

Blocos Cerâmicos de Alta Porosidade

**Maria Celeste Ribeiro Ambrósio^{a*}, F. T. da Silva^a,
J. Duailibi Fh.^b**

^aPEMM/COPPE/UFRJ, Programa de Engenharia Metalúrgica e de Materiais

C.P. 68505, Ilha do Fundão, 21945-970 Rio de Janeiro - RJ

^bINT, Instituto Nacional de Tecnologia,

Av. Venezuela, 82, Praça Mauá, 20081-310 Rio de Janeiro - RJ

*e-mail: celeste@metalmat.ufrj.br

Resumo: A obtenção de blocos cerâmicos porosos de baixa condutividade térmica, vem despontando como uma alternativa na melhoria do conforto ambiental e na redução do consumo de energia. A partir de diferentes matérias-primas argilosas, em mistura com diferentes agentes formadores de poros, blocos cerâmicos foram conformados por extrusão, seguidos das operações de secagem e queima a temperaturas compreendidas entre 900 °C e 1100 °C. A morfologia e distribuição de poros variaram com a natureza dos aditivos orgânicos e com a temperatura de queima. Os resultados obtidos demonstraram ser possível a obtenção de blocos cerâmicos porosos utilizando argilas caulínicas do Município de Barra do Piraí. O presente trabalho avaliou a correlação entre o processamento desses blocos e as respectivas condutividades térmicas. Com base nos resultados obtidos, sugerem-se composições adequadas à obtenção de blocos cerâmicos leves de baixa condutividade térmica.

Palavras-chave: *cerâmica vermelha, blocos cerâmicos de alta porosidade, agentes formadores de poros*

1. Introdução

Após a crise do petróleo na década de 70, o Governo Alemão apoiou fortemente a pesquisa de materiais de construção que melhorassem o isolamento térmico das construções. De um grupo criado pela associação de empresas cerâmicas (Ziegel Industries) e pelo DIBT (Instituto de Pesquisa de Materiais de Construção) surgiu o *Poroton* (bloco cerâmico de alta porosidade), que vem sendo comercializado desde meados de 1995, sendo utilizados na grande maioria das novas edificações no Sul da Alemanha, uma vez que os referidos produtos conferem uma série de benefícios, tais como: baixo peso e menor espessura das argamassas de assentamento e reboco (Ziegel, 1998).

A adaptação da tecnologia alemã de fabricação de blocos cerâmicos de alta porosidade às condições industriais brasileiras, está sendo considerada um estímulo ao uso destes componentes cerâmicos na construção civil, mas também um grande salto para o Segmento de Cerâmica Vermelha do Brasil. Para que em um horizonte de curto/médio prazo o País possa dispor de tecnologia que permita a utilização desses blocos cerâmicos de alta porosidade, faz-se ne-

cessário o domínio dos fenômenos relacionados ao processamento dos referidos blocos.

Nas décadas de 50 e 60, o isolamento térmico era visto apenas como prevenção contra umidade e crescimento de mofo, sendo voltado exclusivamente para a higiene dos ambientes. Após a crise do petróleo na década de 70, o isolamento térmico passou a ter papel fundamental na economia de energia e no conforto ambiental das residências.

Nos dias atuais com o mercado mais exigente em relação a indústria da construção civil, o conforto ambiental das edificações vem sendo cada vez mais exigido, no âmbito da Qualidade Total e Ambiental. Com o desenvolvimento de novos materiais, tornou-se indispensável a pesquisa e elaboração de novas técnicas para a determinação das propriedades termofísicas dos materiais, principalmente a condutividade térmica, calor específico e difusividade térmica. Dentre estas propriedades, a condutividade térmica é uma das mais importante. O conhecimento da variação da condutividade térmica com a estrutura física dos materiais e suas variações, principalmente com a temperatura e

pressão e com as suas composições, são da maior importância para o cálculo e análise da transferência de calor de um sistema.

Nos últimos sessenta anos foram desenvolvidos vários métodos para determinação das propriedades termofísicas dos materiais, tais como: Método da Placa Quente Protegida (Guarded Hot-Plate Method), Fio Quente (Transient Hot-Wire Method), Faixa Quente (Transient Hot-Strip Method), Sonda Linear (Transient Hot-Probe Method) dentre outros. O método que mais se destaca dentre eles é o Método da Placa Quente Protegida (Guarded Hot-Plate Method), para medir a condutividade térmica de materiais.

