

COLETÂNEA HABITARE

Paulo de Tarso Cronemberger Mendes é engenheiro civil (1976) pela Universidade Federal de Pernambuco, mestre (1983) e doutorando em engenharia de estruturas pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. É professor de Departamento de Estruturas do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Piauí desde 1979.

E-mail: paulotcm@ufpi.br

Almir Amorim Andrade é doutor em Engenharia de Estruturas e professor adjunto da Universidade Federal do Piauí.

6.

Alvenaria estrutural com blocos estruturais cerâmicos

Paulo de Tarso Cronemberger Mendes e Almir Amorim Andrade

Resumo

Este trabalho apresenta um histórico da evolução da alvenaria estrutural no Piauí, abrangendo desde os primeiros trabalhos voltados para a caracterização dos produtos de cerâmica vermelha, época em que indústria cerâmica da região não se preocupava com a qualidade dos seus produtos e as edificações eram executadas em alvenaria portante com a utilização de blocos de furos horizontais circulares e retangulares, até a situação atual de consolidação do uso do bloco estrutural cerâmico nas edificações construídas em alvenaria estrutural.

1 Histórico

Em maio de 1990 foi firmado um convênio entre a Universidade Federal do Piauí (UFPI), por intermédio do Centro de Tecnologia, e o Sindicato da Indústria Cerâmica para Construção do Estado do Piauí, com o objetivo de caracterizar os produtos de cerâmica vermelha da região e de fornecer subsídios para o aprimoramento desses produtos, daí resultando a

publicação do trabalho “Cerâmica Vermelha no Piauí – Estágio Atual e Perspectivas” (MENDES; MOREIRA, 1991), com a caracterização de produtos de 15 indústrias cerâmicas, incluídos blocos de seis furos retangulares e circulares horizontais utilizados na construção de edifícios residenciais com até três pavimentos em alvenaria portante (Figuras 1), sem nenhuma preocupação com a modulação e com a compatibilização entre os projetos (Figuras 2 e 3).



Figura 1 – Vista de edificação construída do Habitacional Morada Nova - Conj. Habitacional Morada Nova



Figura 2 – Falta de compatibilização de projetos

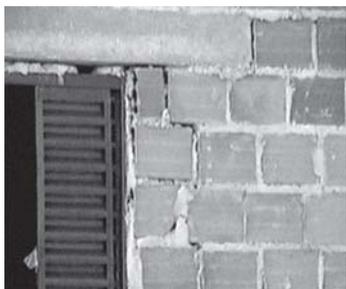


Figura 3 – Baixa qualidade de execução

Os resultados de resistência à compressão desses blocos, com baixos valores e elevada dispersão, a baixa resistência dos blocos de furos circulares em relação aos de furos retangulares, bem como a absoluta falta de conformidade dimensional dos blocos apontavam claramente para a necessidade de utilização da alvenaria estrutural com blocos de furos verticais, ainda não produzidos na região.

Na época, mesmo de posse dessas informações, não foi possível implementar mudanças, uma vez que a indústria cerâmica e a indústria da construção civil não se entendiam quanto à sua viabilidade econômica. A indústria da construção civil não utilizava os blocos estruturais cerâmicos porque não eram produzidos na região, e a indústria cerâmica não produzia os blocos estruturais porque não havia demanda.

Em 2000 foi apresentado ao Programa Habitare o projeto “Alvenaria Estrutural com Blocos Estruturais Cerâmicos”, tendo como proponente a Fundação de Desenvolvimento e Apoio à Pesquisa e Extensão (Fundape), como executor a Universidade Federal do Piauí (UFPI) e como interveniente o Sindicato da Indústria Cerâmica do Estado do Piauí, com recursos liberados em janeiro de 2002, cujo objetivo geral era introduzir no mercado da construção civil do Piauí componentes estruturais cerâmicos para utilização em conjuntos habitacionais e casas populares que empregam como processo construtivo a alvenaria estrutural.

