

# REFORMULAÇÃO DE MASSA CERÂMICA PARA TELHAS DO MUNICÍPIO DE CAMPOS DOS GOYTACAZES<sup>1</sup>

L. A. Peçanha<sup>2</sup>

C. M. F. Vieira<sup>3</sup>

S. N. Monteiro<sup>4</sup>

## Resumo

Este trabalho tem por objetivo reformular uma típica massa de telhas de Campos dos Goytacazes visando uma melhoria de suas propriedades físicas e mecânicas após queima, utilizando areia de quartzo e argila fundente íltica. Foram preparados corpos de prova por prensagem uniaxial a 20 MPa para queima em temperaturas variando de 850°C a 1100°C. Os resultados indicam que a areia e a argila fundente melhoram significativamente as propriedades finais da cerâmica.

**Palavras-chaves:** Cerâmica vermelha; Reformulação; Argila fundente; Areia.

## REFORMULATION OF ROOFING TILES BODY FROM THE COUNTY OF CAMPOS DOS GOYTACAZES

## Abstract

This work has as its objective to reformulate a typical roofing tiles body from Campos dos Goytacazes aiming at a better performance on the physical and mechanical properties of the fired ceramic, using quartz sand and illitic flux clay. Specimens were obtained by 20 MPa uniaxial pressure and than fired in laboratory furnace at temperatures varying from 850 to 1100°C. The results indicated that the sand and flux clay enhanced significantly the final properties if the ceramic.

**Key-words:** Red ceramic; Reformulation; Flux clay; Sand.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 62º Congresso Anual da ABM – Internacional, 23 a 27 de julho de 2007, Vitória – ES, Brasil.*

<sup>2</sup> *Doutorando em Engenharia Metalúrgica e de Materiais. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, Laboratório de Materiais Avançados - LAMAV.l Luizantoniofpj@yahoo.com.br*

<sup>3</sup> *Professor associado. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, Laboratório de Materiais Avançados - LAMAV. vieira@uenf.br*

<sup>4</sup> *Professor titular. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, Laboratório de Materiais Avançados - LAMAV. sergio.neves@pesquisador.cnpq.br*

## INTRODUÇÃO

O município de Campos dos Goytacazes – RJ possui uma grande produção de cerâmica vermelha estimada em  $135 \times 10^6$  peças/mês.<sup>[1]</sup> A produção é voltada basicamente para blocos de vedação, produto de menor valor agregado, com ainda, pequena produção de telhas, tijolos aparentes e outros produtos.

As telhas apresentam valor agregado cerca de quatro vezes superior aos blocos de vedação e estima-se que 90% das telhas comercializadas no Estado do Rio de Janeiro sejam provenientes de outros estados. Existe na região de Campos dos Goytacazes uma grande dificuldade para produção de telhas dentro das especificações técnicas exigidas, sobretudo, com relação ao parâmetro de absorção de água, que está associado à porosidade aberta do material. De acordo com a norma técnica em vigor,<sup>[2]</sup> a absorção de água máxima das telhas cerâmicas tipo romana, tipologia mais comum fabricada em Campos dos Goytacazes, é de 20%.

Trabalhos reportados na literatura<sup>[3,4]</sup> indicam que as argilas da região de Campos dos Goytacazes são de predominância da caulinitica. As composições de massas para telhas, feitas com as argilas locais e eventualmente areia de quartzo, apresentam ainda uma elevada perda de massa durante a queima,<sup>[5,6]</sup> que contribui para aumentar a porosidade durante a etapa de queima.

Neste sentido o presente trabalho tem como objetivo a reformulação de uma típica massa cerâmica para telhas do município de Campos dos Goytacazes, utilizando como matéria prima fundente uma argila ilítica e como inerte, areia de quartzo.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização deste trabalho foram utilizadas as seguintes matérias-primas: uma massa cerâmica de telhas do município de Campos dos Goytacazes (MIC), constituída da mistura de duas argilas cauliniticas, areia de quartzo (AR) também proveniente da região de Campos dos Goytacazes e uma argila predominantemente ilítica de caráter fundente denominada de “taguá mole” (T). Para efeito comparativo, utilizou-se também uma massa industrial de telhas de reconhecida qualidade, proveniente do pólo cerâmico do Piauí, denominada de MPi.

