

Desenvolvimento de Massa Cerâmica para Blocos Queimados e Prensados

**Leonardo Gonçalves Pedroti^b, Jonas Alexandre^{a*}, Gustavo de Castro Xavier^a,
Sergio Neves Monteiro^b, Carlos Mauricio Fontes Vieira^b,
Alexandre Viana Bahiense^b, Paulo Cesar de Almeida Maia^a**

^aLaboratório de Engenharia Civil – LECIV,
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF,
Av. Alberto Lamego, 2000, Horto, CEP 28013-600, Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil

^bLaboratório de Materiais Avançados – LAMAV,
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF,
Av. Alberto Lamego, 2000, Horto, CEP 28013-600, Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil
*e-mail: jonas@uenf.br

Resumo: O processo normalmente usado nas empresas cerâmicas para fabricação de blocos é a extrusão, o qual propicia devido a diferentes fatores elevadas perdas, tanto de material quanto de peças. No processo de extrusão a perda está basicamente relacionada à umidade necessária para moldagem, já na secagem e queima devido a imperfeições e transporte. Quando não descartados devidos às deformações elevadas esses blocos se tornam grandes problemas nos canteiros de obra, pois essa deformidade exige correções com o uso de argamassas. Este trabalho mostra uma nova alternativa, que são blocos prensados e queimados onde na sua etapa produtiva elimina grande parte das perdas comparadas com o processo de extrusão, pois os blocos prensados possuem baixa umidade descartando a dispendiosa secagem. Nos canteiros de obra, a grande vantagem fica para o sistema de encaixe, similar ao tradicional usado em bloco de solo-cimento, e ainda podem ser usados como blocos estruturais.

Palavras-chave: blocos cerâmicos, prensados, encaixe, solo-cimento.

1. Introdução

O município de Campos dos Goytacazes é um importante polo da indústria de cerâmica vermelha no Brasil que produz cerca de 40% da produção de cerâmica vermelha do Estado do Rio de Janeiro, possuindo mais de 100 empresas no setor, isto se justifica pela vasta reserva de argila. Segundo Xavier¹, a região possui depósitos quaternários do tipo aluvionares, com abundância em material argiloso. A produção concentra-se na fabricação de tijolos e telhas, e em menor escala a fabricação de blocos estruturais.

A economia já reconhecida com o uso dos blocos estruturais faz desta uma alternativa para redução de custos na obra, já que todos os projetos devem estar compatibilizados, evitando improvisos.

Inúmeros processos construtivos são usados em tempos atuais, processos esses que marcaram épocas de nossa história, e são insubstituíveis. A evolução da construção civil é baixa se comparada com outras técnicas em diferentes áreas. Um processo conhecido e agora tenta ganhar espaço é a construção modular, a qual é planejada do início ao fim, diminuindo consideravelmente desperdícios, pois suas paredes são formadas por blocos com dimensões que se completam. A alvenaria estrutural acompanhada dessas modulações ganhou força no Brasil na década de 80 quando pesquisadores começaram a desvendar e analisar materiais e formatos para produção dos blocos. Um outro processo muito conhecido na construção é o bloco em solo cimento, o qual pode em muitos casos ser fabricado no próprio canteiro de obra, pois sua mistura e prensagem são de extrema simplicidade.

O sistema de prensagem facilita o aparecimento de um modelo que vem ganhando espaço nas construções, o bloco macho e fêmea (encaixe). Essa característica (encaixe), juntamente com a modulação das paredes possibilita ao construtor um ganho de tempo na montagem

das alvenarias, pois esse processo permite que o assentamento dos blocos dispense argamassa.

Na tentativa de aliar a cerâmica vermelha, a qual usa para produção dos artefatos o processo de extrusão, com a técnica de prensagem de blocos, a qual se pode formar blocos “macho e fêmea”, surge uma nova alternativa para a construção, o blocos prensados e queimados de encaixe. Inúmeras formas de blocos de encaixe são conhecidas atualmente. O processo de prensagem pode ser o manual, hidráulico ou mecânico.