Dentro deste contexto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a influência da adição de agentes formadores de poros, na condutividade térmica e na resistência mecânica, a partir de mistura de argilas caulínicas utilizadas na fabricação de blocos estruturais. Buscou-se atingir o domínio das etapas de processamento e uma melhor compreensão dos fenômenos envolvidos na interação entre a massa cerâmica e os agentes formadores de poros.

2. Materiais e Métodos

Foram preparadas misturas com teores variáveis de diferentes agentes formadores de poros: serragem, celulose e poliestireno expandido. Para a determinação dos teores

desses agentes, tomou-se por base dados utilizados reportados na literatura (Ziegel, 1998; Jung, K. 1994; Rimpel, E. 1996).

Testes exploratórios em extrusora de laboratório foram realizados utilizando-se uma mistura de matérias-primas argilosas constituída de: 40% de argila de média plasticidade de cor cinza, 40% de argila amarela, 20% de argila arenosa (silte argiloso), denominada ARG 100. A ela foram adicionados os aditivos formadores de poros e no caso da composição com poliestireno expandido adicionou-se também resíduo de granito finamente dividido, proveniente da Região de Cachoeiro do Itapemirim (ES), com o intuito de agregar materiais fundentes de forma a compensar a queda da resistência mecânica ocasionada pelo aumento da porosidade. As composições testadas neste estudo são apresentadas na Tabela 1.

As análises químicas das matérias-primas argilosas e dos insumos testados são apresentados na Tabela 2, assim como dados referentes à determinação de outros parâmetros de caracterização, como distribuição granulométrica e limite de plasticidade.

A Figura 1 mostra a localização das matérias-primas argilosas e da mistura ARG 100 no Diagrama de Winkler.

Pode-se observar que a massa industrial encontra-se junto ao limite da região C, apropriada para a fabricação de

Tabela 1. Composições Estudadas (% em peso).

Composições	Argila	Serragem	Celulose	EPS	Resíduo de Granito
ARG 100	100	-	-	-	-
S5 C10	85	5	10	-	-
S10 C5	85	10	5	-	-
S18 C6	76	18	6	-	-
EPS2 G8	90	-	-	2	8

Tabela 2. Características das Matérias-Primas (% em peso).

	Argila Cinza	Argila Amarela	Silte Arenoso	Resíduo de Granito	Resíduo de Celulose
SiO ₂	59,54	55,47	64,98	59,80	51,60
Al ₂ O ₃	20,89	22,71	17,24	12,89	1,30
Fe ₂ O ₃	5,88	7,60	5,62	11,40	2,00
TiO ₂	1,02	1,08	0,91	0,99	0,20
CaO	0,28	0,12	0,36	3,80	21,50
MgO	0,70	0,70	0,87	1,40	20,00
Na ₂ O	0,38	0,28	0,55	2,60	2,50
K ₂ O	2,22	2,06	2,62	4,00	0,70
P ₂ O ₅	0,08	0,07	0,08	0,44	0,13
Mn ₂ O ₃	0,05	0,05	0,07	0,17	0,07
PF (1000 °C)	8,96	9,86	6,70	2,51	-
% > 63 µm	7,60	30,80	47,20	5,00	-
% < 2 µm	40,00	44,00	19,00	-	-
LP (%)	28,00	36,00	26,00	-	-

PF - Perda ao fogo; LP - Limite de plasticidade.

blocos estruturais. A argila Amarela encontra-se no limite da região B que é recomendada para a fabricação de telhas. A argila Cinza encontra-se próxima do limite entre as regiões B e C. Observa-se também que a argila Arenosa encontra-se totalmente fora das regiões delimitadas pelo diagrama, sendo considerada não apropriada para a fabricação de produtos de cerâmica vermelha, caso utilizada isoladamente. No entanto, em mistura com as demais argilas ela é importante para reduzir a plasticidade da mistura.

A distribuição granulométrica da serragem, foi a seguinte: 10% abaixo de 0,2 mm; 70% entre 0,2 mm e 1,0 mm, e 20% acima de 1,0 mm. O resíduo de celulose em forma de fibras, foi previamente desagregado em água. O poliestireno apresentou uma granulometria média de 0,4 mm.

A Figura 2 ilustra o fluxograma do processamento das misturas. Após a extrusão, os corpos-de-prova na forma prismática (12,0 × 6,0 × 3,0) foram secos à temperatura ambiente durante 7 dias e posteriormente secos em estufa a 110 °C. A queima dos corpos-de-prova foi feita em forno de laboratório MAITEC em três temperaturas (900 °C, 1000 °C e 1100 °C), com taxa de aquecimento constante até a temperatura de queima e patamar de 4 horas, seguido de resfriamento lento no interior do forno. Sendo que algumas amostras também foram queimadas em forno industrial do tipo túnel.