Após coleta, as matérias-primas foram secas em estufa de laboratório a  $110^\circ\text{C}$  durante 24 horas. Posteriormente foram desagregadas manualmente com almofariz e pistola de porcelana até passagem completa em peneira de 20 mesh (abertura de  $840 \mu\text{m}$ ).

A composição química das matérias-primas foi determinada por espectrometria de fluorescência de raios-X. Os teores dos elementos estão apresentados na forma de óxidos. A análise granulométrica das matérias-primas foi realizada por peneiramento e sedimentação de acordo com a norma NBR 7181.<sup>[7]</sup> A plasticidade das argilas foi obtida por meio dos limites de Atterberg de acordo com normas técnicas da ABNT.<sup>[8,9]</sup>

Os critérios utilizados para a reformulação da massa industrial de Campos (MIC) consistiram no incremento da relação  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ , redução da PF e incremento do teor de óxidos alcalinos, sobretudo  $\text{K}_2\text{O}$ .

A Tabela 1 mostra as cinco massas reformuladas. A primeira massa, 7MI3AR, consistiu numa tentativa de solução local, e, portanto, de mais baixo custo. Em seguida, incorporou-se a argila taguá em até 60% em peso com redução da quantidade de areia até a sua total eliminação nas massas formuladas.

**Tabela 1.** Massas cerâmicas reformuladas.

Matérias-Primas	Massas reformuladas				
	7MI3AR	7MI2AR1T	6MI1AR3T	6MI4T	4MI6T
MIC*	70	70	60	60	40
Areia	30	20	10	-	-
Argila T**	-	10	30	40	60

\* = Massa Industrial de telhas de Campos dos Goytacazes. \*\* = Argila fundente íltica denominada de taguá.

Corpos de prova nas dimensões 114,3 mm x 25,4 mm x 10 mm foram preparados por prensagem uniaxial a 20 MPa com 8% de umidade, sendo em seguida, secos em estufa a 110°C até peso constante. A queima foi realizada em forno Maitec, modelo FL 1300/20, nas temperaturas de 850° Ca 1100°C.

As propriedades tecnológicas de queima relacionadas com absorção de água, retração linear, tensão de ruptura à flexão foram determinadas por meio de ensaios padronizados.<sup>[10,11]</sup>

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

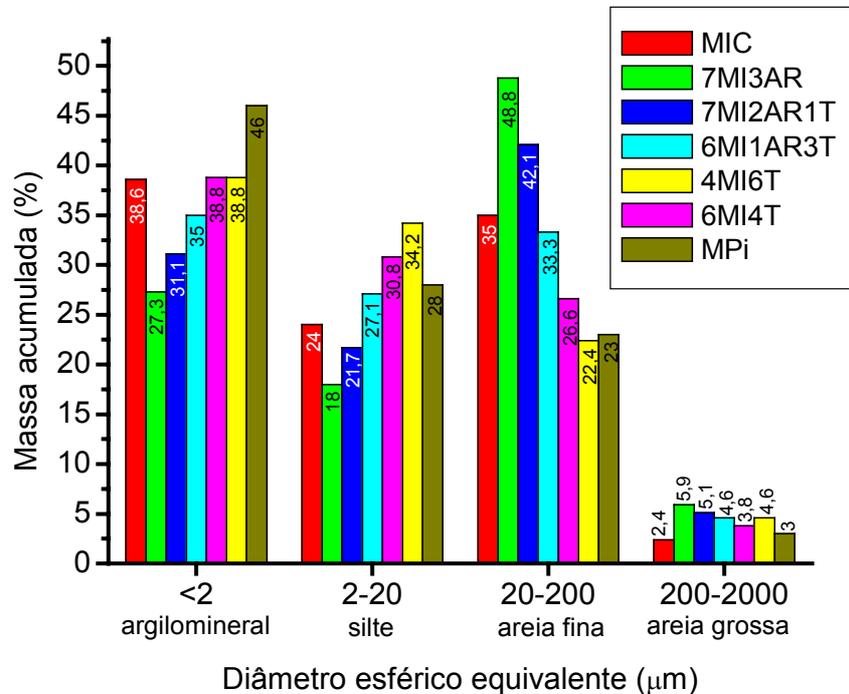
A Tabela 2 mostra a composição química das massas cerâmicas. Observa-se que a MIC possui menor quantidade relativa de sílica e maior quantidade relativa de alumina, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, em comparação com as demais massas cerâmicas. Desta forma, esta mesma massa possui menor razão SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 2,07, dentre as massas investigadas. Isto indica indiretamente que a massa MIC tem elevada plasticidade, elevada perda de massa e elevada retração linear. Já a massa 7MI3AR e a massa MPi possuem altos valores SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 3,47 e 3,28, respectivamente, indicando menor quantidade de argilomineral e maior teor de sílica livre na forma de quartzo. Com relação à perda ao fogo (PF), destaca-se uma maior quantidade relativa para a massa MIC (associada à maior quantidade de caulinita e ainda à presença de hidróxido de alumínio, a gibsita). Por outro lado, a massa MPi apresenta baixo valor de PF que contribui para reduzir a retração após queima e a porosidade.

