

# RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES: COMPARAÇÃO ENTRE PAREDES DE BLOCOS CERÂMICOS E PAREDES DE PAINÉIS CCA

## EQUIPE

Paulo Donizetti de Sousa Fiuza - Engenheiro Civil, Mestre em Engenharia Civil, professor do curso de Graduação em Engenharia Civil, FUMEC, [fiuza@fumec.br](mailto:fiuza@fumec.br).

Eduardo Chahud - Engenheiro Civil, Doutor em Engenharia de Estruturas, professor e coordenador do curso de Mestrado em Construção Civil, FUMEC, [chahud@fumec.br](mailto:chahud@fumec.br).

## RESUMO

Buscou-se, através deste trabalho, fornecer parâmetros comparativos sobre o comportamento mecânico e físico das alvenarias de vedação construídas em blocos cerâmicos vazados e em painéis de concreto celular autoclavado (CCA). Avaliou-se, através de ensaios laboratoriais a resistência à compressão simples e o deslocamento horizontal, a resistência à flexão e o deslocamento vertical ocasionado por esta flexão, a permeabilidade à água e impacto de corpo mole. Investigou-se também o comportamento isolado dos dois tipos de argamassa industrializadas usadas nos ensaios - argamassa de assentamento e argamassa colante - de forma a verificar-se diferenças significativas que pudessem comprometer os resultados do conjunto. Os resultados do trabalho foram consistentes, apontando para diferenças significativas entre o comportamento dos componentes e os sistemas analisados, tanto nos ensaios individuais, como nos ensaios de paredinhas ou de paredes.

**Palavras-chave:** Alvenaria. Bloco Cerâmico. Ensaios. Painel CCA

## ABSTRACT

The present work has the goal of supplying comparative parameters about the physical and mechanical behavior of partition wall structures, built both in hollow-core ceramic blocks and in Autoclaved Aerated Concrete (AAC) panels. Through laboratory tests, the resistance to simple compression and the horizontal displacement, the resistance to bending - and the vertical displacement resulted from such bending, water permeability and soft-body impacts were all evaluated. The isolated behavior of both kinds of industrialized mortar used on the experiments were also evaluated - *ciment* mortar and *thinbed* mortar. Significant differences which could compromise the results of the set were observed. The results of the present work were consistent, pointing out significant differences between the behavior of the components and systems that were analyzed, on the individual experiments as well as on the experiments with small and regular-sized walls.

**Keywords:** Masonry. Ceramic Block. AAC Panel. Laboratory Tests.

## INTRODUÇÃO

Considerando a atividade de construção de edifícios, os destinados a fins habitacionais representam a parcela mais significativa do mercado, atingindo cerca de 50% do total. De acordo com Araújo e Souza (2001), na década de 1990, as vedações verticais representavam de 3,5 a 8% do custo total da construção de uma habitação, chegando a 11% em edifícios populares, valor superado apenas pelo custo da estrutura em concreto. No entanto, Sousa (2002) afirma que, comumente as paredes de alvenaria têm desempenhos inferiores àqueles recomendados pelas normas técnicas, apresentando, não raramente, irregularidades de execução e materiais incompatíveis com a funcionalidade exigida.

O custo de manutenção pós-obra das construtoras mineiras oscila entre 3% a 5% do valor do empreendimento, sendo que 80% dessa importância têm relação com as alvenarias e/ou com os revestimentos, segundo dados fornecidos pelo SINDUSCON (2002).

Uma das principais causas de desajustes do desempenho das alvenarias de vedação e das patologias subseqüentes é o fato de que, apesar da inegável importância, de maneira geral, não há tradição em pesquisar e detalhar cuidadosamente esse elemento.

A maioria das empresas construtoras tem dificuldades em realizar modificações em seus procedimentos construtivos,

principalmente devido à falta de uma visão sistêmica da construção e de um domínio tecnológico mais apropriado. Comumente, nem mesmo os próprios fornecedores têm um conhecimento adequado das características dos produtos que disponibilizam para o mercado (TANIGUTI; MASSETTO; BARROS, 1998).