1.1. Características das massas cerâmica de Campos dos Goytacazes

As massas cerâmicas usadas nas indústrias de Campos dos Goytacazes, região norte do Estado do Rio de Janeiro, caracterizam-se por apresentar um comportamento de queima refratário que, para alguns tipos de produtos como telhas e pisos extrudados, não permite alcançar as propriedades requeridas. Um estudo comparativo das características de uma típica massa cerâmica para telhas do município de Campos dos Goytacazes e massas de reconhecida qualidade provenientes de outras regiões constatou que a massa de Campos apresenta características significativamente diferentes das demais². Dentre estas características destacam-se um elevado percentual de alumina, baixo percentual de sílica, excessivo conteúdo de minerais argilosos e elevada perda de massa durante a queima, associada basicamente à predominância caulínica das argilas locais. Além disso, as argilas possuem gibsita (hidróxido de alumínio) em sua composição mineralógica³. A gibsita durante a queima sobre uma transformação pseudomórfica em temperaturas em torno de 260 °C, contribuindo também para aumento da refratariedade e perda de massa⁴.

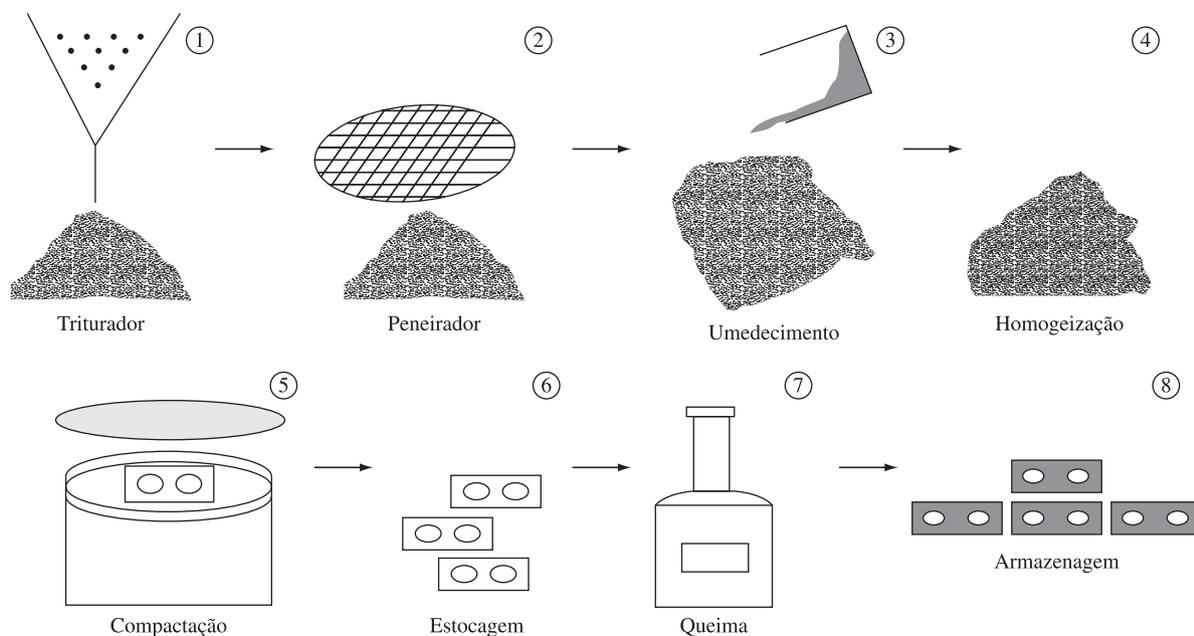


Figura 1. Etapas da fabricação dos blocos prensados cerâmicos. Fonte: Pedroti⁸.



Figura 2. Misturador.

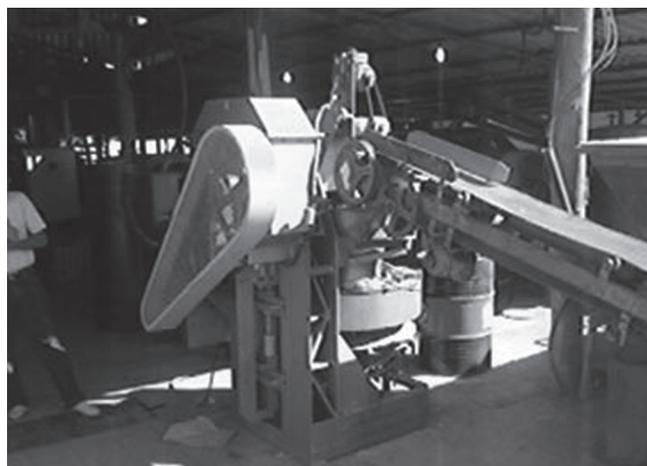


Figura 3. Prensa utilizada na confecção dos blocos. Fonte: Pedroti⁸.