Em 2002, a partir do documento “Alvenaria Estrutural – Materiais, Execução da Estrutura e Controle Tecnológico” (SABBATINI, 2003), da Diretoria de Parcerias e Apoio ao Desenvolvimento Urbano, contendo os requisitos e critérios mínimos a serem atendidos para solicitação de financiamento de edifícios em alvenaria estrutural junto à Caixa Econômica Federal, passou-se a exigir que edifícios que utilizassem a alvenaria como elemento resistente só poderiam ser financiados se utilizassem os blocos estruturais com furos verticais.

Estavam sendo criadas as condições propícias para o entendimento entre a indústria cerâmica e a indústria da construção civil para a utilização da alvenaria estrutural como processo construtivo na região, o que resultou no início da construção de edifícios residenciais com essa tecnologia construtiva a partir de 2003.

2 Projeto alvenaria estrutural com blocos estruturais cerâmicos

Esse projeto teve como objetivo geral a introdução do bloco estrutural cerâmico na indústria da construção civil do Piauí. Para que esse objetivo fosse alcançado foi necessário vencer uma série de etapas, apresentadas nas seções a seguir.

2.1 Produção dos blocos

Reuniões no Sindicato da Indústria Cerâmica do Estado do Piauí (Figura 4) possibilitaram a aquisição das boquilhas necessárias ao início do processo (Figuras 5 a 7).



Figura 4 – Reunião no Sindicato da Indústria Cerâmica do Estado do Piauí

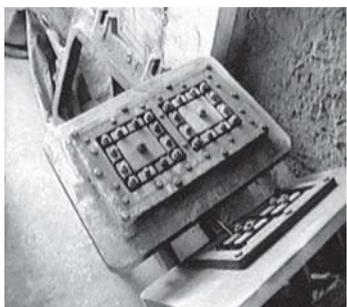


Figura 5 – Boquilha adquirida I

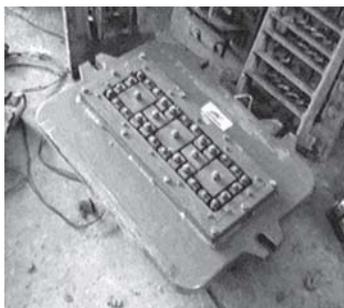


Figura 6 – Boquilha adquirida II

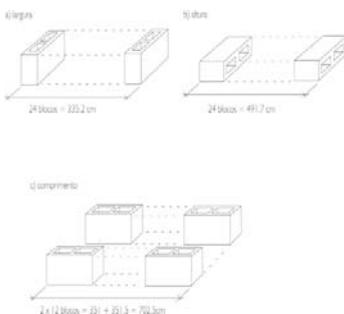


Figura 7 – Início da produção dos blocos

2.2 Verificação dimensional dos blocos

A verificação dimensional dos blocos foi feita de acordo com o especificado na NBR 7171 (ABNT, 1992) (Figura 8).

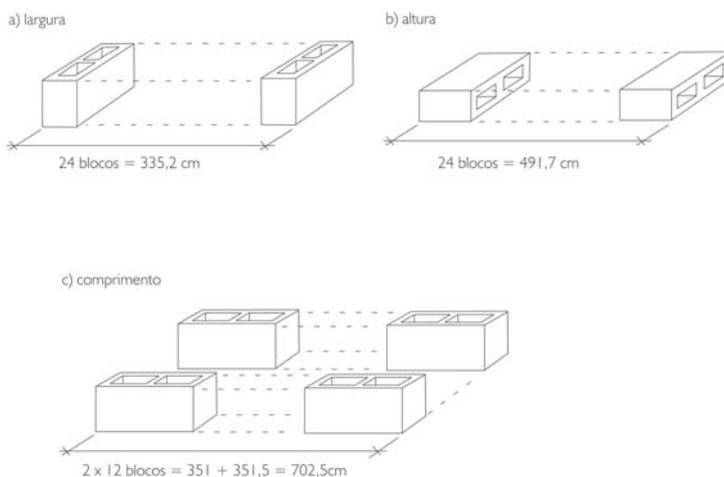
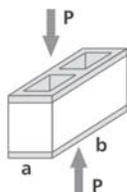


Figura 8 – Verificação dimensional

Os resultados obtidos foram compatíveis com as necessidades de modulação do processo construtivo com relação à largura e ao comprimento dos blocos, com fácil correção no procedimento de corte para garantir a compatibilidade também com relação à altura dos blocos.