Para todas as amostras queimadas, em laboratório e em forno industrial, foram determinadas a densidade aparente (ASTM C 373-72, 1988), porosidade (ASTM C 373-72, 1988), distribuição de poros, tensão de ruptura à compressão (NBR 6461, 1983) e condutividade térmica.

A determinação da condutividade térmica dos corpos-de-prova, foi realizada em equipamento da marca Feutron. A técnica empregada no ensaio foi o Método da Placa Quente Protegida (Guarded Hot-Plate Method). Este método tem sido utilizado com sucesso ao longo dos anos,

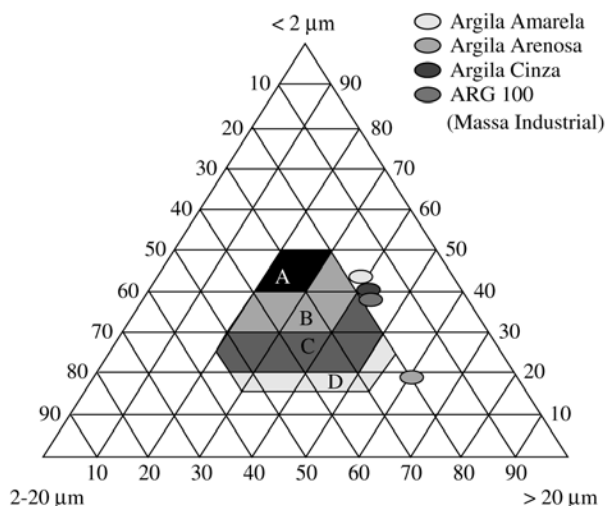


Figura 1. Localização das matérias-primas argilosas no diagrama de Winkler.

na caracterização de materiais de valores de condutividade térmica inferiores a 3,5 W/mK, como especificado na norma (ASTM C177-76, 1984; Ambrósio, M. C. R., 2003).

3. Resultados e Discussão

Segundo os ensaios de caracterização realizados, as argilas que compõem a mistura são predominantemente caulíníticas, e de relativamente baixa fusibilidade; quando processadas de acordo com a formulação utilizada comercialmente e queimada a temperaturas relativamente altas, levam à obtenção de blocos com características adequadas para utilização em alvenaria estrutural.

A Tabela 3 mostra os resultados dos ensaios tecnológicos da mistura sem aditivos ARG 100 e de outras quatro composições contendo diferentes agentes formadores de poros, após queima a 900 °C, 1000 °C e 1100 °C. Para melhor visualização, nas Figuras 3 a 5 são mostradas as relações entre porosidade e a resistência à compressão para as distintas misturas.

A densidade aparente do corpo cerâmico sem adição de agentes formadores de poros está compreendida entre 1,58 a 1,77 g/cm³, dependendo da temperatura de queima. A

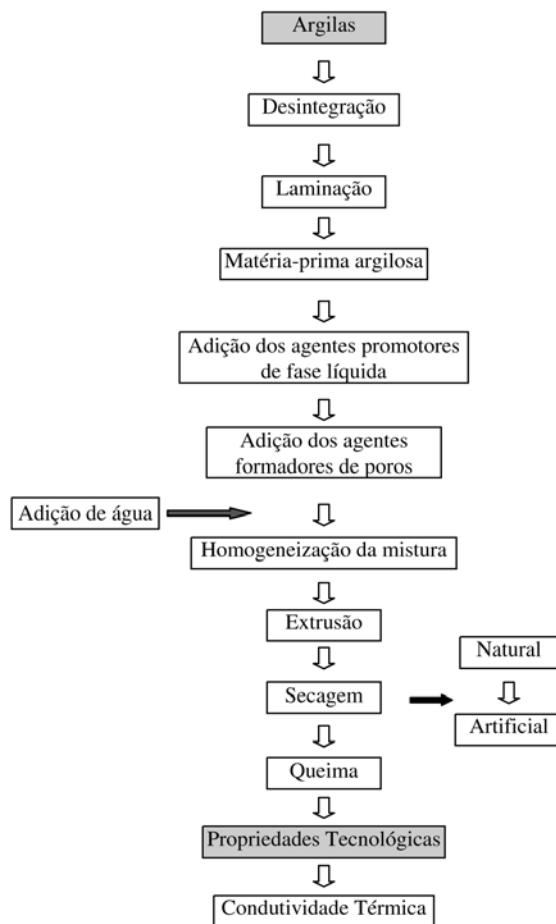


Figura 2. Metodologia Empregada no Processamento de Blocos Porosos (Ambrósio, M. C. R., 2003).

