualidade está relacionado a contenção de despesas, otimização no canteiro de obras e redução do desperdício de materiais (CAMPOS, 2012; MENEZES, 2018; PASTRO, 2007). O emprego deste método construtivo, apesar de mostrar-se uma técnica eficiente, ficou relegado por muito tempo, por conta do preconceito e falta de domínio da técnica (IZQUIERDO, 2015; MOHAMAD, 2020), porém, com o déficit habitacional e a alta demanda para moradias, necessidade de contenção de custos; o fator sustentabilidade envolvendo a necessidade de diminuição de perda de materiais, e exigências de rapidez na entrega da edificação, houve uma busca por técnicas construtivas (CAMACHO, 2006; CARVALHO; LEAL, MUNAIAR NETO, 2021), no entanto, conforme alerta Mamede (2001), a utilização do método requer os cuidados no canteiro de obras, e para isso é preciso que haja planejamento e acato ao que foi planejado.

Alguns autores (CAMACHO, 2006; SANTOS, 2012) voltaram seu foco para relacionar as vantagens e desvantagem do método construtivo, sendo que as vantagens superam a desvantagem, tendo em vista ser essa segunda, a limitação de mudança arquitetônica, e essa já pode ser observada no projeto, quando do planejamento e direcionamento da utilidade a ser atendida pela construção.

A utilização de bloco de concretos, tem levado ao desenvolvimento de pesquisas como forma de constatar a segurança e qualidade da obra, além de fatores como resistência do material empregado (SOUZA, 2020); promover segurança e resistência a impactos e a ação do fogo, possibilitar isolamento acústico e contribuir para a manutenção do conforto térmico (TAUIL; NESE, 2010); a importância da modulação na alvenaria estrutural (MACCARINI; ANTUNES, BUSSOLO (2021); comportamento de temperatura do ambiente construído em caso de incêndios (CARVALHO; LEAL; MUNAIAR NETO, 2021); capacidade de atender a prazos, custos e padrão de qualidade (SILVA, 2021); boa capacidade de aderência à argamassa de assentamento e dimensões uniformes (CARVALHO; LEAL; MUNAIAR NETO, 2021); e elevada resistência ao fogo (SOARES, 2010).

Em se tratando de normas, a Associação Brasileira de Normas Técnicas dispõe de diversos regulamentos direcionados a alvenaria estrutural, desde abordagem sobre o projeto, execução e controle de obras, métodos de ensaio, determinação do desempenho, procedimentos para execução de alvenaria, perfil profissional do pedreiro de obras, requisitos, dimensões, procedimento e métodos de ensaio para fabricação de blocos de concreto. Lembrando que as normas tiveram início em 1984 no Brasil, e desde então vêm sendo atualizadas, tendo em vista a necessidade de segurança e qualidade nas edificações e desenvolvimento de novos materiais.

Portanto, pode se relacionar à alvenaria estrutural a racionalização e industrialização, já que possibilita à construção conceitos de produtividade, planejamento, redução ou eliminação de desperdícios de tempo e material, aumento da produção com redução de mão de obra e padronização no método construtivo.

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema construtivo de Alvenaria estrutural tem sido empregado em escalas maiores na atualidade. Este sistema é muito interessante quanto ao ponto de vista econômico, quando bem projetado e bem executado. Para isso, deve-se dispor de um bom gerenciamento de obras a fim de conseguir bons resultados, buscando sempre um método prático, rápido, com boa qualidade e principalmente economia na utilização de materiais, equipamentos e aplicativos, que devem ser utilizados para uma adequada prática de execução do sistema construtivo.

Vimos que a alvenaria estrutural se utiliza de um elemento que executa a função de vigas e pilares, que são habitualmente empregados na construção em sistema convencional. Esses elementos, com função de vedação, são importantes quando se trata da racionalização, pois ao eliminar sua utilização na obra possibilita-se a supressão de madeiras para caixaria e do aço, sendo eles direcionados em pontos específicos da obra. Quando da utilização do concreto, há acréscimo de tempo, mão de obra especializada em carpintaria e em corte, dobre e montagem de armações.