**Tabela 2.** Composição química das massas cerâmicas (% em peso).

Massas cerâmicas	Determinações								
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	PF
MIC	50,91	24,60	8,96	1,26	0,33	0,88	2,02	0,54	10,12
7MI3AR	63,30	18,21	6,58	1,15	0,33	0,69	1,72	0,53	7,22
7MI2AR1T	60,81	19,39	7,06	1,13	0,34	0,81	1,98	0,54	7,68
6MI1AR3T	59,97	19,62	7,22	1,03	0,35	0,99	2,40	0,55	7,62
6MI4T	57,30	20,8	7,70	1,01	0,36	1,12	2,66	0,56	8,08
4MI6T	60,77	18,90	7,08	0,88	0,38	1,24	2,97	0,57	7,06
MPi	61,39	18,68	6,05	0,76	0,09	1,56	2,82	0,32	5,57

A Figura 1 mostra a distribuição de tamanho de partícula das massas cerâmicas. Observa-se que a massa MPi apresenta maior teor de partículas com diâmetro esférico equivalente < 2 µm, associadas predominantemente aos argilominerais, e baixos valores para a fração areia. Entre as massas reformuladas verifica-se coerência nos resultados com aumento na fração < 2 µm e diminuição na

fração entre 20–2000  $\mu\text{m}$  à medida que se reduz a quantidade de areia e aumenta a quantidade de argila T nas formulações. A areia em fração grossa pode ser um risco na etapa de queima devido ao aparecimento de trincas. Por outro lado, sua presença é importante como material inerte, regulando a retração e formando a fase majoritária da cerâmica de aluminossilicato. O percentual de areia presente em massa de cerâmica vermelha normalmente situa-se entre 15 a 30%.<sup>[12]</sup>



**Figura 1.** Distribuição de tamanho de partículas das massas cerâmicas (% em peso).

A Figura 2 mostra a localização das massas dentro do Diagrama de Winkler [13]. Nele estão delimitadas regiões apropriadas para a fabricação de determinados produtos. A região 3 é apropriada para fabricação de telhas. Como se pode observar, apenas as massas 7MI3AR e 4MI6T não se localizam totalmente na região adequada para fabricação de telhas. Entretanto, estas massas posicionam-se próximas à região 3.

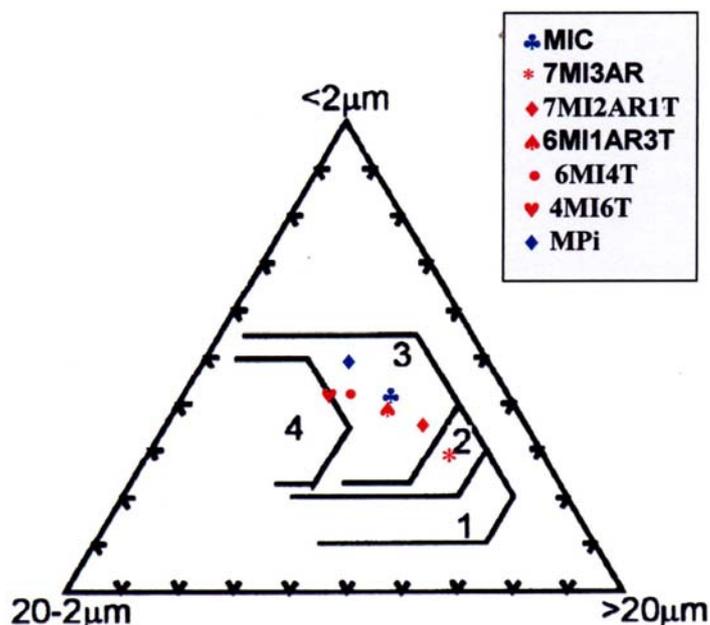


Figura 2. Diagrama de Winkler com localização das massas cerâmicas.