O entendimento do funcionamento das alvenarias e dos fatores que condicionam seu desempenho requer um domínio de várias áreas sendo imprescindível que se entenda de Ciências dos edifícios - higrotérmica, estanqueidade, comportamento acústico; Segurança e comportamento estrutural de alvenarias de preenchimento; Materiais - argamassas, reforços, componentes auxiliares e comportamento conjunto; Tecnologias de construção - exequibilidade e práticas construtivas (SOUSA, 2002). Analisar o funcionamento das alvenarias sob a ótica de apenas uma das áreas acima conduz a soluções inadequadas, originando patologias de difícil solução ou elevado custo.

Diante desse contexto, torna-se imprescindível a apresentação de sistemas alternativos de construção de unidades habitacionais que sejam viáveis. Na medida em que os sistemas existentes são analisados, podem-se buscar alternativas para novas linhas de pesquisa que conduzam a avanços, observando-se principalmente o fato de que a qualidade da construção civil no Brasil não tem acompanhado satisfatoriamente as exigências do mercado.

A ausência de normas técnicas para as construções representa um dos maiores obstáculos para o crescimento do setor no país. Com exceção da estrutura, de concreto ou de aço, e das lajes pré-moldadas e pré-fabricadas nenhum outro material pré-fabricado é normalizado no Brasil. Os fabricantes acabam seguindo normas estrangeiras e com isso, muitas vezes, características da realidade brasileira não são contempladas adequadamente.

A elaboração de normas subentende pesquisas como a que originou este artigo, efetuadas com base em parâmetros qualitativos e quantitativos, visando adquirir conhecimento técnico sobre as características dos elementos de construção.

Este artigo contempla uma pesquisa sobre a resistência à compressão simples em paredes de vedação erguidas com blocos cerâmicos vazados e em paredes erigidas com painéis de concreto celular autoclavado (CCA), visando salientar, através de estudos comparativos, os pontos onde cada um dos sistemas oferece desempenho superior ao outro.

## CONTEXTUALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS ELEMENTOS

### VEDAÇÕES VERTICAIS

De acordo com Sabbatini, Franco e Barros (2000), para conceituar vedações verticais é preciso primeiro identificar sua inserção no edifício, considerando-se que este é um sistema e que, do ponto de vista construtivo, pode-se dividi-lo em partes como fundações, estrutura, vedações verticais e horizontais, instalações, revestimentos, cobertura.

Os tópicos apresentados, embora estudados muitas vezes em separado, são partes integrantes do edifício e apresentam relações intrínsecas, devendo ser considerados em conjunto, principalmente durante as etapas de desenvolvimento dos projetos.

Assim sendo, as vedações verticais podem ser definidas como

*subsistema do edifício constituído por elementos que compartimentam, definem os ambientes internos, controlando a ação de agentes indesejáveis (SABBATINI; FRANCO; BARROS, 2000).*

### ALVENARIA DE VEDAÇÃO VERTICAL

A alvenaria pode ser definida, de maneira restrita, como sendo

*um componente construtivo complexo conformado em obra, constituído por tijolos ou blocos (também denominados componentes de alvenaria) unidos entre si por juntas de argamassa, formando um conjunto rígido e coeso (FRANCO, 1994 apud PENA, 2003).*

Quanto ao desempenho funcional, as paredes de alvenaria podem ser classificadas como de vedação, estrutural ou de contraventamento. A alvenaria de vedação não apresenta qualquer função estrutural no edifício, sendo dimensionada apenas para suportar o seu próprio peso e para resistir às ações atuantes sobre ela (SABBATINI; FRANCO; BARROS, 2000).

Devido às suas qualidades e benefícios, as alvenarias são os elementos de vedação mais usados no mundo. Assim, é importante salientar que sua tecnologia, presente na maioria dos edifícios, deve estar em constante desenvolvimento, visando adaptações e modificações.

## MATERIAIS CONSTITUINTES

Os materiais cerâmicos são conhecidos por sua alta resistência mecânica e durabilidade, são muito utilizados na construção civil e normalmente são constituídos de argila cozida. Estabelecendo características para esses materiais conforme suas propriedades comuns e, agrupando-os de acordo com tais propriedades, têm-se diversas definições. Para a Associação Brasileira de Cerâmica, Materiais Cerâmicos compreendem todos os materiais de emprego em engenharia ou produtos químicos inorgânicos que são utilizáveis geralmente pelo tratamento em temperaturas elevadas (ABIKO, 1988 apud ANDRADE, 2002).

