

MASSAS DE CERÂMICA ESTRUTURAL FORMULADAS COM ARGILAS E ARGILITOS DA REGIÃO DO MORRO DA FUMAÇA - SC

H.C. Silva¹; N.S. Silva¹; V.G. Paludo²; J.A. Rosário²; D. Hotza²

¹T-cota Engenharia e Minerais Industriais

Rua: Coronel Izidoro N° 1022, Bairro Universitário, 88200-000 Tijucas-SC

² Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Departamento de Engenharia Química – EQA

88040-900 Florianópolis, SC

henrique@t-cota.com.br

RESUMO

As cerâmicas vermelhas do Morro da Fumaça – SC são formuladas a partir da mistura de diferentes argilas, sendo comum a ocorrência de problemas relacionados à secagem (como a formação de trincas), o que pode ser minimizado através da adição de materiais fundentes de menor plasticidade. Desse modo, a incorporação de diferentes concentrações de um argilito (taguá) com características fundentes em massas de cerâmica vermelha foi avaliada em relação às principais propriedades tecnológicas envolvidas nas etapas de extrusão, secagem e queima. Os resultados indicaram que a adição do taguá à massa cerâmica contribuiu principalmente durante a secagem do material, minimizando as trincas e quebras de secagem significativamente. A aparente redução da resistência mecânica das peças poderá

ser contornada pela diminuição da granulometria do taguá. Assim, pode-se alcançar um material de elevada qualidade em relação às propriedades tecnológicas avaliadas.

Palavras-chave: cerâmica vermelha, secagem, taguá.

INTRODUÇÃO

O principal polo produtor de cerâmica vermelha de Santa Catarina é o do Morro da Fumaça, situado no litoral sul do estado. Fazem parte deste polo aproximadamente 270 empresas, responsáveis por uma produção de 100.000 milheiros/mês, sendo 20% de telhas e 80% de blocos, perfazendo uma produção específica de 365 milheiros/empresa.mês⁽¹⁾.

As cerâmicas vermelhas do Morro da Fumaça, assim como muitas outras produzidas em diversas regiões do Brasil, são formuladas a partir da mistura de argilas de várzea e de argilas de morro⁽²⁾. De acordo com Motta⁽³⁾, as argilas de morro e de várzea são classificadas como quaternárias, caracterizando-se por apresentarem elevada plasticidade e teor de umidade, o que propicia uma melhor trabalhabilidade durante os processos cerâmicos de conformação plástica, a exemplo dos produtos extrudados, como tijolos e telhas. A razão principal da utilização dos dois tipos de argila é devido à diferença de concentração e, conseqüentemente, de comportamento tecnológico dos seus constituintes principais: as frações argilosas, formadas por argilominerais e as frações não-argilosas, formadas por minerais acessórios, em especial, o quartzo⁽⁴⁾.

Frequentemente, as argilas de várzea têm os minerais de argila como seu principal constituinte, e as de morro são principalmente compostas por quartzo, embora possa ocorrer o contrário. A fração argilosa é fina e plástica; o quartzo é grosseiro, não-plástico e refratário. Assim, a argila que apresenta argilominerais como seu principal constituinte, pelo fato de ser fina, trinca muito, seca lentamente e por vezes apresenta excessivo teor de matéria orgânica. Isso determina que ela precisa ser misturada à outra argila rica em quartzo para ajustar a distribuição granulométrica da massa, de forma que a finura da fração argilosa não traga problemas de trincas ao produto ou de secagem lenta ao processo. Embora o

quartzo adicionado à massa solucione os problemas de trincas e de excessivo tempo de secagem por causa da sua refratariedade e falta de plasticidade, também diminui a resistência mecânica do produto seco e queimado, além de aumentar a temperatura e o ciclo de queima⁽⁵⁾.