A Tabela 3 mostra a plasticidade das massas cerâmicas. Estes resultados mostram que a massa de Campos MIC apresenta uma plasticidade bem superior à massa MPi. Na prática, a massa MIC vai requerer mais água de conformação o que pode acarretar problemas dimensionais nas peças durante a etapa de secagem e ainda maior gasto energético. É possível observar ainda que as massas reformuladas apresentam plasticidade inferior à massa MIC, aproximado-se da massa padrão MPi.

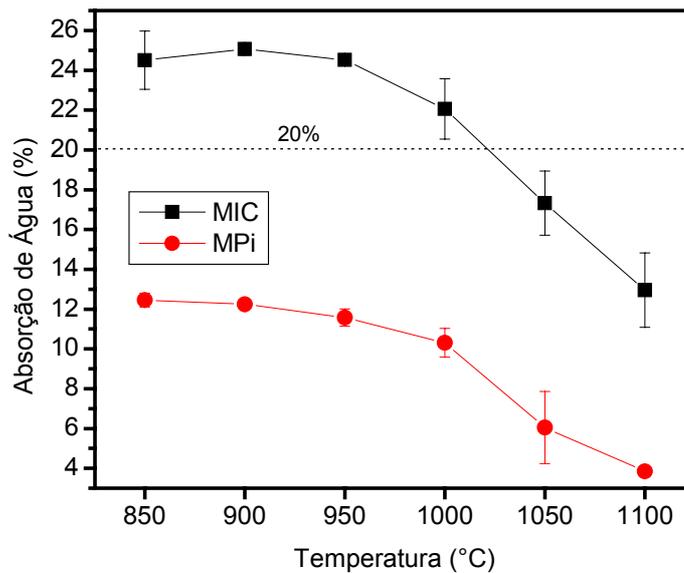
Tabela 3. Plasticidade das massas cerâmicas.

plasticidade	Massas cerâmicas						
	MIC	7MI3AR	7MI2AR1T	6MI1AR3T	6MI4T	4MI6T	MPi
LP	28,8	21,5	21,1	23,9	28,5	25,5	23
LL	60,3	44,9	48,2	54,1	58,8	55,7	39
IP	31,6	23,4	27	30,3	30,3	30,2	19

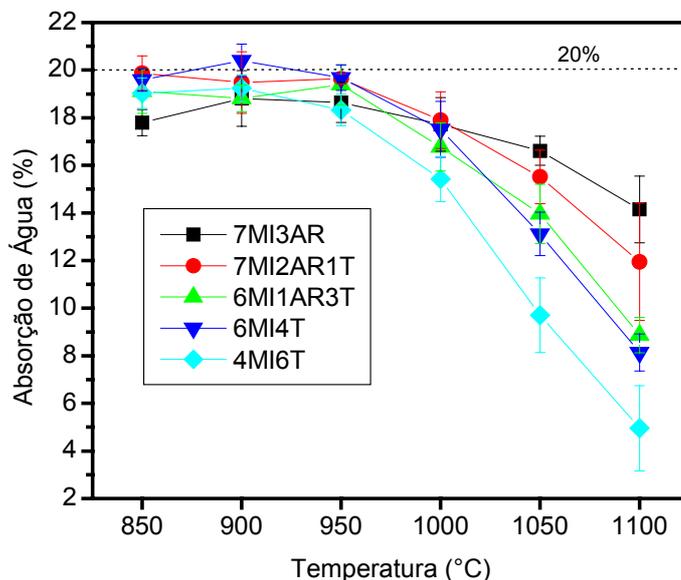
A Figura 3 mostra a absorção de água das massas cerâmicas MIC e MPi. Observa-se que MIC possui maiores valores de absorção de água em todas as temperaturas de queima quando comparada à MPi. A MIC só atinge o patamar máximo permitido por norma para a absorção de água de 20%, na temperatura de 1020°C. Este comportamento mais refratário da MIC é devido à sua predominância caulínica, com baixo percentual de fundentes associado à elevada perda de massa durante a queima.

A Figura 4 apresenta a absorção de água das massas reformuladas. Observa-se que até a temperatura de 950°C, as massas reformuladas apresentam um comportamento bem similar. A partir daí, nas massas com maior quantidade de argila fundente, como a T, a absorção de água reduz mais bruscamente.