Os blocos cerâmicos e os tijolos estão entre esses materiais. São comumente produzidos a partir de argilas queimadas a temperaturas que beiram os 900 °C, com equipamentos primitivos em pequenas olarias ou em modernas manufaturas. Esses elementos possuem características físicas, mecânicas e de durabilidade que os posicionam como uns dos melhores materiais de construção existentes e sua utilização apresentam vantagens como: densidade baixa, resultando em menor carga sobre a estrutura construída; mais econômicos que outros similares; baixo custo, não requer um acabamento refinado; encontrados com facilidade na maioria das regiões do país; possuem boas características de isolamento térmico e acústico e uma alta resistência à chama. Porém, a falta de padronização dos produtos em cerâmica comercializados, principalmente blocos e telhas, tem colaborado para o baixo desempenho desses materiais em relação aos similares existentes (ANDRADE, 2002).

Com a introdução das estruturas metálicas e do concreto armado, os tijolos e blocos perderam, na maioria das construções, sua função estrutural, restando lhes o papel de elementos de vedação, cargo também ameaçado pela substituição por materiais alternativos.

O bloco cerâmico é um *componente de alvenaria que possui furos prismáticos e/ou cilíndricos perpendiculares às faces que os contém* (NBR 7.171/1992) e, detêm 90% do mercado de vedação no Brasil. Apesar de a produção ser significativa muitas fábricas são incipientes, apresentando processos de produção precários como blocos fora dos padrões.

Quando produzido sob condições adequadas, o bloco cerâmico tem boa precisão dimensional e comportamento satisfatório frente à variação higroscópica, apresentando estabilidade dimensional. Apresentam as mesmas características de qualidade dos tijolos comuns, porém, oferecem mais vantagens tais como tamanhos mais uniformes, arestas e cantos mais fortes; menor peso por unidade de volume; menor número de peças por metro quadrado de construção; menos mão de obra por unidade de parede; melhor isolamento térmico; maior rapidez construtiva (FONSECA, 1994 apud TOMAZETTI, 2003).

A alvenaria de tijolos ou blocos cerâmicos é a tecnologia construtiva mais acessível às classes menos favorecidas do país e, quanto às pequenas construções erigidas em alvenaria, é a prática construtiva mais habitual.

O Concreto Celular Autoclavado (CCA) foi desenvolvido na Suécia, em 1924, resultando de uma pesquisa que buscava um material com as mesmas características da madeira como estrutura sólida, isolamento térmico, facilidade de trabalho e manuseamento, mas sem as desvantagens como combustibilidade e apodrecimento (GUERREIRO, 2002).

O concreto celular autoclavado, conforme a NBR 13.438/1995, é um concreto leve, obtido através de um processo industrial, constituído por materiais calcários e ricos em sílica, granulados finamente. Esta mistura é expandida através da utilização de produtos formadores de gases, água e aditivos, se for o caso, sendo submetidos à pressão e temperatura através de vapor saturado, contém células fechadas, aeradas e uniformemente distribuídas.

Segundo Costa e Tavares (2003), considera-se que CCA é o material produzido pela agregação de cimento, areia fina, pó de alumínio e cal. Uma reação química ocorre quando o pó de alumínio interage com o cimento alcalino gerando gás hidrogênio, o que, por sua vez, causa a formação de bolhas de ar microscópicas fazendo com que o material aumente de 2 a 3 vezes seu volume. Em seguida o concreto celular é curado a vapor em autoclaves sob a temperatura de 320° F (160° C) e pressão de 1030 kPa por um período de 24 horas.

O CCA é usualmente encontrado sob as formas de blocos e painéis com dimensões padronizadas, podendo-se encontrar variações de formatos destinados às vedações verticais e horizontais. Os painéis são maciços e podem possuir armação composta por malha eletrosoldada. Sua resistência à compressão varia segundo sua espessura e densidade aparente seca. O ar retido na estrutura celular do painel lhe confere excelente capacidade de isolamento térmico, evitando-se, na maioria dos casos, o isolamento adicional. Seu isolamento é superior ao dos materiais normalmente empregados na confecção de paredes, tais como tijolo cerâmico e bloco de concreto (cerca de 10 vezes superior à do concreto denso convencional).