Uma alternativa para solucionar o problema seria substituir parte ou a totalidade das argilas ricas em quartzo por argilas de elevado tamanho de partícula e fundentes. Argilitos existentes na região cumprem esses dois requisitos, sendo ainda mais fundentes que as próprias argilas de várzea.

Os argilitos são rochas provenientes de bacias sedimentares, que compõem juntamente com folhelhos, siltitos e outras rochas de natureza pelítica, as argilas conhecidas no jargão cerâmico como “taguás”⁽⁶⁾. Essas bacias constituíram grandes áreas deprimidas que acumularam sedimentos durante longos períodos, sobretudo em ambientes marinhos, incluindo espessos pacotes argilosos, de mais de uma centena de metros. Com a evolução geológica, esses sedimentos transformaram-se em rochas compactadas e estão hoje parcialmente expostas no continente, em diversos setores planálticos, modelados em relevos geralmente suaves, tais como colinas. Mineralogicamente, os taguás contêm primariamente argilominerais do grupo da illita, ricos em óxido de potássio, o que confere a este material um baixo ponto de sinterização. Além disso, também apresentam grandes teores de materiais ferruginosos, que auxiliam na sinterização e proporcionam cores de queima mais avermelhadas.

Massas desenvolvidas com amostras dos três tipos de argilas: várzea, morro e argilitos, coletadas em ocorrências da região mostram, comparativamente, os resultados tecnológicos alcançados ao se substituir, total ou parcialmente, argilas de morro por argilitos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Dividiu-se o trabalho em 2 etapas: 1) caracterização das matérias primas e 2) avaliação do comportamento tecnológico das massas.

Na primeira etapa, foram caracterizadas quatro matérias-primas utilizadas como base nas formulações propostas: argila de várzea cinza, argila de morro vermelha e argila de morro amarela (que consistem de materiais amplamente

empregados nas cerâmicas do Morro da Fumaça), além de um taguá de Cocal do Sul, cidade próxima ao polo estudado.

A caracterização teve por objetivo identificar as diferenças de comportamento entre os materiais isoladamente. As amostras foram secas, trituradas em moinho de martelo e desagregadas em moinho de bolas por 5 min. As amostras em pó foram inicialmente encaminhadas para análise química por fluorescência de raios-X. Para a caracterização tecnológica das matérias-primas, os materiais foram umidificados com 3% de água, homogeneizados, e prensados em corpos-de-prova retangulares, com pressão específica de 225 kgf/cm². A conformação foi realizada via prensagem devido a grande dificuldade em extrudar os materiais de forma isolada, fora de uma mistura. Foram adotadas umidades e pressões baixas para tentar aproximar a densidade do prensado às obtidas na extrusão.

Após a conformação, os corpos-de-prova foram secos em estufa a 100°C, e quando atingiram peso constante, foram ensaiados e queimados em forno contínuo com ciclo total de 51 min a 900, 1050 e 1125°C. Os corpos-de-prova para medição de resistência pós-queima foram queimados a 1125°C.

As propriedades tecnológicas avaliadas para os materiais crus foram: resíduo bruto retido em #200; densidade aparente a seco; resistência mecânica a seco. Já os ensaios avaliativos das peças queimadas foram: retração linear de queima; absorção de água; resistência mecânica pós-queima.

Para a segunda parte do trabalho, que comparava o comportamento tecnológico das massas formuladas a partir de combinações entre as quatro matérias-primas, realizou-se o processamento de cinco massas em laboratório (Tabela I), visando avaliar a substituição total e parcial de argilas de morro e de várzea por taguá.

Tabela I: Formulação das massas: padrão (P) e A, B, C, D.

Matérias-primas	Porcentagem mássica				
	P	A	B	C	D
Morro amarela	33		33		16
Morro vermelha	33	33			16
Várzea preta	34	34	34	34	16
Taguá		33	33	66	52
Somatório	100	100	100	100	100

Para preparação das massas, as matérias-primas secas foram dosificadas e posteriormente umidificadas com 20% de água. A massa C, devido ao alto teor de taguá, foi extrudada com umidade de 18%. A redução foi necessária, pois o taguá reduz a consistência das massas, tornando muito difícil o seu manuseio.