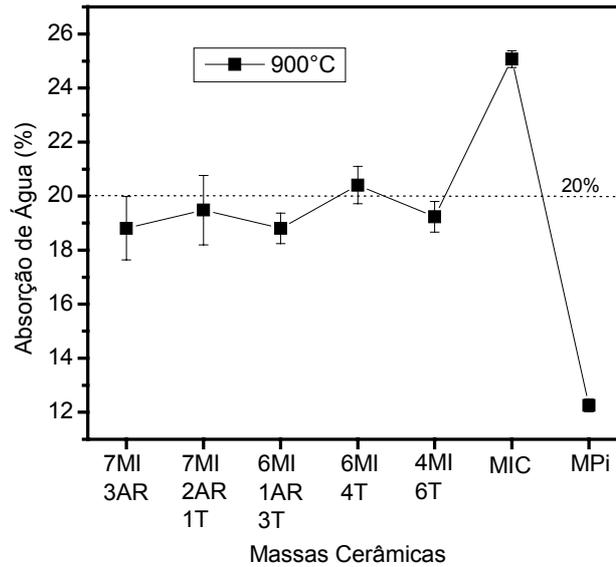
A Figura 5 mostra os valores da absorção de água de todas as massas investigadas na temperatura de 900°C. Observa-se que todas as massas reformuladas apresentam menores valores de absorção de água em comparação com MIC. Como exemplo, a 6MI1AR3T apresenta uma absorção de água de aproximadamente 25% menor que MIC, e ainda dentro da norma técnica. Entretanto, nota-se que a MPi ainda apresenta um valor de absorção de água bem inferior às massas formuladas. Isto indica que mesmo a incorporação de 60% em peso de argila fundente na MIC não é suficiente para que se alcance o nível de porosidade da MPi.