Tabela 3. Características Tecnológicas das Composições.

Misturas	Densidade (g/cm ³)			Porosidade (%)			Resistência à Compressão (MPa)		
	900 °C	1000 °C	1100 °C	900 °C	1000 °C	1100 °C	900 °C	1000 °C	1100 °C
Arg 100	1,48	1,58	1,77	43,20	42,40	32,00	12,22	19,41	27,91
S5 C10	1,09	1,16	1,30	57,60	55,70	48,70	3,47	6,68	11,65
S10 C5	1,04	1,09	1,24	60,73	58,80	52,20	3,69	6,09	11,27
S18 C6	0,82	0,86	0,98	68,96	68,50	63,20	1,50	1,94	3,62
EPS2 G8	0,79	0,83	0,97	65,30	63,20	60,20	1,58	2,94	5,23

Arg 100 – Mistura sem aditivos; EPS2 G8 – Mistura de argila + EPS + Granito; S5 C10, S10 C5 e S18 C6 Mistura de argila + serragem + celulose, só mudando o percentual de cada aditivo.

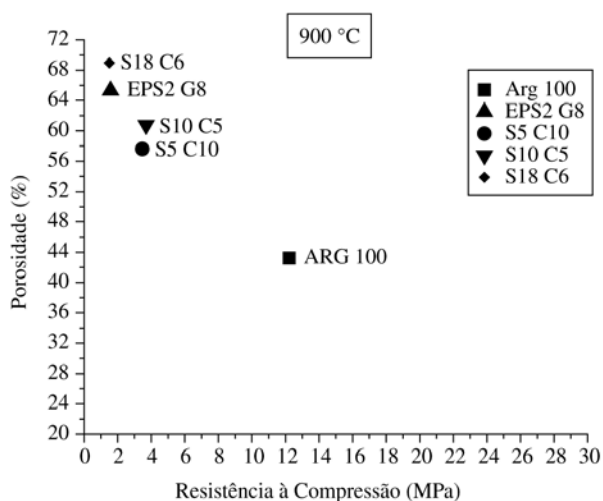


Figura 3. Porosidade (%) vs. Resistência à Compressão (MPa) das Composições após Queima a 900 °C.

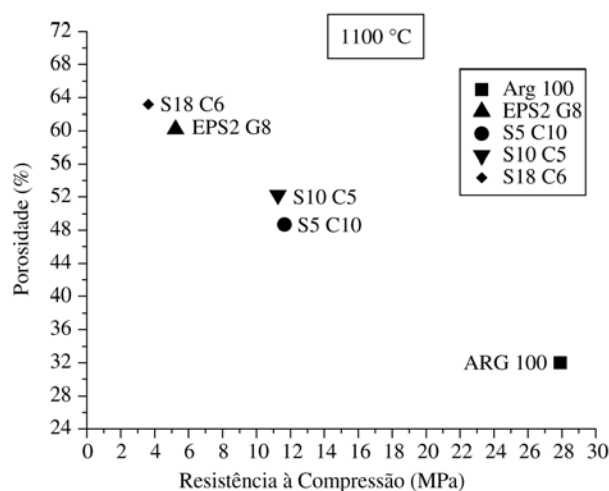


Figura 5. Porosidade (%) vs. Resistência à Compressão (MPa) das Composições após Queima a 1100 °C.

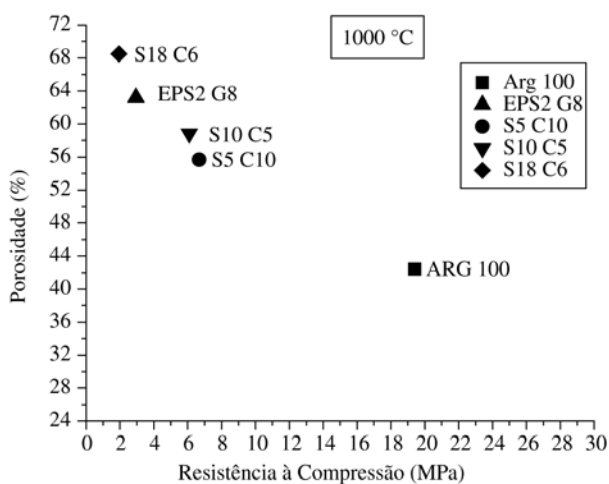


Figura 4. Porosidade (%) vs. Resistência à Compressão (MPa) das Composições após Queima a 1000 °C.