As massas umidificadas foram extrudadas em extrusora a vácuo. Para a determinação da curva de Bigot e da tendência a trincas de secagem, os corpos-de-prova foram secos em estufa controlada. Os demais corpos-de-prova foram secos até massa constante e queimados em forno mufla a 950°C, com 30 min de permanência na temperatura máxima.

As propriedades medidas para as peças cruas foram: resíduo bruto retido em #200; consistência de extrusão (resistência a compressão da massa); incidência de trincas em secagem a 75 e a 150°C; índice de sensibilidade a secagem; higroscopicidade; densidade aparente a seco; e resistência mecânica a flexão a seco. As caracterizações pós-queima para as formulações foram: absorção de água; retração linear de queima; resistência mecânica pós-queima.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização de matérias primas

Na Tabela II são apresentados os dados referentes às propriedades a cru das matérias-primas utilizadas.

Tabela II: Propriedades a cru das matérias primas.

Matéria-prima	Resíduo Bruto #200 (%)	Densidade aparente a seco (kg/m ³)	Resistência mecânica a flexão a seco (MPa)
Várzea preta	16,9	1846	2,27
Morro vermelha	21,0	1827	1,47
Morro amarela	7,1	1846	1,44
Taguá	36,4	1891	1,22

Pode-se destacar o elevado resíduo bruto que o taguá apresenta quando comparado às demais argilas. Isto pode ser explicado na análise química das amostras (Tabela III), onde verifica-se que o percentual de SiO₂ do taguá é

expressivamente menor que o das argilas, o que indica que o resíduo do taguá é na verdade argila compactada, e não quartzo como o presente nos outros materiais. Outro ponto a ser destacado é a baixa plasticidade do taguá, pois o material apresenta alta densidade, porém valores baixos de resistência a seco.

A argila de várzea (preta) caracteriza-se pela elevada plasticidade, enquanto que as argilas de morro (vermelha e amarela) tem comportamento mais próximo ao do taguá, ainda que com plasticidade levemente superior e maior resistência a seco.

Tabela III: Análise química das matérias primas.

Matéria-Prima	Porcentagem mássica											
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	TiO ₂	MgO	PF	S.F.*	
Várzea preta	70,32	18,37	3,02	0,08	0,06	0,45	0,01	1,35	0,35	6,55	3,97	
Morro vermelha	62,64	21,18	7,23	0,02	0,11	1,91	0,01	0,93	0,57	6,31	9,83	
Morro amarela	65,94	20,06	3,63	0,03	0,11	2,58	0,00	0,67	0,82	5,51	7,17	
Taguá	59,99	19,05	8,44	0,05	0,12	3,74	0,00	1,03	2,32	5,26	14,67	

* S.F.: soma dos fundentes

Os dados referentes às propriedades das matérias-primas após a queima são apresentados na Tabela IV.

Tabela IV: Propriedades pós-queima das matérias primas.

Matéria-prima	Resistência mecânica (MPa)	Retração linear de queima (%)			Absorção de água (%)		
		900°C	1050°C	1125°C	900°C	1050°C	1125°C
		Várzea preta	6,17	0,26	0,93	1,94	19,16
Morro vermelha	8,73	0,03	1,29	3,10	20,61	18,63	15,72
Morro amarela	13,23	-0,46	1,42	2,85	18,41	16,88	13,38
Taguá	46,27	0,32	3,66	9,35	15,67	15,46	2,41

As diferenças entre as argilas de várzea e de morro são pequenas, pode-se apenas destacar a maior fundência da argila de morro amarela. Quanto ao taguá, observa-se um comportamento bem distinto. A sua fundência é consideravelmente maior que a das argilas, principalmente na temperatura de 1125°C, onde a absorção de água atinge 2,41%. Este comportamento do taguá, de elevada fundência associada a baixa plasticidade, o habilita a ser empregue como componente da massa no auxílio à etapa de secagem, de acordo com o que já foi proposto a partir de outros materiais⁽⁷⁾. Além disso, a maior fundência do taguá também se reflete diretamente na elevada resistência mecânica pós-queima. Com isto, o material se torna mais indicado a aplicações onde esta característica é importante, a exemplo de blocos estruturais.