Como alternativas para melhorar as propriedades após queima dos produtos pode-se reformular a massa cerâmica, aumentando o teor de fundentes e/ou a temperatura de queima. Os fundentes atuam na formação de fase líquida o que facilita o preenchimento dos vazios na microestrutura do material, contribuindo para incrementar a densificação e reduzir a porosidade⁵, por meio de um processo comumente chamado de vitrificação. A temperatura de queima, a percentagem e proporção dos óxidos alcalinos, bem como sua procedência mineralógica, são alguns dos fatores determinantes no processo de vitrificação.

1.2. Processamento da cerâmica argilosa prensada

A prensagem é a operação de conformação baseada na compactação de um pó granulado ou massa contida no interior de uma matriz rígida ou de um molde flexível, através da aplicação de pressão. A operação compreende três etapas ou fases: (1) preenchimento da cavidade do molde, (2) compactação da massa e (3) extração da peça.



Figura 4. Blocos prensados mecanicamente. Fonte: Pedroti⁸.

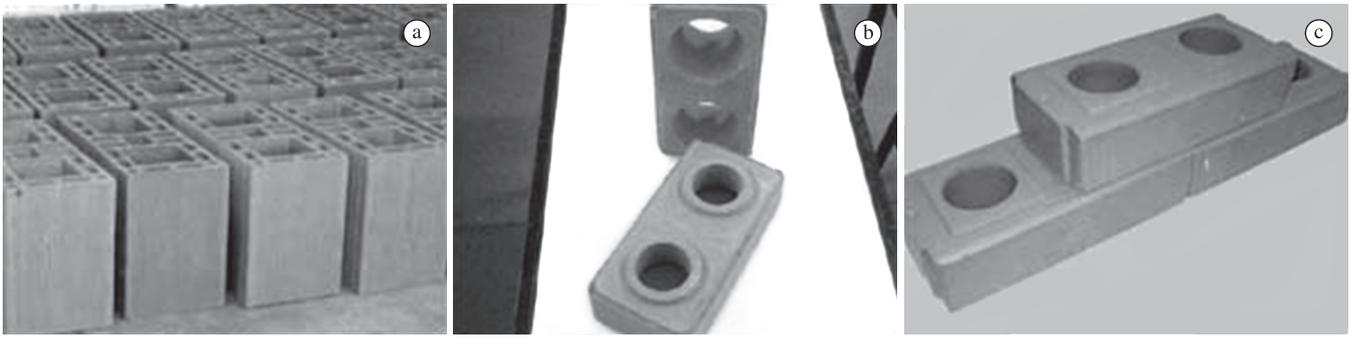


Figura 5. Blocos usados na pesquisa. Fonte: Pedroti⁸.

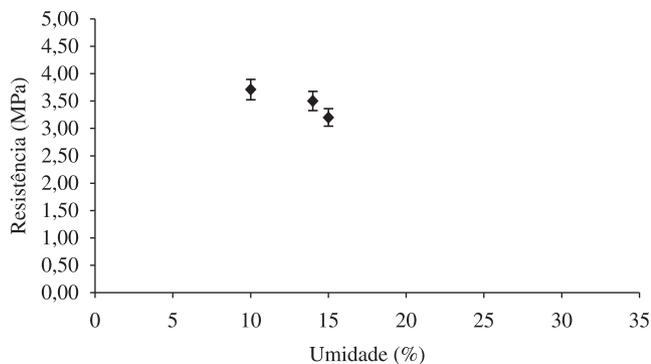


Figura 6. Umidade de moldagem vs. resistência mecânica dos blocos prensados e queimados.

O processo de conformação transforma um sistema não-consolidado num corpo definido, consolidado e apresentando uma particular geometria e microestrutura. A seleção do processo de conformação para um produto específico é dependente do tamanho, da forma e tolerâncias dimensionais permitidas no projeto, os requisitos das características da microestrutura, reprodutibilidade, produtividade e investimento. Por razões de produtividade e eficiência em produzir peças com tamanho e formas bastante variados, a conformação por prensagem é o processo de conformação mais utilizado⁶.

2. Material e Métodos

A matéria-prima utilizada foi coletada na jazida da empresa Cerâmica União, localizada no município de Campos dos Goytacazes - RJ. Essa mesma massa é utilizada para confecção dos blocos estruturais, tijolos e lajes em cerâmica vermelha.