2.3 Resistência à compressão dos blocos

Os blocos foram capeados (Figura 9) e ensaiados em uma máquina universal de ensaios (Figura 10), de acordo com a NBR 6461 (ABNT, 1983a). Os resultados apresentados, com resistência média de 11,6 MPa e coeficiente de variação de 14% (Tabela 1), representam cerca de três vezes a resistência média dos blocos com furos horizontais de maior resistência.



Corpo-de-prova	a (mm) seco	b (mm) seco	a (mm) úmido	b (mm) seco	P (kgf)	Tensão de Ruptura (Mpa)	Tensão Média de Ruptura (Mpa)	Coef. de Variação
1	138,17	288,86	137,94	289,11	31969	8,0	11,6	14%
2	139,17	291,58	139,07	291,60	42154	10,4		
3	138,21	290,38	138,36	290,46	49675	12,4		
4	138,31	290,31	138,11	290,41	49600	12,4		
5	138,05	289,46	138,09	289,54	46320	11,6		
6	138,50	292,48	138,56	292,13	48709	12,0		
7	137,84	289,64	138,30	289,78	51181	12,8		
8	137,84	289,52	137,84	289,39	52795	13,2		

$$f_{bk} = 11,6 \times (1 - 1,645 \times 14\%) = 8,93\text{MPa}$$

Tabela 1 – Resultados típicos de ensaios à compressão simples de blocos



Figura 9 – Blocos capeados

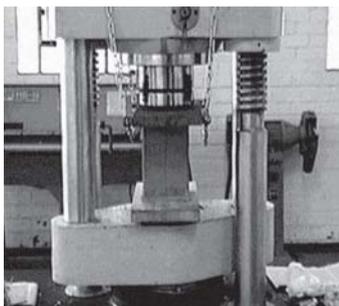


Figura 10 – Ensaio à compressão dos blocos

2.4 Resistência à compressão dos prismas

Os prismas foram executados, capeados (Figura 11) e ensaiados à compressão em uma máquina universal de ensaios (Figura 12), de acordo com a NBR 8215 (ABNT, 1983b). Os resultados, com média de resistência à compressão de 3,10 MPa e coeficiente de variação de 19% apresentados na Tabela 2, indicam uma relação de resistência entre prisma e bloco de 26%, compatíveis com os valores indicados na bibliografia (ABCI, 1990).

Amostra	°SR	Coarseness (mg/100 m)	Nº de fibras/g (milhões)	Comprimento médio (mm)	Teor de finos (%)
<i>Pinus</i> Brasil 0 ^a	13,0	42,80	1,36	1,72	8,06
<i>Pinus</i> Brasil 7000	70,0	11,56	6,99	1,24	25,28
<i>Pinus</i> Chile 0	13,0	32,73	1,65	1,85	9,11
<i>Pinus</i> Chile 8000	66,0	11,30	7,25	1,22	48,94
Eucalipto 0	19,0	6,92	20,58	0,70	10,97
Eucalipto 4500	69,0	5,77	25,69	0,68	10,95

^a O número que acompanha a procedência da amostra indica o número de revoluções do moinho PFI (refinador de laboratório) a que a polpa foi submetida.

Tabela 2 – Resultados típicos de ensaios à compressão de prismas



Figura 11 – Confeção dos prismas

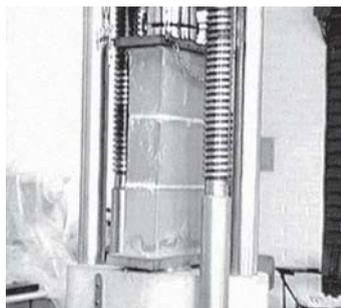


Figura 12 – Ensaio à compressão dos prismas

2.5 Apresentação do produto ao meio técnico por meio de palestras e cursos

Em 2002 foi criada a disciplina optativa Alvenaria Estrutural, com carga horária de 60 horas, no curso de Engenharia Civil do Centro de Tecnologia da UFPI, cujo conteúdo programático contempla um histórico da alvenaria estrutural, conceitos, sistema construtivo, propriedades e características da alvenaria, concepção estrutural e cálculo estrutural.