Tabela 4. Valores de Condutividade Térmica das diferentes misturas às temperaturas de 900 °C, 1000 °C e 1100 °C.

Misturas	Condutividade Térmica (W/m ² °C)		
	900 °C	1000 °C	1100 °C
ARG 100	0,653	0,739	0,921
S5 C10	0,358	0,406	0,596
S10 C5	0,412	0,464	0,577
S18 C6	0,224	0,265	0,418
EPS2 G8	0,292	0,334	0,584

outros processos industriais e que necessitariam ser descartados, o que poderia vir a causar prejuízos ao meio ambiente.

A Tabela 4 mostra os resultados de condutividade térmica das composições estudadas. As medições duraram em média 16 horas, considerando-se que o regime permanente foi alcançado quando nenhuma variação foi detectada no gradiente de temperatura das amostras, a partir das três leituras sucessivas num intervalo não inferior a duas horas.

Pode-se observar na Tabela 4 e visualizar melhor na Figura 6 que com o aumento da temperatura de queima, observa-se um aumento da condutividade térmica da peça, devido a sua maior densificação. Pode-se observar que os mais baixos valores de condutividade térmica foram obtidos com a mistura S18 C6 nas três temperaturas de queima, devido ao maior percentual dos agentes formadores de poros e em consequência da maior porosidade. Observa-se também que as misturas S5 C10 e S10 C5 apresentam resultados de condutividade térmica muito próximos para todas as temperaturas de queima pois possuem o mesmo teor de agentes formadores de poros. Comparando-se a condutividade térmica dessas misturas com a mistura ARG 100, observou-se uma redução de cerca de 45%. A mistura EPS2 G8, apresentou valores de condutividade térmica relativamente próximos aos da mistura S18 C6 para

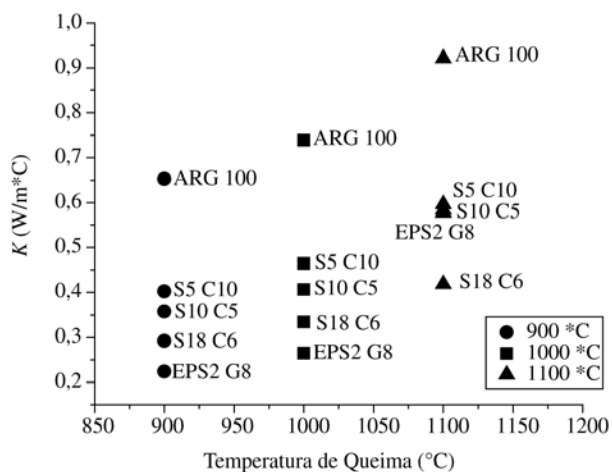


Figura 6. Condutividade Térmica das Misturas nas Temperaturas de Queima de 900 °C, 1000 °C e 1100 °C.

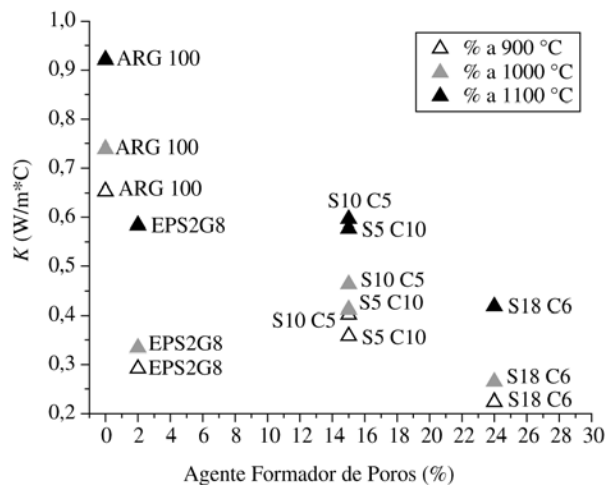


Figura 7. Condutividade Térmica das Misturas vs. % de Agente Formador de Poros nas Temperaturas de Queima de 900 °C, 1000 °C e 1100 °C.

as temperaturas de 900 °C e 1000 °C, devido principalmente a morfologia e dimensão do agente formador de poros. Como esperado, os resultados de condutividade térmica da mistura ARG 100 isto é, sem agentes formadores de poros, foram os mais elevados.