Após coleta, o material foi separado para secagem ao ar livre. Posteriormente destorroado, com ajuda de marreta obtendo-se material com partículas mais finas. Em seguida, peneirado ABNT nº 60 (peneira de arroz). Parte deste material foi selecionada para caracterização física e química, o restante foi estocado em sacos plásticos fechados, a fim de se manter uma umidade controlada e, posteriormente, usada na confecção dos blocos. Na caracterização física foi determinada a distribuição do tamanho de partículas dos materiais, via úmido por peneiramento e sedimentação, segundo a norma⁷.

Para fazer uso de uma nova técnica de moldagem de blocos cerâmicos, fez-se a associação do processo utilizado na confecção dos blocos em solo-cimento, com ajustes para atender uma melhor qualidade nos blocos prensados sem cimento. Todo o material que não foi utilizado na caracterização foi preparado e ensacado como já mencionado.

A Figura 1 demonstra as etapas utilizadas na fabricação dos blocos.

Depois de trituração e peneirado, faz-se o umedecimento do solo com ajuda de um aspersor, a fim de evitar a formação de grumos. Para homogeneização, é utilizada uma betoneira normal de obra, ou um misturador (Figura 2). Após a determinação da umidade desejada de mistura, o material é novamente peneirado para retirada dos grumos existentes e compactado na prensa, que pode ser a manual ou mecânica. Faz-se a estocagem desse material para posterior queima nas temperaturas de 600, 700, 800, 900 e 1000 °C.

Neste trabalho, esse processo foi seguido com controle da umidade da massa, a fim de se determinar a melhor umidade de prensagem, ou a faixa que melhor se adequasse ao material.

Foram confeccionados, posteriormente em uma prensa mecânica e ensaiados três tipos de umidade 10, 14 e 15%. Utilizou-se a umidade de 10% pois os resultados apresentaram maior resistência, conforme apresentado na Figura 6. Foram confeccionados 5 (cinco) blocos para cada média.

Esses blocos prensados por prensa mecânica (Figura 3) foram fabricados na fábrica da empresa Máquinas-Man, em Marília - SP, a uma força de compressão de 8 t. Os blocos possuem dimensões de 25 × 12,5 × 7 cm (Figura 4).

Os blocos prensados mecanicamente foram ensaiados quanto à resistência mecânica e absorção, comparando-os com blocos cerâmicos estruturais produzidos com o mesmo material utilizado na prensagem e também com o bloco de solo-cimento comercial encontrado na região, que possui características de prensagem semelhantes ao bloco do estudo (Figura 5).

3. Resultados e Discussão

3.1. Umidade de moldagem

Nota-se na Figura 6 que o melhor resultado de resistência na prensagem mecânica foi com 10% de umidade, chegando a 3,70 MPa de resistência. Além disso, observou-se também maior uniformidade entre as peças neste processo, com melhor acabamento nesta umidade.

3.2. Caracterização dos materiais

A Figura 7 apresenta a curva de distribuição do tamanho de partículas da massa argilosa utilizada para a confecção dos blocos extrudados, assim como dos blocos prensados e queimados.

Na Figura 7, são mostradas as frações argila, silte e areia respectivamente de 38,8, 47,5 e 13,7%, caracterizando-o como um material silte-argiloso. Considerando os resultados^{9,10}, no estudo de argilas, para aplicação em cerâmica vermelha e como pozolana, conclui-se que a massa argilosa possui distribuição do