A avaliação da análise química dos materiais (Tabela III) permite uma explicação adequada a respeito da fundência do taguá. Observa-se um elevado conteúdo de óxidos fundentes (Fe₂O₃, CaO, K₂O, Na₂O e MgO) e baixo conteúdo de SiO₂. Esta combinação torna o taguá bastante reativo, ainda que em baixas temperaturas. Na argila de várzea observa-se o contrário: um baixo percentual de óxidos fundentes e elevada sílica, tornando o material bastante refratário.

Caracterização das massas

As massas formuladas em laboratório com a introdução de taguá mostraram os resultados apresentados a seguir. Os dados de resíduo bruto das massas (Tabela V)

estão de acordo com o comportamento das matérias-primas, onde a introdução de taguá promove aumento direto da quantidade de resíduo bruto.

Tabela V: Resíduo bruto das formulações.

	P	A	B	C	D
Resíduo Bruto #200 (%)	9,58	15,02	16,50	21,78	20,32

Os dados de umidade e consistência da massa após a extrusão são apresentados na Tabela VI. Observa-se redução muito expressiva da consistência da massa quando da introdução de taguá. Mesmo na massa C, onde se reduziu a quantidade de água para extrusão, a consistência é baixa, indicando que se deve reduzir ainda mais a umidade de conformação. A redução da consistência deve-se ao aumento de tamanho de partícula que se obtém ao introduzir taguá, o que deixa água mais livre, reduzindo a resistência mecânica a verde do material. A redução de consistência pode ser trabalhada de forma positiva, pois propicia uma redução de umidade de conformação, facilitando a etapa de secagem da massa.

A possibilidade de redução da quantidade de água necessária para extrusão está de acordo com o observado por Vieira et al.⁽⁸⁾ que observaram uma redução da quantidade de água para conformação através da introdução de material não plástico.

Tabela VI: Consistência de extrusão.

	P	A	B	C	D
Umidade (%)	20	20	20	18	20
Consistência (N)	965,8	642,0	253,3	324,9	250,0

A introdução de taguá promoveu melhorias significativas na secagem das massas, como pode ser observado na Tabela VII e na Figura 1, que apresenta os corpos-de-prova do ensaio de incidência de trincas. Observa-se uma redução significativa da retração total de secagem e uma redução pequena do ISS (Índice de Sensibilidade a Secagem). Essas reduções se traduzem diretamente na eliminação de defeitos de secagem (trincas). Na massa P sem taguá há uma elevada retração de secagem, que promove surgimento de tensão no interior do corpo de prova e

levam ao aparecimento de trincas nas peças. Com a adição de taguá elimina-se completamente a incidência de trincas de secagem.

Tabela VII: Comportamento de secagem.

		P	A	B	C	D
Número de trincas após secagem a 75°C		1	0	0	0	0
Curva de Bigot	Retração de Secagem (%)	5,87	5,02	4,82	4,50	4,33
	ISS	0,67	0,63	0,66	0,54	0,60
Absorção por higroscopicidade (%)		4,45	3,71	3,77	3,67	3,16

Outro dado que indica a melhoria de secagem do material é a redução de absorção de água por higroscopicidade. A redução de higroscopicidade sugere uma redução da avidez do material por água, favorecendo a eliminação de água durante a secagem.

A redução da fração argilosa devido à introdução de taguá resulta na redução da resistência mecânica a seco das massas, conforme Tabela VIII. Isso é negativo, porém, deve-se avaliar industrialmente qual o impacto dessa redução sobre quebras de movimentação de peças por exemplo.