Ha casos de edificações em alvenaria estrutural de blocos de concreto em que dispensam uso revestimentos, ficando a alvenaria com seus blocos aparentes, motivo pelo qual os fabricantes dos elementos devem atentar-se com cuidados relativos à resistência e acabamento. A utilização dos blocos de concreto dispensa qualquer tipo de revestimento, mas se houver preferência para este acabamento com reboco, gesso ou outro material, sua superfície em prumo, sem buracos, alinhada e sem imperfeiçoes reduz a necessidade da quantidade do material empregado para este fim.

Como constatado, o projeto e planejamento permite o cálculo exato da quantidade de elementos a serem utilizados para determinada obra, o que eleva os cuidados a serem tomados quanto a quebra e desperdícios, podendo esses estarem sujeitos no transporte ou no manuseio, sendo necessário atenção quanto as perdas, cortes ou rearranjos, fatores que contribuem para a racionalização da obra. A racionalização e o alto nível de industrialização, acatando os projetos na obra, de não desperdício de materiais impõem maiores cuidados. Assim, os elementos não podem ser quebrados, a argamassa em regra vem pronta, evitando desperdício e sobras de areia, cimento etc. A quantidade a ser usada de argamassa e graute é limitada, o graute deve ser depositado com funil e deve ficar confinado dentro da célula do bloco, não havendo possibilidade de vazamento ou perda de material. Consequência disso, é uma obra econômica e que tem seus custos reduzidos para o empreendedor.

Portanto, é um método construtivo viável que atende as exigências econômicas e técnicas do mercado, e para que haja uma maior utilização deste método é preciso que novos estudos sejam desenvolvidos, como forma a ser empregado em maior escala pelas construtoras.

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

REFERÊNCIAS

ALVES, V. R.; SILVA, A. C. S.; MENDES, L. C. Comportamento à compressão de paredes em Alvenaria Estrutural. *In.*: SEMANA DE ENGENHARIA DA UFF, 7, 2005, Niterói. **[Anais...].** Niterói: UFF, 2005.

ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Alvenaria estrutural – catálogo**. Disponível em: https://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx. Acesso em: 11 set. 2021a.

ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Bloco de concreto – catálogo**. Disponível em: https://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx. Acesso em: 11 set. 2021b.

ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 16868 - Alvenaria estrutural**. São Paulo: ABNT, 2021. Parte 1. 70p.

ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6136** - **Blocos vazados de concreto simples para alvenaria — Requisitos**. São Paulo: ABNT, 2016. 10p.

CAMACHO, J. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. Ilha Solteira, SP: Núcleo de Ensino e Pesquisa da Alvenaria Estrutural – NEPAE, 2006. (Notas de aula). Disponível em: http://www.nepae.feis.unesp.br. Acesso em: 8 set 2021.

CAMPOS, I. M. **O que é alvenaria estrutural?** [S. l..]: Foram da Construção, 2021. Disponível em: http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=7&Cod=40. Acesso em: 11 set 2021.

CARVALHO, P. R. O.; LEAL, D. F. D. F.; MUNAIAR NETO, J. Análise numérica térmica da alvenaria estrutural em situação de incêndio: isolamento térmico entre ambientes. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 21, n. 4, p. 65-87, out./dez. 2021. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ac/a/VL4KwGNQTbnFgtBdxd4j8yP/?format=pdf&lang=pt Acesso em: 7 set. 2021.

DÉSIR, J. M. **Alvenaria estrutural**. 2010. TCC (Educação Continuada) – UFRGS, Porto alegre, 2010. Disponível em: https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/144289 Acesso em: 8 set. 2021.

IZQUIERDO. O. S. **Estudo da interface bloco/graute em elementos de alvenaria estrutural.** Orientador: Márcio R. S. Corrêa. 2015. 324 f. Tese (Doutorado)-Universidade São Paulo, Escola de Engenharia, São Carlos, 2015. Disponível em: http://web.set.eesc.usp.br/static/media/producao/2015DO_OrietaSotoIzquierdo.pdf Acesso em: 6 set. 2021.

MACCARINI, H. S.; ANTUNES, E. G. P.; BUSSOLO, M. Análise do processo de inserção de revestimento argamassado, na etapa de projeto, em edifícios de alvenaria estrutural com modelagem em BIM. **CILVITEC: Revista Técnico-Cientifica De Engenharia Civil**, Santa Catarina, v. 6, n. 3, p. 65-86, 2021. Disponível em: http://periodicos.unesc.net/engcivil/article/view/6651/5782 Acesso em: 5 set. 2021.