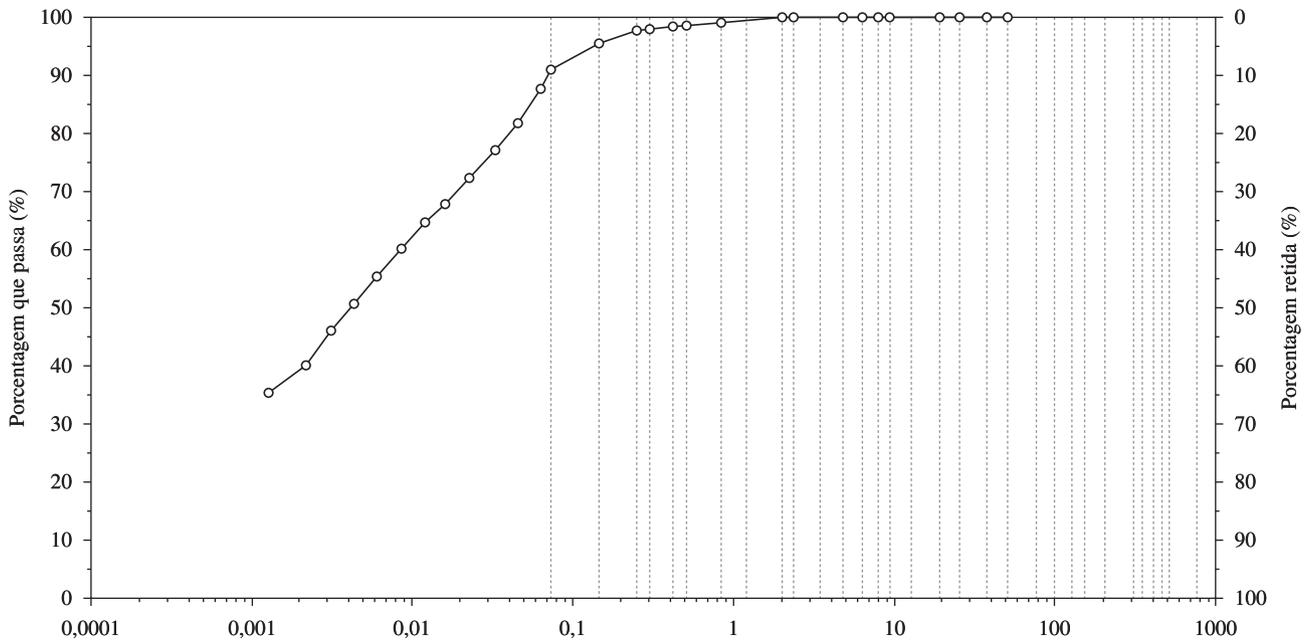


Figura 7. Curva de distribuição do tamanho de partículas do material usado na confecção dos blocos cerâmicos.

Tabela 1. Índices de Atterberg.

	LL (%)	LP (%)	IP (%)
Índices	59,5	30,2	29,3

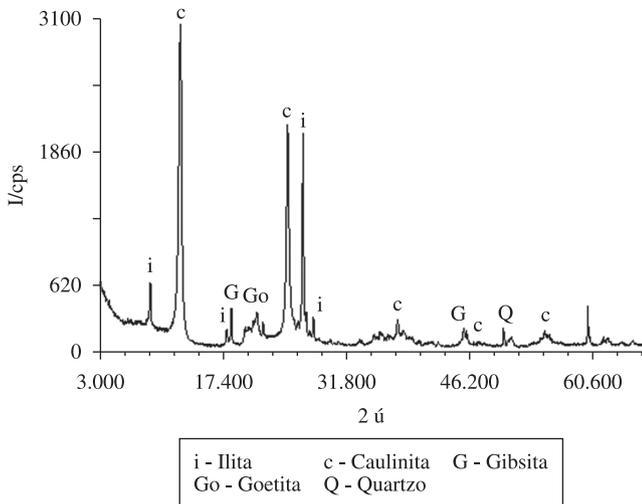


Figura 8. Espectro de difração de raio X da massa argilosa.

tamanho de partículas recomendada para uso em cerâmica vermelha ($30\% \leq$ fração argila $\leq 70\%$).

A Tabela 1 apresenta os resultados dos Índices de Atterberg em que a massa argilosa é indicada para uso cerâmico estando dentro da faixa de valores das massas cerâmicas cauliniticas utilizadas na indústria cerâmica de Campos/RJ, sendo a massa argilosa inorgânica de alta plasticidade¹⁰⁻¹³.

A Figura 8 mostra o espectro de raio X da massa argilosa.

Observa-se nos espectros de raio X da massa argilosa, picos identificando os argilominerais, tais como: caulinita e ilita. Os picos mais discretos identificaram os hidróxidos de alumínio e ferro gipsita e goetita para a Argila. O mineral presente foi o quartzo.

Na Figura 9, são apresentadas as curvas de ATD/ATD/TG da massa argilosa. Verifica-se que a argila apresenta pico endotérmico de média intensidade a 57,57 °C, devido à perda de água livre e adsorvida, a 266,50 °C um pico endotérmico de média intensidade devido à reação de desidroxilação dos hidróxidos de alumínio e ferro pela presença de gipsita e goetita, pico endotérmico de média intensidade a 494,25 °C devido à reação de perda de hidroxilas da caulinita dando origem à fase amorfa da caulinita, denominada de metacaulinita. Observa-se um pico exotérmico de pequena intensidade a 963,32 °C devido à nucleação da mulita.