Em 2003 foi ministrado um curso de qualificação de mão-de-obra para duas turmas, cujo programa contempla as relações interpessoais, segurança do trabalho, qualidade e produtividade, leitura de projetos, racionalização de obras, marcação e execução de alvenaria, com aulas de laboratório (Figura 13) e de campo (Figuras 14 a 20).



Figura 13 – Aula de laboratório



Figura 14 – Aula de campo



Figura 15 – Marcação da primeira fiada

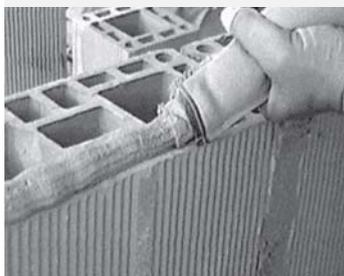


Figura 16 – Aplicação de argamassa com bisnaga



Figura 17 – Aplicação de argamassa com meia-cana



Figura 18 – Aplicação de argamassa com régua

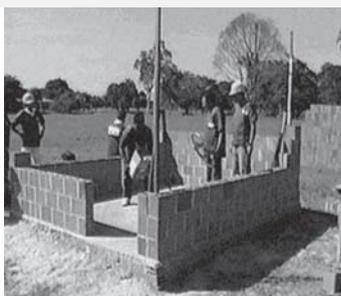


Figura 19 – Uso do escantilhão



Figura 20 – Preenchimento das juntas verticais com bisnaga

2.6 Construção de protótipos

Foi prevista a construção de um protótipo utilizando-se o bloco estrutural cerâmico, na área da UFPI (Figuras 21 a 24), para demonstrar a viabilidade técnica do processo construtivo, com previsão de futuras medições de temperaturas internas e externas para caracterizar o conforto térmico em função de cada tipo de cobertura e/ou de revestimento, de fundamental importância, pois o conforto térmico é um ponto crucial para o desenvolvimento dos projetos arquitetônicos no Piauí, uma vez que as temperaturas são bastante elevadas durante todo o ano e que a viabilidade de um projeto depende também das características de conforto térmico alcançadas.

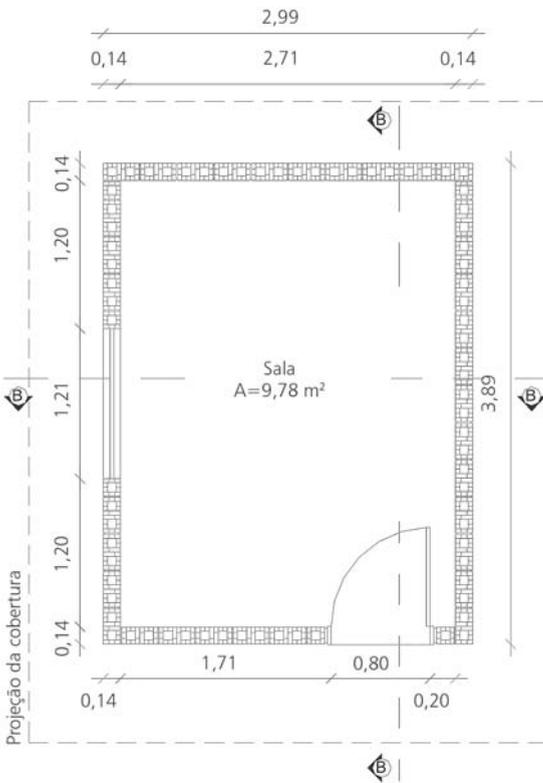
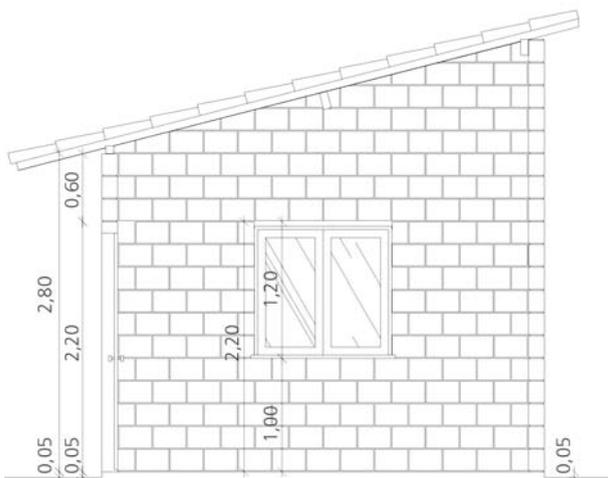