Resistem ao fogo até duas vezes mais que materiais tradicionais sendo muito utilizados na proteção contra incêndios. Seu ponto de fusão encontra-se na faixa de 1200° C (SICAL, 2003). A NBR 9.077/1985 - Saídas de Emergência em Edifícios, determina que as "Escadas à prova de fumaça" devem ter suas caixas envolvidas por paredes que resistam ao fogo por um período de quatro horas. Para se atingir esse nível emprega-se, usualmente, tijolos cerâmicos vazados resultando em uma espessura final acabada mínima de 25 cm. A substituição por blocos ou painéis de CCA com espessura de 15 cm propicia um ganho na área construída

devido à menor espessura requerida para as paredes, além de redução das cargas nas fundações, menor consumo de aço e concreto na estrutura.

Os painéis podem ser utilizados para vedação interna ou externa, sendo que este último pode sair de fábrica já com o revestimento escolhido aplicado. Todos os revestimentos são possíveis, tais como granito, mármore, pastilha, entre outros, quando aplicados antes da montagem. Pode-se ainda optar pela aplicação posterior do revestimento.

As dimensões comerciais dos painéis são: comprimento 1,5 m e 2,0 a 3,0 m com incrementos de 10 cm, largura de 30, 40, 50 e 55 cm e espessura de 7,5, 10, 12,5 e 15 cm. (PRECON, 2006). Havendo a presença de armadura, esta consistirá de barras de aço longitudinais, paralelas entre si e, transversais ao eixo do painel, chamadas estribos. Podem ser produzidos sob encomenda atendendo às necessidades da carga e dimensões do projeto, produzindo pouco ou nenhum resíduo, reduzindo-se o desperdício de material a níveis muito baixos se comparado aos processos adotados nas alvenarias convencionais. Além disso, esses painéis são compatíveis com outros materiais, podendo-se utilizá-los em obras de reforma.

O uso de painéis de CCA pode possibilitar a rápida execução de paredes similares às executadas com blocos cerâmicos. Com eles, espera-se uma significativa economia de mão de obra, redução do prazo de execução da obra, evitar-se perda de material e, conseqüentemente, a redução do custo final. A facilidade de montagem, em função de seu tamanho e leveza, dispensa a utilização de equipamentos especiais, economizando insumos.

O uso prolongado de andaimes e bandejas de segurança pode ser eliminado pela rapidez da aplicação do painel externo em obras. Devido ao baixo peso, os painéis podem ser transportados manualmente ou em carrinhos porta *pallets*. Para o posicionamento na fachada, pode ser utilizada talha manual ou elétrica, evitando-se equipamentos pesados.

Quando a instalação do painel é externa à estrutura, a fixação dos painéis se dá por meio de pinos de fixação, chamados de *inserts*, com instalação prévia nos mesmos e a solidarização e vedação entre eles é feita a partir do grauteamento dos encaixes macho-fêmea já existentes. A fixação dos painéis à estrutura é feita pelo lado interno da construção através dos *inserts* e na montagem os mesmos são soldados ou aparafusados à estrutura da obra.

## PROCEDIMENTO METODOLÓGICO DOS ENSAIOS

Após a análise das publicações, com conteúdo semelhantes àqueles propostos nesta pesquisa, programou-se uma série de ensaios nos laboratórios de materiais de construção da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade FUMEC, de uma empresa do ramo situada em Belo Horizonte - M.G. e de uma indústria de estruturas pré-fabricadas em concreto, no município de Pedro Leopoldo - M.G.

Foram ensaiados os componentes blocos cerâmicos vazados de vedação com dimensões (30 x 20 x 15) cm; corpos-de-prova extraídos de painéis de concreto celular autoclavado, com dimensões (10 x 10 x 10) cm; argamassa colante industrializada tipo AC-II; argamassa de assentamento industrializada e paredes executadas com esses componentes.