MENEZES, B. R. P.; JUNIOR, L.; DINIZ, T. I.; EIRAS, D. H. M.; GOMES, G. J, C.; PASCHOAL, C. J. F. Alvenaria estrutural na construção civil. **Revista Eletrônica Teccen**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 2, p. 16-22, jul./dez. 2018. Disponível em: http://editora.universidadedevassouras.edu.br/index.php/TECCEN/issue/view/149 Acesso em: 6 set. 2021.

MOHAMAD, G.; SANTOS, J. C. P.; SANTOS, J. L. P.; HAAS, A.; KOTHE, K. K. Introdução à alvenaria estrutural. *In*: Mohamad, G. (org.). **Construções em alvenaria estrutural**: materiais, projetos e desempenho. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2020. p.13-52.

PASTRO, R. Z. **Sistema construtivo de alvenaria estrutural**. Orientador: Adilson Franco Penteado. 2007. 47 f. Monografia (Graduação) - Universidade São Francisco, Itatiba, SP. 2007. Disponível em: http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/1060.pdf Acesso e: 8 set. 2021.

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

PEREIRA, D, P.; MARQUES, C. R. M.; NEVES, J. R. S.; MELO, A. R. Desenvolvimento de uma metodologia para o processo de produção de bloco de concreto. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, Ponta Grossa, PR, v. 13, n. 2, p. 147-157, jun. 2021.

PRUDÊNCIO JR., L. R.; OLIVEIRA, A. L.; BEDIN, C. A. **Alvenaria estrutural de blocos de concreto**. Florianópolis: Associação Brasileira de Cimento Portland, 2002.

SABBATINI, F, H. **O processo construtivo de edifícios de alvenaria estrutural sílico calcaria**. Orientador Saverio Andrea Felice Orlandi,1984. 320 F. Dissertação (Mestre em Engenharia) - Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, São Paulo, 1984. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-24082017-091234/pt-br.php Acesso em: 5 set. 2021.

SALVINO, T. H. B. **Sistema construtivo em parede de concreto:** uma solução para déficit habitacional no Brasil. orientadora: Cibelle Guimarães Silva Severo. 2020, 58 f. Monografia (Graduação) - Universidade Federal da Paraíba Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, João Pessoa, 2020. Disponível em: http://ct.ufpb.br/ccec/contents/documentos/tccs/2019.2/sistema-construtivo-em-parede-de-concreto-uma-solucao-para-deficit-habitacional-no-brasil.pdf Aceso em: 5 set. 2021.

SANTOS, E. V. **Alvenaria estrutural**: características e especificações, instruções de transporte, estocagem e utilização. Ijuí, RS: Cisbra Blocos, 2012.

SILVA, G. H. N. Análise de custo e produtividade entre alvenaria estrutural em blocos de concreto e paredes de concreto moldadas no local em unidades habitacionais de interesse social. Orientadora: Andrea M. Betioli. 2021 106 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2021. Disponível em: https://repositorio.ifsc.edu.br/bitstream/handle/123456789/2099/TCC_GUSTAVO_HENRIQUE_NEVES_DA_SILVA_assinadoAB_assinado_assinado.pdf?sequence=1 Acesso em: 5 set. 2021.

SILVA, J. B. **Avaliação do desempenho de blocos de concreto estrutural dosados com politereftalato etileno (PET) micronizado**. Orientação: John Kennedy Guedes Rodrigues. 2016. 135 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) - Universidade Federal, Centro de Ciências e Tecnologia, Campina Grande, 2016. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFCG_e34d09e72607c17ece391bde673a4ac5 Acesso em: 7 set. 2021.

SOARES, S. M. B. **Alvenaria estrutural**. Porto Alegre: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2010.

SOUZA, U. A. S. **Influência das argamassas de assentamento usuais em Aracaju/SE em prismas de alvenaria estrutural de bloco de concreto**. Orientador: Carla C. N. S. Pereira. 2020. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Aracaju, 2020. Disponível em: https://repositorio.ifs.edu.br/biblioteca/handle/123456789/1483 Acesso em: 5 set. 2021.

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

TRUJILLO, A. F. **Metodologia da Ciência**. 3. ed. Rio de Janeiro: Kennedy, 1974.