Figura 21 – Planta baixa do módulo



Corte B-B

Figura 22 – Corte do módulo



Figura 23 – Módulo executado com coberta de telha cerâmica



Figura 24 – Módulo executado com coberta de telha de cimento-amianto

2.7 Assimilação do produto pela indústria da construção civil

Em 29 de abril de 2003 a Construtora Andrade Junior assinou contrato com a Caixa Econômica Federal – Programa de Arrendamento Residencial (PAR) para a construção de 144 unidades habitacionais (9 blocos com 16 apartamentos), com utilização de blocos estruturais cerâmicos produzidos pela Cerâmica Mafrense, primeira indústria a aderir ao programa.

Em agosto de 2004, a situação de projetos em alvenaria estrutural em execução, financiados pela Caixa Econômica Federal – Programa de Arrendamento Residencial (PAR) é a indicada na Tabela 3 (Figuras 25 a 31), com um total de 1.024 unidades habitacionais contratadas e investimento total de R\$ 22.576.968,35.



Figura 25 – Bilbao Residence



Figura 26 – Residencial Parque das Violetas



Figura 27 – Condomínio Imperial Park



Figura 28 – Condomínio Gaudi



Figura 29 – Residencial Monte Líbano



Figura 30 – Residencial Vila Poty



Figura 31 – Residencial Ipiranga

Nº	EMPREENDIMENTO	CONSTRUTORA	Un.	Área Priv	% Ob.
01	Bilbao Residence	Andrade Junior	144	43,84 m ²	94,63
02	Resid. Parque das Violetas	Betacon Construções	160	41,94 m ²	78,71
03	Condomínio Imperial Park	Estrela da Manhã	160	41,94 m ²	46,12
04	Condomínio Gaudi	Andrade Junior	144	42,14 m ²	26,31
05	Resid. Monte Líbano	MTV	160	42,80 m ²	41,25
06	Resid. Vila Poty	Skora Eng. e Comércio	112	42,18 m ²	44,05
07	Resid. Ipiranga	Soferro Construtora	144	42,14 m ²	30,88

Fonte: Caixa Econômica Federal Gerência de Apoio ao Desenvolvimento Urbano/Teresina

Tabela 3 – Resumo dos empreendimentos contratados

3 Controle tecnológico

Com as exigências da Caixa Econômica Federal com relação ao controle de qualidade dos blocos e a quantidade de empreendimentos contratados, em março de 2004 foi firmado convênio entre o Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado do Piauí (Sinduscon-PI) e a Universidade Federal do Piauí, através do Centro de Tecnologia, para a realização de ensaios de blocos e prismas.

Os resultados de acompanhamento de resistências dos blocos e prismas com os respectivos coeficientes de variação dos diversos empreendimentos encontram-se nos Gráficos 1 e 2, a seguir.

4 Conclusões

O projeto “Alvenaria Estrutural com Blocos Estruturais Cerâmicos” foi aprovado no Programa Habitare – 4º Edital, numa situação excepcionalmente favorável de conjunção de interesses regionais da academia (UFPI), da indústria da construção civil, da indústria cerâmica e da agência financiadora (Caixa Econômica Federal, através do Programa de Arrendamento Residencial – PAR), o que resultou numa rápida assimilação de tecnologia construtiva, com desdobramentos favoráveis em termos de qualidade e custos de execução de edificações voltadas para a redução do déficit habitacional.