Com relação à divisão do trabalho experimental, primeiro foram realizados os ensaios envolvendo os elementos e sistemas em blocos cerâmicos vazados, depois os ensaios envolvendo os elementos e sistemas em concreto celular autoclavado, por fim e de maneira simultânea, realizaram-se os ensaios envolvendo os dois tipos de argamassa utilizados.

Para a obtenção de parâmetros de comparação, os ensaios realizados foram:

- a. Das argamassas (Variação dimensional das argamassas; Resistência à tração na flexão; Resistência à compressão).
- b. Dos elementos (Absorção de água; Resistência à compressão; Resistência à compressão - prisma de blocos e seção de painel CCA).
- c. Das alvenarias (Resistência a impacto de corpo mole; Resistência à compressão das paredes; Avaliação da permeabilidade à água).

### ENSAIO À COMPRESSÃO SIMPLES

Para ambos, blocos cerâmicos e painéis CCA, os ensaios foram realizados no Laboratório de Materiais de uma indústria de estruturas pré-fabricadas em concreto. Foram conduzidos segundo adaptação dos procedimentos preconizados pela NBR 8.949/1985.

Nos dois casos, as paredes foram ensaiadas aplicando-se cargas uniformemente distribuídas, através de uma prensa hidráulica, com capacidade de 120 t, instalada em um pórtico metálico de dimensões compatíveis com as da parede - largura igual a 219 cm.

Foi instalado um defletômetro com precisão de 0,01 mm, no baricentro de uma das faces de maior plano da parede, com finalidade de se medir a flecha, nas duas situações.

O carregamento das paredes foi medido com o auxílio de uma célula de carga provida de indicador, com registro de pico e capacidade de 1000 kN, para os dois materiais.

Para a construção das paredes de blocos cerâmicos foi empregada argamassa de assentamento industrializada, seguindo-se os procedimentos indicados pelo fabricante e, para a construção das paredes de CCA foi empregada argamassa colante industrializada, do tipo AC-II, seguindo-se os procedimentos indicados pelo fabricante.

A construção de cada uma das paredes, se deu sobre uma peça de madeira (maçaranduba) com as dimensões (120 x 15 x 6) cm de modo a conferir maior resistência quando do transporte para a execução do ensaio. Para viabilizar a colocação dos aparelhos de transporte, a peça de madeira foi disposta sob dois apoios distantes cerca de 8 cm do solo.

Para a parede de blocos de cerâmica, foram empregadas duas guias - peças de madeira, entre as quais foi construída a parede, a fim de se conferir verticalidade à mesma e, a forma de amarração entre os blocos foi similar à empregada em obras de alvenaria em bloco cerâmico, imprimindo maior solidez e estabilidade ao conjunto.

No caso da parede de painéis de CCA, foram empregadas duas abraçadeiras de madeira, uma tangenciando o centro da parede e outra no topo, promovendo o travamento das paredes e conferindo estabilidade às mesmas até a ocasião do ensaio.

Os corpos-de-prova foram construídos com dimensões representativas e de modo a poderem ser ensaiados no pórtico disponível. Para o corpo de prova de blocos de cerâmica as foram: Altura (incluindo a peça de madeira) = 209 cm; Largura = 101 cm; Espessura = 10 cm. Para o corpo de prova de CCA as dimensões são as seguintes: Altura (incluindo a peça de madeira) = 217 cm; Largura = 92 cm; Espessura = 15 cm.

A argamassa foi colocada sobre toda a superfície útil dos componentes e nas faces laterais dos mesmos. A espessura das juntas seguiu um padrão de (10 ± 3) mm.

A idade mínima na qual foram realizados os ensaios foi de 28 dias contados a partir do término do assentamento.

Como as paredes foram edificadas em local não coincidente com aquele em que o ensaio seria realizado, fez-se necessário a construção de um sistema de transporte das mesmas do local de construção até ao local do ensaio. Tal sistema consistiu no lançamento de um par de trilhos sob toda a extensão do local de construção das paredes, passando por baixo do pórtico de ensaio. Cada trilho tangenciava uma das extremidades da peça de madeira sobre a qual estava a parede. Na peça de madeira foram fixados dois conjuntos de rodízios (um em cada extremidade e coincidentes com os trilhos) através do qual a

mesma era baixada de forma a se encaixar nos trilhos e então ser transportada até o local de ensaio.