**Figura 3.** Absorção de água em função da temperatura de queima das massas MIC e MPi.



**Figura 4.** Absorção de água das massas reformuladas em função da temperatura de queima.

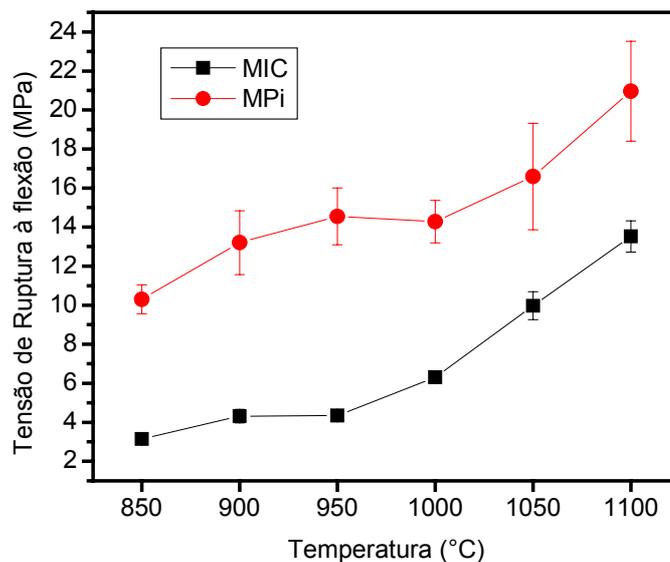


**Figura 5.** Absorção de água das massas cerâmicas na temperatura de 900°C.

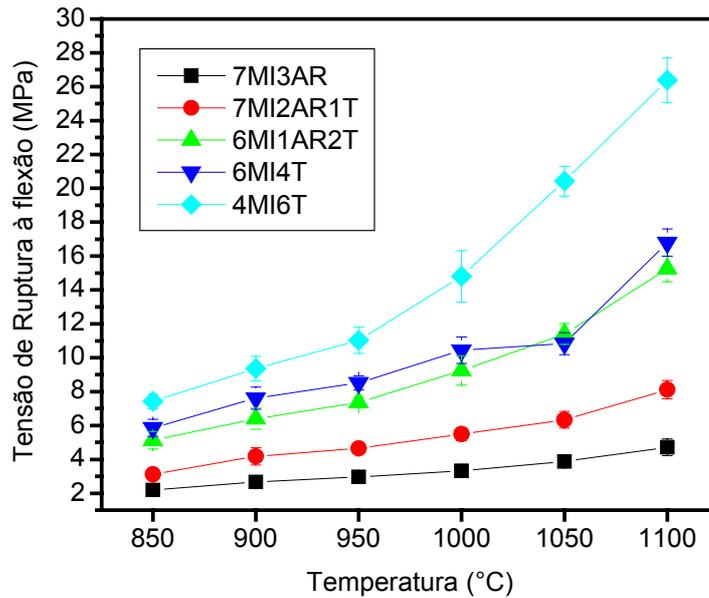
A Figura 6 mostra a resistência mecânica das massas cerâmicas MIC, e MPi. Observa-se que a MIC apresenta valores de tensão de ruptura à flexão inferiores em todas as temperaturas em comparação com a MPi. Este comportamento é atribuído à maior porosidade da MIC. O incremento da resistência mecânica com a temperatura é devido à redução da porosidade como consequência das reações de sinterização.

A Figura 7 apresenta a resistência mecânica das massas reformuladas. Observa-se que a redução da areia e introdução da argila T possibilita um incremento da resistência mecânica.

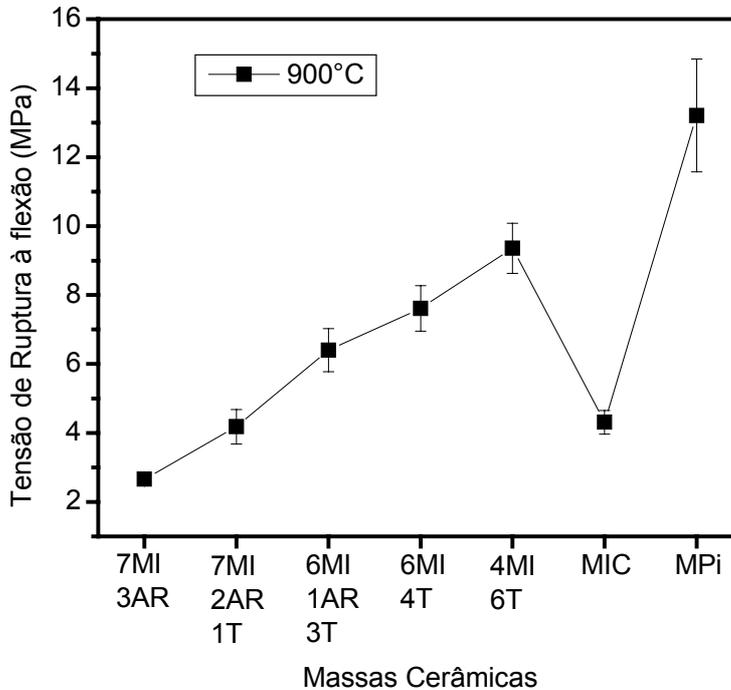
Na típica temperatura de queima industrial de Campos dos Goytacazes, 900°C, Figura 8, é observado que a introdução de areia na MIC reduziu sua resistência mecânica. A partir de 30% de incorporação de T a MIC apresenta um incremento da tensão de ruptura à flexão da ordem de 48%. Entretanto, a MPi ainda apresenta um valor de resistência mecânica bem superior à todas as massas reformuladas, comprovando sua melhor qualidade.