Os resultados obtidos permitem constatar a capacidade de adaptação e a qualidade dos produtos da indústria cerâmica regional, a facilidade para incorporação de tecnologias construtivas por parte da indústria da construção civil e a capacidade da Universidade Federal do Piauí, apesar de suas limitações, como indutora de novos processos, quando consegue ter acesso a financiamentos.

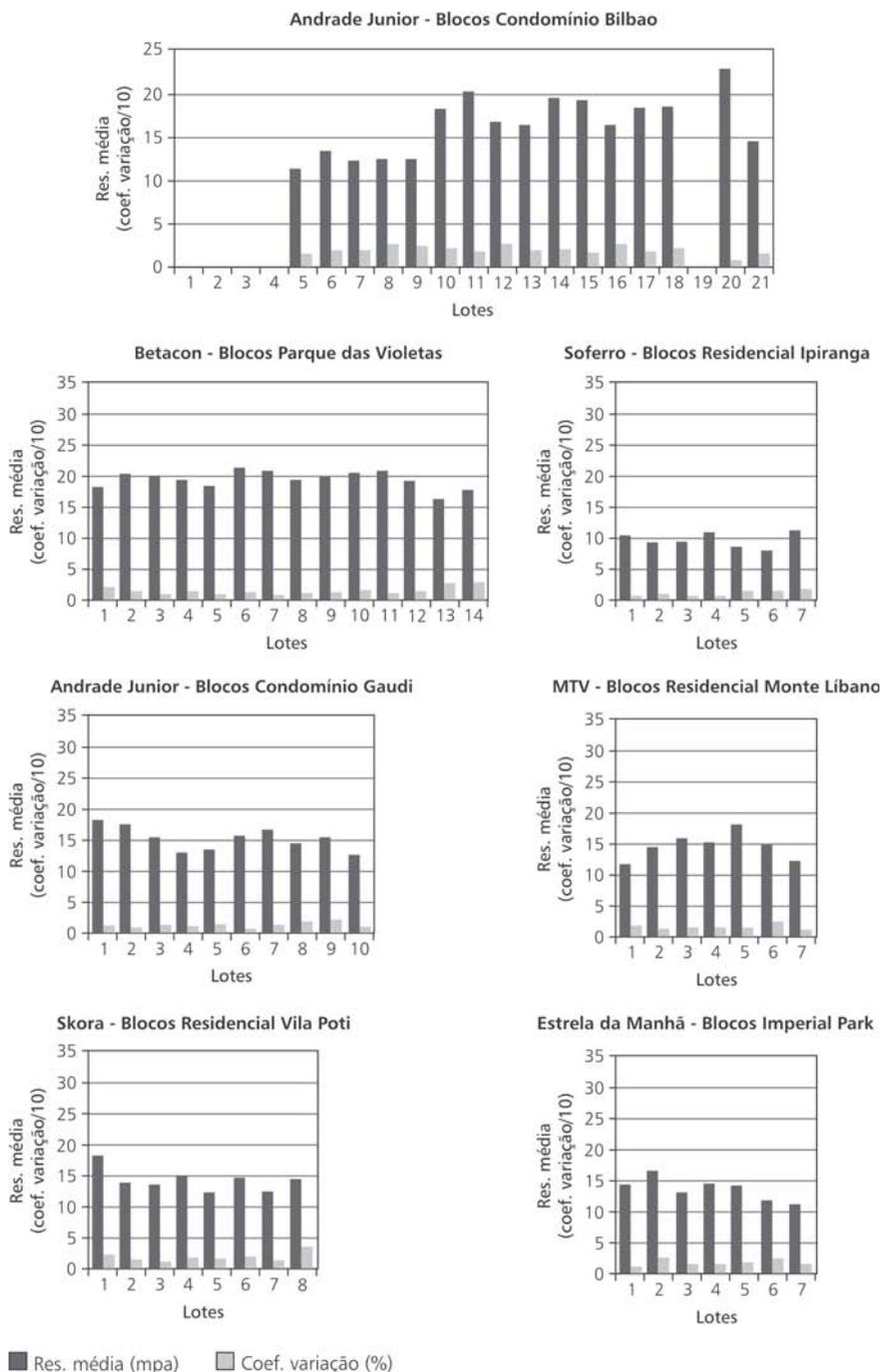
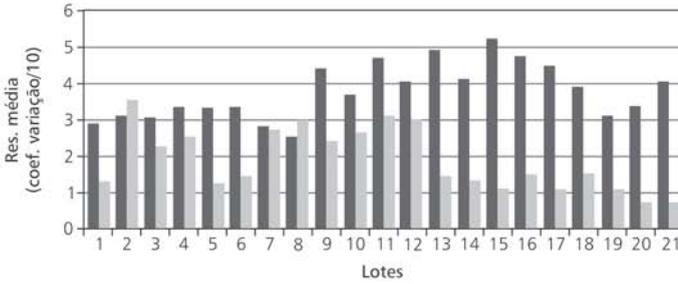
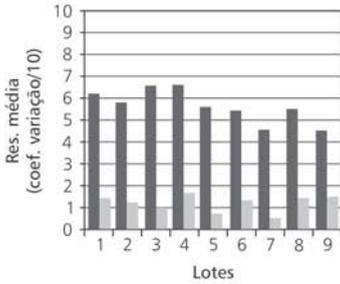