A resistência das paredes foi determinada após o ensaio de 6 (seis) corpos-de-prova, onde foram medidos a resistência à compressão e o deslocamento (no centróide de um dos planos de maior área da parede).

Inicialmente as paredes foram capeadas com argamassa do mesmo tipo da usada no assentamento de modo que o topo da parede ficasse nivelado. Sobre esse capeamento foi colocada uma tira de *neoprene* de largura e comprimento iguais aos do topo da parede; em seguida a viga de transferência de carga foi posicionada. Depois de verificados o nivelamento superior, apumo e alinhamento da parede com a viga de transferência de carga, foram montados os aparelhos de medida.

No corpo de provas erigido com blocos de cerâmica o carregamento foi feito de modo a permitir o traçado de um gráfico com coordenadas carga por deslocamento das paredes, em um processo contínuo e constante até a ruptura das paredes. O aparelho que media o deslocamento era retirado ao se atingir 68,64 kN.

Já no corpo de provas construído com painéis CCA o carregamento foi aplicado de forma contínua e constante até que se obteve a ruptura das paredes. O aparelho de medida de deslocamento era retirado quando se atingia 58,84 kN.

## RESULTADOS

**Tabela 1 - Comparação dos valores médios de resistência à compressão entre as paredes constituídas de Blocos Cerâmicos Vazados e as constituídas de Painéis CCA**

Alvenaria	n	Estatística Descritiva					
		Mínimo	Média	Mediana	Máximo	d.p.	c.v. %
Parede de Blocos Cerâmicos Resistência (MPa)	6	0,373	0,512	0,532	0,601	0,088	17,23
Parede de Painéis CCA Resistência (MPa)	6	0,918	1,112	1,155	1,280	0,156	14,00

Fonte: FIUZA, 2006.

A partir da TAB. 1 nota-se que a resistência média à compressão entre as paredes constituídas por Painéis CCA é superior à resistência média à compressão das paredes constituídas por Blocos Cerâmicos vazados. Verifica-se ainda que a sua

variabilidade é menor c.v. (14%). Para verificar se a diferença observada entre as médias é significativa, seguem, na TAB. 2 os resultados referentes aos testes de comparação de variância e média.

**Tabela 2 - Teste de Igualdade de Variância (teste - F) e Teste de Comparação de Médias**

Alvenaria	n	Testes			
		Igualdade de Variância		Comparação de Médias	
		Variância	P-valor	Média	P-valor
Parede de Blocos Cerâmicos Resistência (MPa)	6	0,008	0,237	0,512	0,000
Parede de Painéis CCA Resistência (MPa)	6	0,024		1,112	

Fonte: FIUZA, 2006.

Ao testar a hipótese nula de que a resistência média ( $\mu_1$ ) à compressão de paredes constituídas de Painéis CCA é igual a resistência média ( $\mu_2$ ) à compressão de paredes constituídas de Blocos Cerâmicos, contra a hipótese alternativa  $\mu_1 > \mu_2$ , rejeita-se a hipótese nula ao nível de 5% de significância. Ou seja, há evidências amostrais de que a resistência média à compressão de paredes constituídas de Painéis CCA é significativamente maior do que a resistência média à compressão de paredes constituídas de Blocos Cerâmicos.

**Tabela 3 - Deslocamento horizontal entre as paredes de Blocos Cerâmicos Vazados e de Painéis CCA**

Alvenaria	n	Estatística Descritiva					
		Mínimo	Média	Mediana	Máximo	d.p.	c.v. %
Deslocamento no G do Plano da Parede de Blocos Cerâmicos (mm) *Na carga 58,84 kN	3	0,138	0,396	0,410	0,640	0,251	63,46
Deslocamento no G do Plano da Parede de Painéis CCA (mm) *Na carga 58,84 kN	4	1,157	2,532	2,576	3,820	1,153	45,54

Fonte: FIUZA, 2006.

A partir da TAB. 3 nota-se que o deslocamento horizontal médio entre as paredes de Painéis CCA é superior ao deslocamento horizontal médio entre as paredes de Blocos Cerâmicos. Verifica-se ainda que a sua variabilidade é menor - (c.v. = 45,54%). Para verificar se a diferença observada entre as médias é

significativa, seguem abaixo os resultados referentes aos testes de comparação de variância e média.