Analisando as curvas de ATG em conjunto a TG (termogravimetria diferencial) da Figura 9, houve uma pequena perda de massa de 1,104% a 63,95 °C, correspondente à perda de água livre e adsorvida. A 268,89 °C verifica-se uma perda de massa (2,145%) correspondente a desidroxilação de hidróxidos de alumínio e ferro, devido à gipsita e goetita. Houve uma perda de massa de 8,683% a 493,37 °C, correspondente à perda de hidroxilas da caulinita.

A seguir são apresentadas na Tabela 2, as composições químicas semiquantitativas da massa argilosa.

Observando os valores obtidos na Tabela 2, verifica-se que a quantidade de SiO₂ (46,50%) indica a provável presença de argilominerais tais como: caulinita (Al₂O₃ · 2SiO₂ · 2H₂O) e ilita, bem como a provável presença de quartzo livre na amostra total. A quantidade de Al₂O₃ (37,60%) apresenta-se quase totalmente, formando argilominerais, podendo também ser devido a hidróxidos como gipsita (Al(OH)₃), conforme observado na Figura 7. O valor total de 84,10% (SiO₂ + Al₂O₃) indica o caráter refratário da matéria-prima. A quantidade de óxido Fe₂O₃ (9,9%) caracteriza-se como agente fundente e indica a cor vermelha após a calcinação do material.

A Figura 10 apresenta as variações da absorção de água dos materiais estudados.

Nota-se que o bloco prensado e queimado BPQ MEC a 900 °C apresentou maior absorção do que os blocos cerâmicos (CER)

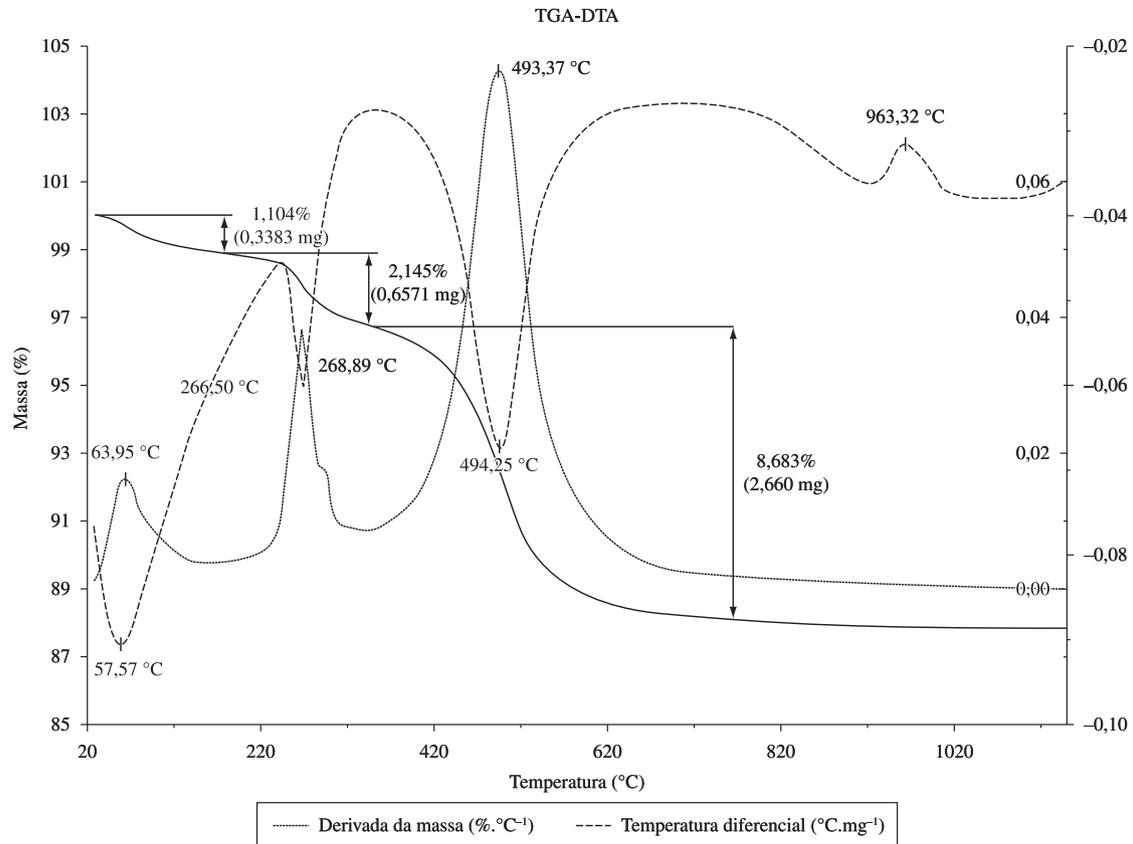


Figura 9. Curva da Análise Térmica Diferencial e Termogravimétrica/TG da massa argilosa.