Gráfico I – Resistências dos blocos dos empreendimentos

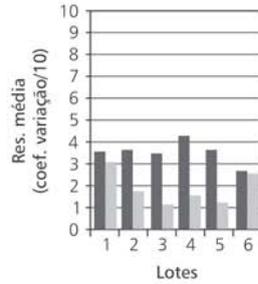
Andrade Junior - Prismas Condomínio Bilbao



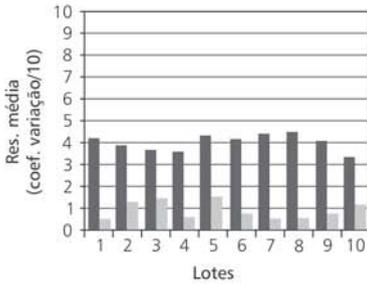
Betacon - Prismas Parque das Violetas



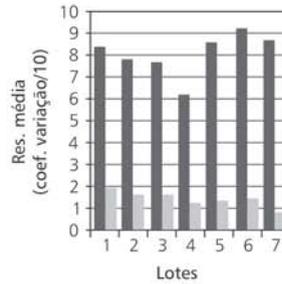
Soferro - Prismas Residencial Ipiranga



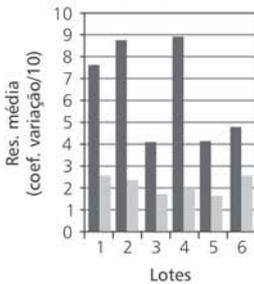
Andrade Junior - Prismas Condomínio Gaudi



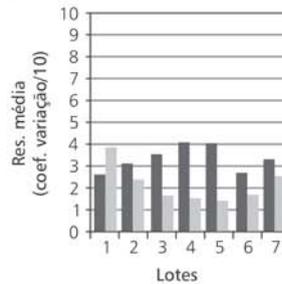
MTV - Prismas Residencial Monte Líbano



Skora - Prismas Residencial Vila Poti



Estrela da Manhã - Prismas Imperial Park



■ Res. média (mpa) ■ Coef. variação (%)

Gráfico 2 – Resistências dos prismas dos empreendimentos

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA – **Manual Técnico de Alvenaria**, 1990. 274 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 6461** – Bloco Cerâmico para Alvenaria – Verificação da Resistência à Compressão, 1983a. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 8215** – Prismas de Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria Estrutural – Preparo e Ensaio à Compressão, 1983b. 2 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 7171** – Bloco Cerâmico para Alvenaria – Especificação, 1992. 8 p.

MENDES, Paulo de Tarso C.; MOREIRA, Maria de Lourdes T. **Cerâmica vermelha no Piauí**: estágio atual e perspectivas. Universidade Federal do Piauí, 1991. 16 p.

SABBATINI, Fernando Henrique. **Alvenaria estrutural**: materiais, execução da estrutura e controle tecnológico. Caixa Econômica Federal, 2003. 36 p.