**Tabela 4 - Teste de Igualdade de Variância (teste - F) e Teste de Comparação de Médias**

Alvenaria	n	Testes			
		Igualdade de Variância		Comparação de Médias	
		Variância	P-valor	Média	P-valor
Deslocamento no *G do Plano da Parede de Blocos Cerâmicos (mm) - Na carga 58,84 kN	3	0,06315	0,091	0,396	0,014
Deslocamento no *G do Plano da Parede de Painéis CCA (mm) - Na carga 58,84 kN	4	1,32987		2,532	

Fonte: FIUZA, 2006.

\*G = Baricentro

Ao testar a hipótese nula de que o deslocamento horizontal médio ( $\mu_1$ ) das paredes constituídas de Painéis CCA é igual ao deslocamento horizontal médio ( $\mu_2$ ) das paredes constituídas de Blocos Cerâmicos, contra a hipótese alternativa  $\mu_1 > \mu_2$ , rejeita-se a hipótese nula ao nível de 5% de significância. Ou seja, há evidências amostrais de que o deslocamento horizontal médio das paredes constituídas de Painéis CCA é significativamente maior que o deslocamento horizontal médio das paredes constituídas de Blocos Cerâmicos.

**Quadro 1 - Avaliação do Comportamento - Resumo da análise dos dados - Alvenaria**

Característica	Tipo de Alvenaria	Comportamento
Resistência à compressão entre paredes- NBR 8949	Parede de blocos Cerâmicos vazados	+1
	Parede de painéis CCA	
Deslocamento horizontal resultante da compressão das paredes	Parede de blocos Cerâmicos vazados	-1
	Parede de painéis CCA	
LEGENDA	Apresentou valor médio superior	
	Apresentou valor médio similar	

Fonte: FIUZA, 2006.

## CONCLUSÕES

A racionalização da construção de vedações verticais em alvenaria, considerando o seu máximo potencial, somente

alcançará a viabilidade plena através do conhecimento das características de seus materiais e elementos constituintes, bem como do comportamento destes quando funcionando como um sistema único.

Parte dos projetos desenvolvidos hoje no Brasil para a construção de edifícios e, portanto os referentes às vedações verticais em alvenaria, ainda baseiam-se em normas estrangeiras, que nem sempre são adequadas à realidade política, social e econômica do País.

Para que haja o desenvolvimento desta técnica, é importante que sejam desenvolvidos estudos mais profundos sobre o comportamento físico e mecânico das alvenarias de vedação em todas as suas variações, bem como sobre os materiais que as compõem, tendo em vista o desenvolvimento de métodos de ensaios adequados para a caracterização dos componentes, do elemento da alvenaria de vedação, para que tais métodos possam servir de base para o desenvolvimento e criação de normas, bem como para sua adequação à realidade nacional.

Os resultados obtidos com os dois sistemas de alvenaria de vedação estudados permitem concluir que:

- As alvenarias compostas por painéis de CCA apresentaram melhor comportamento quanto ao comportamento decorrente do ensaio resistência à compressão simples e deslocamento horizontal resultante da compressão das paredes;
- As argamassas utilizadas não apresentaram diferenças de comportamento, para os ensaios realizados.

Em face do exposto pode-se concluir que para os ensaios realizados a alvenaria composta por painéis de concreto celular autoclavado (CCA) apresentou o melhor comportamento físico e mecânico. Assim sendo, a pesquisa em questão recomenda que a alvenaria em painéis CCA tenha continuidade de análise, objetivando melhorar os itens que apresentaram comportamento inferior.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, L. A. S. *Uma proposta metodológica para a inspeção da qualidade em blocos cerâmicos para alvenaria em canteiros de obra*. 2002. 84 f. (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

ARAUJO, L. O. C.; SOUZA, U. E. L. *Produtividade da mão-de-obra na execução de alvenaria: detecção e quantificação de fatores influenciadores*. São Paulo: EPUSP, 2001. Boletim técnico – BT/PCC/269.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. *NBR 7.171: Bloco cerâmico para alvenaria - Especificação*. Rio de Janeiro, 1992.