Correlacionando a condutividade térmica das misturas ensaiadas com os percentuais de agentes formadores de poros, pode-se observar na Figura 7 a redução da condutividade térmica de todas as misturas em relação a mistura ARG 100 nas três temperaturas de queima.

Nas Figuras 8 a 11 pode-se observar a influência dos agentes formadores de poros na morfologia, tamanho e distribuição, em comparação à mistura ARG 100 queimada a 900 °C.

As Figuras 12 a 16 ilustram os gráficos de porosimetria das misturas (ARG 100, S5 C10, S10 C5, S18 C6 e EPS2 G8),

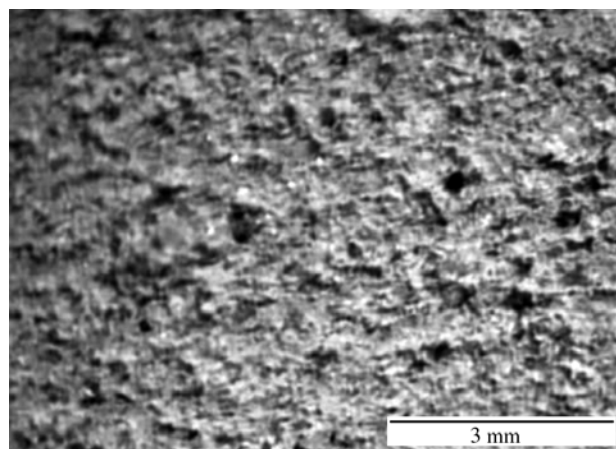


Figura 8. Microscopia ótica da mistura ARG 100 queimada a 900 °C.

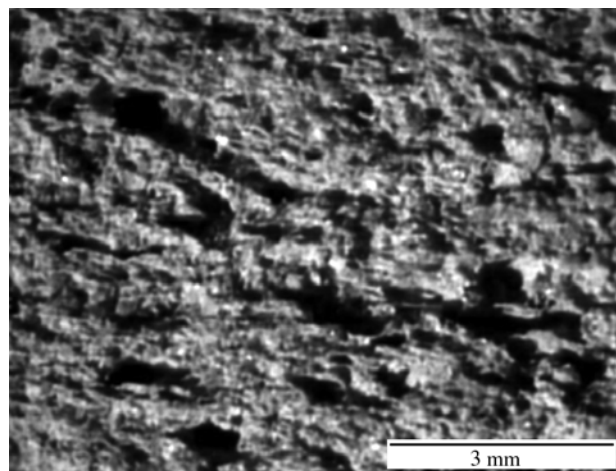


Figura 9. Microscopia ótica da mistura ARG 100 + serragem queimada a 900 °C.

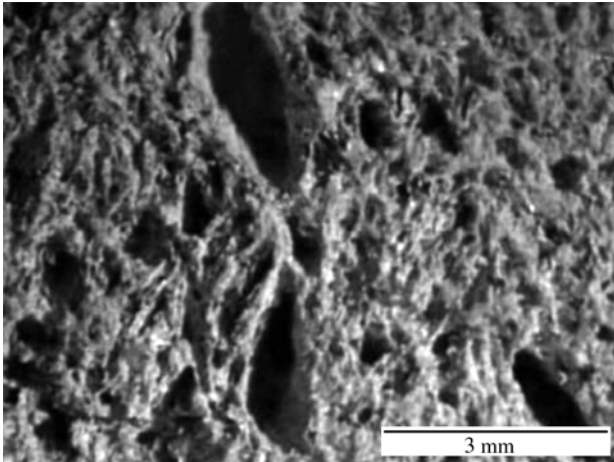


Figura 10. Microscopia ótica da mistura ARG 100 + celulose queimada a 900 °C.

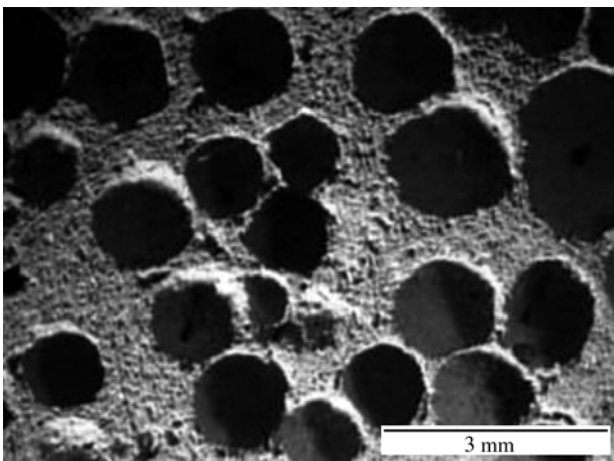


Figura 11. Microscopia ótica da mistura ARG 100 + EPS + granito queimada a 900 °C.