**Figura 6.** Tensão de ruptura à flexão em função da temperatura de queima das massas MIC e MPi.



**Figura 7.** Tensão de ruptura à flexão das massas cerâmicas reformuladas.

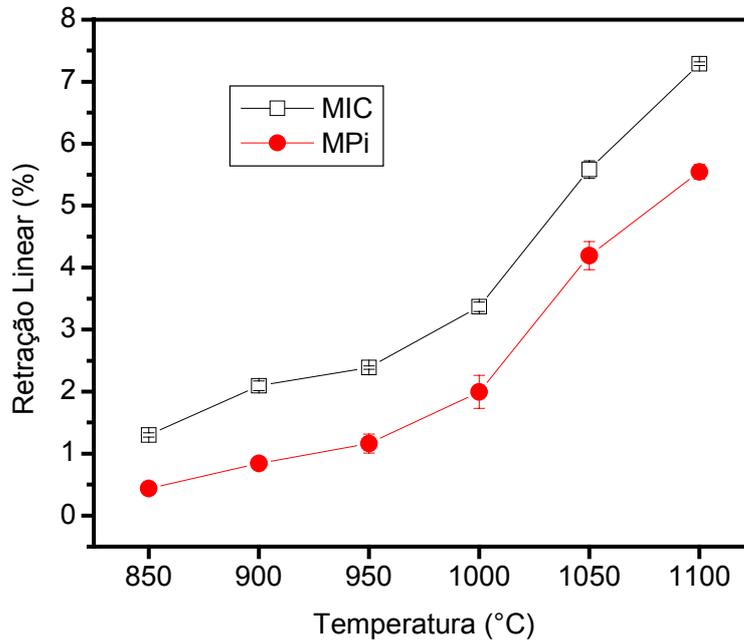


**Figura 8.** Tensão de ruptura à flexão das massas cerâmicas na temperatura de 900°C.

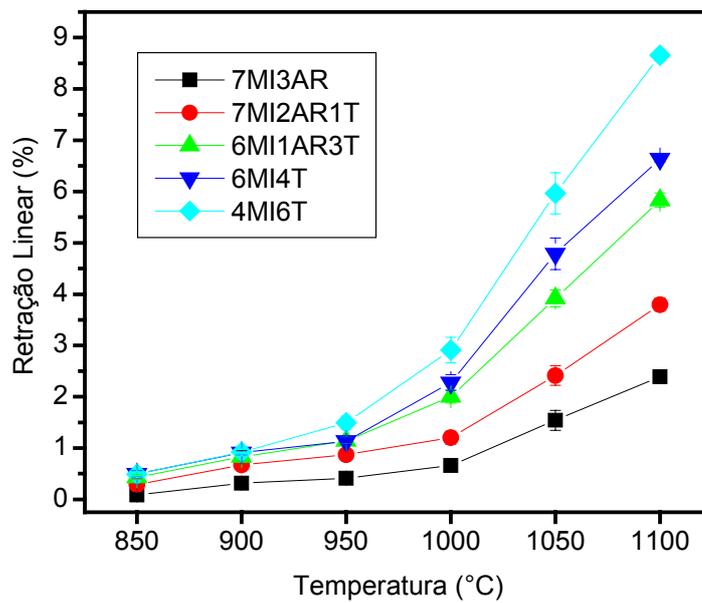
A Figura 9 mostra a retração linear das massas cerâmicas MIC e MPi. A MIC apresenta maiores valores de retração linear em comparação com a MPi em todas as temperaturas analisadas. Embora a MPi apresente uma melhor sinterização, que poderia ter como consequência maior retração, a elevada perda de peso da MIC associada à maior quantidade de quartzo livre, contribuíram para o resultado obtido.

Entre as massas reformuladas, Figura 10, observa-se que o incremento de argila fundente (T) possibilita um aumento da retração linear, que é ainda mais significativo com o aumento da temperatura de queima. Finalmente, a 900°C, Figura 11, a MIC obteve elevados valores de retração linear quando comparado com às

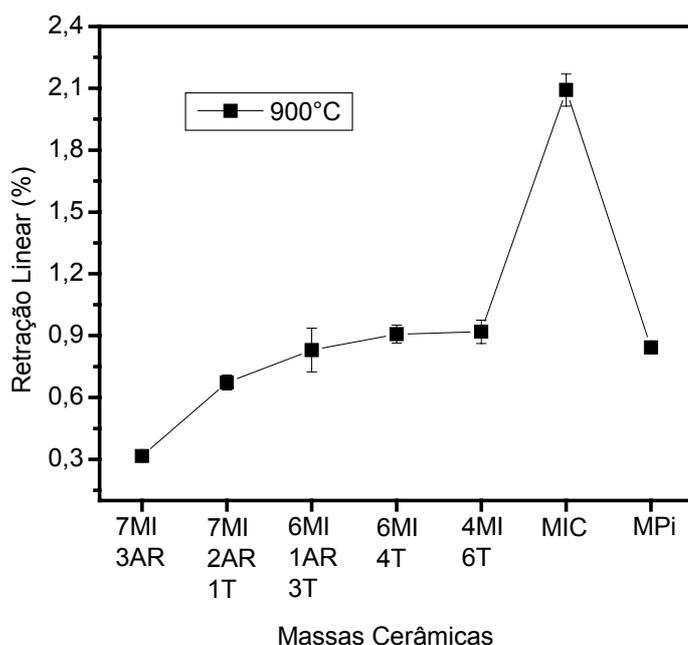
demais massas. Isto é atribuído à sua maior perda de peso durante a etapa de queima associado a uma menor quantidade de quartzo livre.