\_\_\_\_\_. *NBR 8.949 – Paredes de Alvenaria Estrutural – Ensaio à Compressão Simples – Método de Ensaio*. Rio de Janeiro, 1985.

\_\_\_\_\_. *NBR 9.077 – Saídas de Emergência*. Rio de Janeiro, 1985. (51)

\_\_\_\_\_. *NBR 13.438 - Blocos de Concreto Celular Autoclavado - Especificação*. Rio de Janeiro, 1995.

BARROS, M. B. et al. *Vedações Verticais: Conceitos Básicos. Notas de aula da Disciplina Tecnologia de produção de vedações verticais – PCC2435*. São Paulo: EPUSP, 2002. Disponível em: <<http://graduacao.pcc.usp.br/PCC435/pdf/PCC2435aula18a.pdf>>. Acesso em: abr. 2003.

COSTA, A.; TAVARES, M. F. *Dicionário da Construção – Glossário da Construção Civil / Arquitetura*. 2003. Disponível em: <<http://br.geocities.com/andrepcgeo/principalB.htm>>. Acesso em: out. 2005.

FIUZA, P. D. S. *Alvenarias de vedação executadas com blocos cerâmicos vazados e painel de concreto celular autoclavado: uma análise do seu comportamento*. 2002. 246 f. (Mestrado) Engenharia Civil – FEA-FUMEC, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2006.

FRANCO, L. S. *O desempenho estrutural e a deformabilidade das vedações verticais*. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: VEDAÇÕES VERTICAIS, 1998, São Paulo. *Anais...* São Paulo, EPUSP/PCC, 1998 P.95-112.

GUERREIRO, V. M. D. *Paredes de alvenaria em blocos de betão celular autoclavado*. 2002. Disponível em: <[http://www.construlink.com/Homepage/2003\\_ConstrulinkPress/Ficheiros/MonografiasPrimeirasPaginas/mn\\_bcac1\\_6.pdf](http://www.construlink.com/Homepage/2003_ConstrulinkPress/Ficheiros/MonografiasPrimeirasPaginas/mn_bcac1_6.pdf)>. Acesso em: abr. 2005.

PEÑA, M. D. *Método para a elaboração de projetos para produção de vedações verticais em alvenaria*. 2003. 160 f. (Mestrado) - Escola Politécnica da USP. São Paulo, 2003.

SABBATINI, F. H.; FRANCO, L. S.; BARROS, M. M. S. C. *Tecnologia de produção de vedações verticais: Cap. 1: Fundamentos*. São Paulo, 2000. Notas de aula da disciplina PCC 2435 – Tecnologia da construção de edifícios I. Disponível em: <[http://pcc2435.pcc.usp.br/pdf/PCC2435-aula18\\_cap1\\_revisado.pdf](http://pcc2435.pcc.usp.br/pdf/PCC2435-aula18_cap1_revisado.pdf)>. Acesso em: fev. 2006.

SICAL INDUSTRIAL LTDA. *Painel de vedação e painel laje*. Belo Horizonte. 2003. Relatório técnico comercial.

SOUZA, H. *Alvenarias em Portugal: Situação actual e perspectivas futuras*. In: SEMINÁRIO SOBRE PAREDES DE

---

ALVENARIA, 2002, Porto. *Conferências...* Porto, Fundação Dr. A Cupertino de Miranda, 2002, p. 17-40.

PRECON INDUSTRIAL S/A. Folhetos. Disponível em: <<http://www.precon.com.br/Site/Folhetos/pdf/FolderBlocoCCA.pdf>>. Acesso em: maio. 2006

TANIGUTI, E.; MASSETTO, L.; BARROS, M. M. B. *A indústria de materiais, componentes e equipamentos e a inovação tecnológica no processo de produção de edifícios*. In: VII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO - QUALIDADE NO PROCESSO CONSTRUTIVO, 1998, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina - Núcleo de Pesquisa em Construção, 1998, p. 251-258.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DE MINAS GERAIS SINDUSCON-MG. *Relatório Anual*. Belo Horizonte, 2002.

TOMAZETTI, R. R. *Análise da produção de cerâmica vermelha da região central do Estado do Rio Grande do Sul*. 2003. 190 f. (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2003.