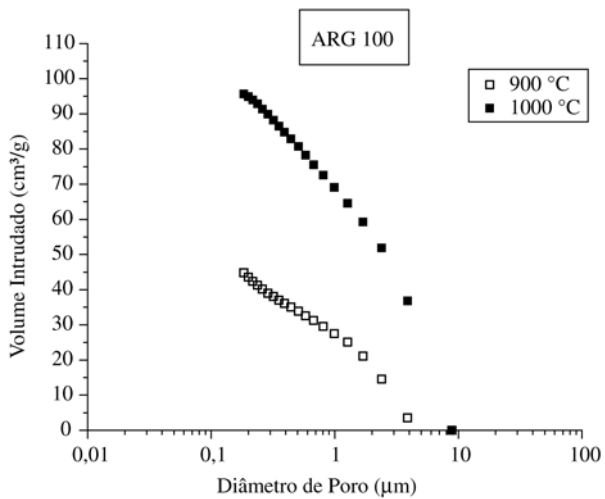


Figura 12. Curvas de porosimetria da composição ARG 100 nas temperaturas de 900 °C e 1000 °C.

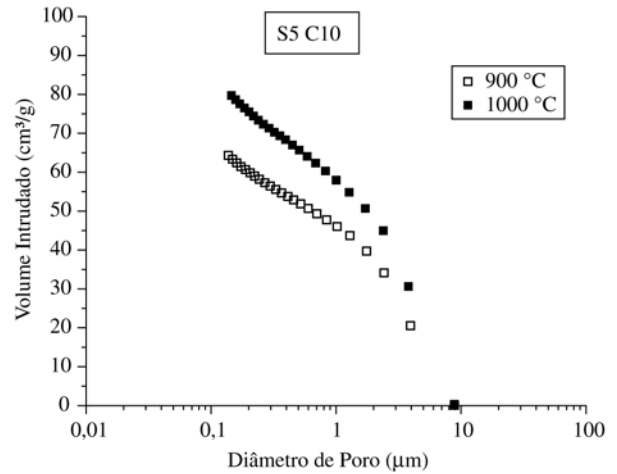


Figura 13. Curvas de porosimetria da composição S5 C10 nas temperaturas de 900 °C e 1000 °C.

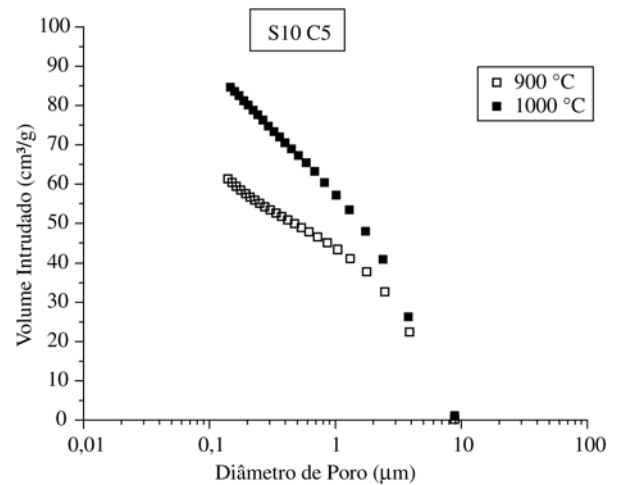


Figura 14. Curvas de porosimetria da composição S10 C5 nas temperaturas de 900 °C e 1000 °C.

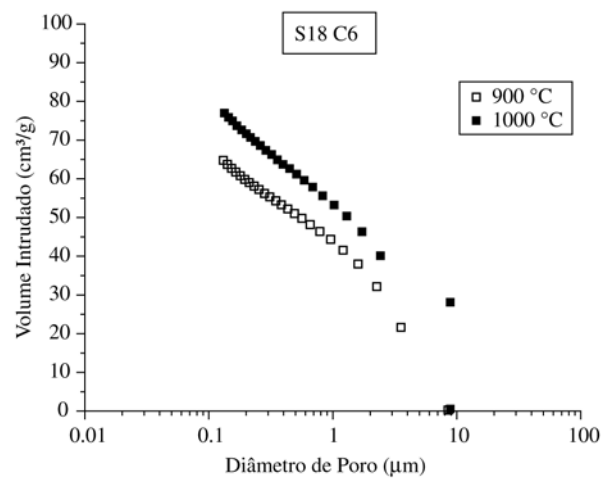


Figura 15. Curvas de porosimetria da composição S18 C6 nas temperaturas de 900 °C e 1000 °C.