**Figura 9.** Retração linear em função da temperatura de queima das massas MIC e MPi.



**Figura 10.** Retração linear em função da temperatura de queima das massas cerâmicas reformuladas.



**Figura 11.** Retração linear das massas cerâmicas na temperatura de 900°C.

## CONCLUSÕES

Neste trabalho de reformulação de uma massa cerâmica para telhas de predominância caulínica com a utilização de areia de quartzo e argila fundente ilítica, pode-se concluir que:

- Em comparação com uma massa de telhas de reconhecida qualidade, massa Piauí, a massa de Campos dos Goytacazes apresenta elevado percentual de alumina, baixo percentual de sílica e de fundentes e ainda excessiva perda de massa durante a queima.
- A utilização unicamente de areia na massa cerâmica reduz sua absorção de água. Entretanto, prejudica demasiadamente sua resistência mecânica.
- A utilização de argila fundente ilítica aumenta o poder fundente da massa de telhas de Campos dos Goytacazes reduzindo absorção de água e melhorando a resistência mecânica. Entretanto, como esta matéria-prima não está disponível na região, sua utilização aumenta o custo de produção das telhas.
- Os resultados mostraram que a utilização de 20% de areia e 10% de argila fundente em mistura com a massa de telhas de Campos dos Goytacazes é suficiente para que as telhas se enquadrem dentro da faixa de absorção de água exigida por norma sem prejudicar a resistência mecânica. O incremento na quantidade de argila fundente, possibilita um aumento significativo da resistência mecânica da massa cerâmica. Entretanto, a absorção de água praticamente não varia.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq, UENF, TECNORTE/FENORTE e à FAPERJ pela concessão de bolsas de iniciação científica e de apoio técnico.

## REFERÊNCIAS

- 1 *Izabel de Souza Ramos, Maria da Glória Alves, Jonas Alexandre*, Diagnóstico do Polo Cerâmico de Campos dos Goytacazes – RJ. Cerâmica Industrial, volume 11 - número 1 - janeiro/fevereiro – 2006.
- 2 ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, Telha Cerâmica – Determinação da massa e da absorção de água – Método de Ensaio, NBR 8947, Rio de Janeiro: Brasil, 1985.
- 3 S. N. Monteiro, C. M. F. Vieira, Characterization of Clays from Campos dos Goytacazes, North Rio de Janeiro State (Brazil). *Tile & brick international*. Freiburg: , v.18, n.3, p.152 - 157, 2002.
- 4 S. N. Monteiro, C. M. F. Vieira, Characteristics and Influence of Firing Temperature on the Properties of Clays from Campos dos Goytacazes, Brazil. *Applied clay science*. , v.27, p.229 - 234, 2004.
- 5 C. M. F. Vieira, T. M. Soares, S. N. Monteiro, Massas cerâmicas para telhas: características e comportamento de queima. *Cerâmica*. São Paulo: v.49, n.312, p.245 - 250, 2003.
- 6 MONTEIRO, Sergio Neves, SÁNCHEZ, Rubén Jesus, VIEIRA, C. M. F. Comparison of Roofing Tile Clay Ceramic Bodies from Campos dos Goytacazes, Brazil.. *Silicates Industriels*. Bruxelas: , v.69, n.11-12, p.103 - 109, 2004.
- 7 ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, Determinação da análise granulométrica de solos, NBR 7181, Rio de Janeiro (1984).
- 8 ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, Determinação do Limite de Plasticidade, NBR-7180, Rio de Janeiro, 1984.
- 9 ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, Determinação do Limite de Liquidez, NBR-6459, Rio de Janeiro, 1984.
- 10 ASTM - American Society for Testing and Materials, C 373-72: Water absorption, bulk density, apparent porosity, and apparent specific gravity of fired whiteware products, USA, 1972.
- 11 ASTM - American Society for Testing and Materials, C 674-7: Flexural properties of ceramic whiteware materials, USA, 1977.
- 12 E. Facincani, *Tecnologia Cerâmica – Los Ladrillos*. 3. ed. Barcelona: Faenza Editrice Iberica, p. 31 (1997).
- 13 Winkler, H. G. F. Ver. *Dtsch. Keram. Ges.* 31, 337 (1954).