Tabela 2. Teores químicos do material utilizado na confecção dos blocos cerâmicos e dos blocos prensados e queimados (% em peso).

Elementos	%
SiO ₂	46,5
Al ₂ O ₃	37,6
Fe ₂ O ₃	9,9
K ₂ O	2,3
TiO ₂	1,7
SO ₃	1,2
CaO	0,3
Perda ao fogo	12,05

queimados entre 600 e 1000 °C, e também, do que os blocos de solo-cimento (SC), isso pelo fato do material ter sido moldado com baixa umidade (10%) e com baixa carga de pressão (8 t), resultando num material mais poroso após queima.

Somente o bloco calcinado a 1000 °C apresentou valores aceitáveis¹⁴, porém, essa temperatura não é atingida na maioria das cerâmicas da região. Nesta temperatura, a argila caulinitica da região de Campos-RJ se transforma num material mais estável, com a presença de mulita, conforme o pico exotérmico 963,32 °C da Figura 8. Além disso, na temperatura de 900 °C a massa cerâmica está em transformação ocasionando fissuras internas, por isso o BPQ MEC apresentou valores elevados de absorção de água.

A Figura 11 mostra a variação da resistência à compressão simples dos blocos ensaiados.

O aumento da temperatura provocou a densificação da massa dos blocos cerâmicos extrudados, levando a uma elevação no valor da resistência. Observa-se também que o valor apresentado pelo

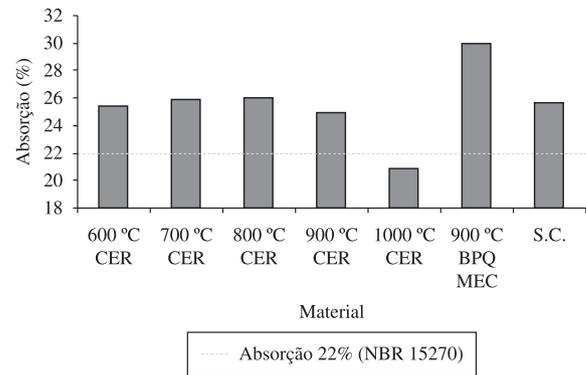


Figura 10. Resultado da absorção em todos os blocos do estudo comparando-os com a NBR-7181¹⁴.

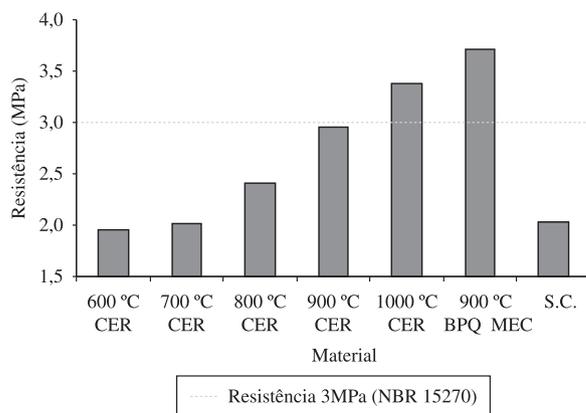


Figura 11. Resistência média à compressão dos blocos.

bloco prensado e queimado (BPQ MEC) superou os outros blocos da análise, atingindo 3,72 MPa.

Comparando com os valores de absorção encontrados anteriormente e a resistência, no caso dos BPQ, provavelmente estas propriedades não estão ligadas, pois apresentou um valor elevado na Figura 7, isso também pode ser explicado pelos diferentes formatos dos blocos prensado e queimado, quando comparados com os extrudados, observados na Figura 5.

Somente na temperatura de 1000 °C, o bloco cerâmico atingiu o valor aceitável pela norma, mas como já descrito anteriormente, essa temperatura não é normalmente aplicada nas indústrias cerâmicas da região.