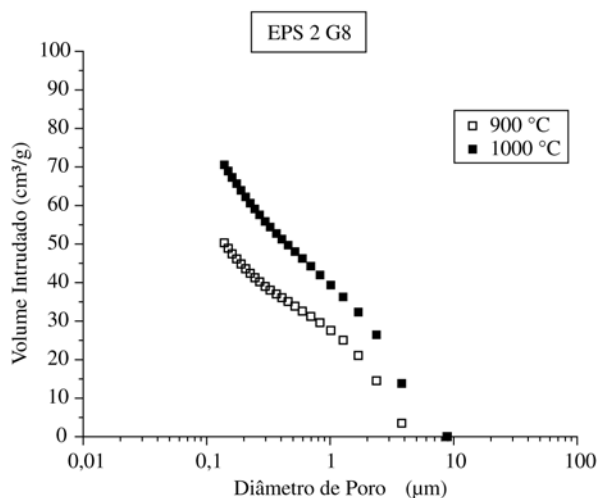


Figura 16. Curvas de porosimetria da composição EPS2 G8 nas temperaturas de 900 °C e 1000 °C.

queimadas as temperaturas de 900 °C e 1000 °C. Como pode-se observar, as distribuições de poros das diferentes misturas apresentaram um comportamento similar. É importante ressaltar que devido as limitações do equipamento, a faixa de porosidade das amostras ficou compreendida entre 10^{-2} e 10 µm.

4. Conclusões

Os resultados do presente trabalho sinalizam a possibilidade da obtenção de blocos cerâmicos porosos utilizando argilas caulínicas e agentes formadores de poros, no caso a celulose, serragem e o poliestireno expandido. A faixa de condutividade térmica das diferentes misturas variou entre 0,334 a 0,406 K (W/m°C) à 1000 °C e entre 0,292 a 0,358 K (W/m°C) à 900 °C. A resistência à compressão dos corpos cerâmicos decresceu, a medida que aumentou-se a incorporação de agentes formadores de poros. Com o aumento da temperatura de queima os valores de resistência à compressão aumentaram, devido a densificação do material.

Valores de resistência à compressão das misturas contendo serragem + celulose (S5 C10 e S10 C5) na faixa de 12 MPa, valor esse comparável ao da mistura ARG 100 queimada a 900 °C, somente foram atingidos à temperatura de queima de 1100 °C.

Portanto para aplicações como isolante termo-acústico, recomenda-se a utilização de poliestireno expandido (EPS) entre 1 e 2% em peso combinados com agentes promotores de fase líquida, como por exemplo resíduo de corte de granito ou serragem + celulose com percentuais em torno de 15%.

Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES pelo auxílio financeiro à realização deste estudo, ao Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) e ao laboratório de Transmissão e Tecnologia de Calor (LTTC) da COPPE/UFRJ, pelo apoio nos testes de condutividade térmica. À BASF, ARACRUZ CELULOSE, a Olaria São Sebastião pela cessão das matérias-primas e a Cerâmica Argibem pela queima dos corpos cerâmicos em forno industrial.

Referências

1. Ambrósio, M. C. R. **Obtenção de Blocos Cerâmicos Leves Utilizando Argilas Caulínicas do Estado do Rio de Janeiro com Adição de Agentes Formadores de Poros.** 2003. Tese (Mestrado), Universidade Federal do Rio de Janeiro COPPE/PEMM, 2003.
2. American Standard for Tasting Materials **Standard Test Method for Water Absorption, Book Density, Apparent Porosity, and Apparent Specific Gravity of Fired Whiteware**, 1988. Annual Book of ASTM, **Standard Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded Hot Plate ANSI/ASTM C177-76**, America Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1984.
3. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Bloco Cerâmico para Alvenaria Verificação da Resistência à Compressão**, 1983.
4. Rimpel, E.; Schmedders, T. **Industrial production of high-porosity brick materials** ZI – Annual for the Brick and Tile, Structural Ceramics and Clay Pipe Industries, p. 174-206, 1996.
5. Jung, K. **Porous lightweight clay bricks and blocks – A step towards a better environment** ZI – Brick and Tile Industry International, p. 35-38, 1994.
6. Ziegel, Jahrbuch Annual for the Brick and Tile, **Structural Ceramics and Clay Pipe Industries Herausgeber**, p. 570-612, 1998.