4. Conclusão

Durante os estudos realizados, buscou-se avaliar os parâmetros físicos, químicos e mecânicos de um novo produto para ser usado como alternativa em edificações na construção civil. Dentre os itens avaliados, alguns podem ser enfatizados como de maior relevância:

- pode-se concluir que a massa argilosa possui tamanho de distribuição de partículas recomendada para uso em cerâmica vermelha ($30\% \leq \text{fração argila} \leq 70\%$);
- Os resultados dos Índices de Atterberg indicam que a massa argilosa possui plasticidade para moldagem para uso cerâmico;
- Foram encontrados os argilominerais caulinita e ilita na difração de raio X. Além disso, foram encontrados os hidróxidos de alumínio e ferro e também, o quartzo.
- Na análise térmica diferencial, a massa argilosa apresentou pico endotérmico de média intensidade a 494,25 °C devido à reação de perda de hidroxilas da caulinita dando origem à fase amorfa da caulinita, observando-se também, um pico exotérmico de pequena intensidade a 963,32 °C devido à nucleação da mulita;
- Na análise química, os resultados apresentaram a característica de refratariedade da massa argilosa estudada ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 \geq 84,10\%$);
- O novo produto (BPQ) atende aos valores de resistência mecânica, conforme preconizam as normas da ABNT 15270 (3,72 MPa), apesar do valor da absorção ficar acima do recomendado;
- O bloco prensado e queimado agrega todas as características do modelo construtivo de encaixe, usado em solo-cimento, onde todas as morfologias já consagradas pelo uso deste método, ao longo dos anos, podem ser perfeitamente ampliadas, tais como: formas de blocos e canaletas;
- Além das finalidades dos sistemas construtivos de encaixe, já utilizadas em blocos de solo-cimento, o novo produto mostra-se superior e poder ser produzido em larga escala em olarias, disponibilizando-se para o mercado da construção civil;
- Em relação aos blocos de solo-cimento, o BPQ, quando produzido em escala experimental, mostrou ser mais uniforme;
- Quando comparados os BPQ's com blocos extrudados, ambos produzidos com as mesmas argilas usadas nas cerâmicas de Campos dos Goytacazes - RJ, observa-se que os valores de resistência dos BPQ's são superiores. Os BPQ's agregam também, ao processo produtivo, economia, pois dispensam a etapa de secagem usada no processo de extrusão;

Agradecimentos

Agradecemos a Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, aos programas de pós-graduação em Engenharia Civil e Ciências dos Materiais, a FAPERJ pelo apoio financeiro à pesquisa, e a empresa MAN por ter cedido o maquinário para prensagem.

Referências

1. XAVIER, G. C. **Utilização de resíduos de mármore e granito na massa de conformação de cerâmica vermelha**. 2001. Dissertação (Mestrado em Ciências de Engenharia)-Campos dos Goytacazes, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, Rio de Janeiro, 2001.
2. VIEIRA C. M. F.; SOARES, T. M.; MONTEIRO, S. N. **Cerâmica**, v. 49, p. 312-245, 2003.
3. VIEIRA, C. M. F.; MONTEIRO, S. N. **Tile & Brick International**, Freiburg, v. 18, p. 152-157, 2002.
4. VIEIRA, C. M. F.; SOUZA, E. T. A.; MONTEIRO, S. N. **Cerâmica**, v. 50, p. 254-260, 2004.
5. FONSECA, M. G. et al. CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 43., 1999, Florianópolis, SC. **Anais...** Ref. 2-443.
6. REED, J. S. **Introduction to the Principles of Ceramic Processing**. New York, EUA: John Wiley & Sons, 1998.
7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-7181**. Determinação da Análise Granulométrica dos Solos. Rio de Janeiro, 1984.
8. PEDROTI, L. G. **Estudo de conformidades em relação à ABNT de blocos cerâmicos prensados e queimados**. Dissertação (Mestrado em Estruturas)-Campos dos Goytacazes, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, Rio de Janeiro, 2007.
9. SOUZA SANTOS, P. (Ed.). Edgard Blucher, 1989. vol. 1, 499 p.
10. ALEXANDRE, J. **Análise de matéria-prima e composições de massa utilizada em cerâmica vermelha**. Tese (Doutorado em Ciências de Engenharia)-Campos dos Goytacazes, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Rio de Janeiro, 2000.
11. XAVIER, G. C. et al. **Cerâmica**, v. 55, p. 1-10, 2009.
12. VIEIRA, C. M. F. **Caracterização de argilas de Campos dos Goytacazes visando à fabricação de revestimento cerâmico semiporoso**. Tese (Doutorado em Engenharia de Materiais)-Campos dos Goytacazes, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, Rio de Janeiro, 2001.
13. TOLEDO, R. **Técnicas fototérmicas e de raios-x para o monitoramento de sólidos e gases em materiais cerâmicos**. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência dos Materiais)-Campos dos Goytacazes, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, Rio de Janeiro, 2003.
14. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-7181**. Determinação da análise granulométrica dos solos. Componentes cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 1984.