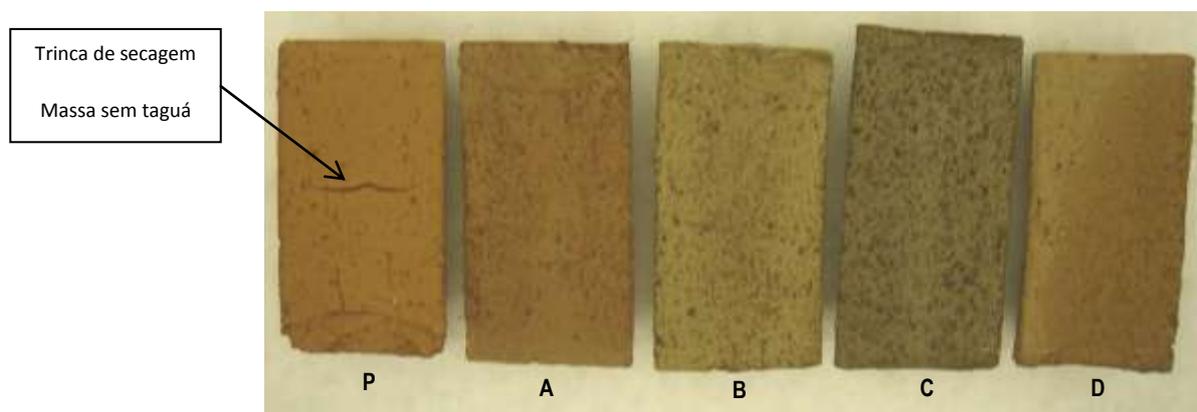


Figura 1: Incidência de trinca de secagem.

Tabela VIII: Ppropriedades a seco das massas.

	P	A	B	C	D
Densidade Aparente a Seco (kg/m ³)	1875	1841	1868	1907	1823
Resistência Mecânica a Seco (MPa)	5,41	4,63	4,09	4,16	3,22

A redução é muito pronunciada quando se substitui parte de argila de várzea por taguá (massa D). Conforme observado na caracterização individual das matérias primas, a várzea é a que apresenta maior resistência a seco e o taguá é a menor, e isso torna a substituição, ainda que parcial, inviável.

As propriedades pós-queima das formulações são apresentadas na Tabela IX.

Tabela IX: Propriedades pós-queima das massas.

	P	A	B	C	D
Retração Linear (%)	0,21	0,28	0,62	0,93	0,83
Absorção de água (%)	19,04	18,85	16,59	14,57	17,29
Resistência mecânica pós-queima (MPa)	10,67	9,85	7,82	10,78	8,10

Observa-se aumento da fundência das massas com a introdução de taguá em substituição a argilas de morro e também de várzea. Esta maior fundência já era esperada, visto que a caracterização do taguá apresentou uma elevada quantidade de óxidos fundentes.

Esperava-se ainda uma melhora da resistência pós-queima com a introdução de taguá, porém a mesma não ocorreu. Acredita-se que a redução da resistência pós-queima deve-se ao tamanho elevado de partícula do taguá empregue e que a redução da granulometria do material deva favorecer o aumento de resistência.

CONCLUSÕES

Através da caracterização das matérias primas pode-se verificar que o taguá apresenta-se pouco plástico, com baixa resistência mecânica a seco, e elevada fundência em comparação às argilas de morro e de várzea. A elevada fundência do material deve-se a quantidade de óxidos fundentes presentes (Fe₂O₃, CaO, K₂O, Na₂O e MgO) e baixo conteúdo de SiO₂. A soma dos óxidos fundentes é de 14,67%

no taguá enquanto que na argila de morro com maior quantidade este valor é de 9,83%.

Quando aplicado em misturas, observa-se que os ganhos mais expressivos obtidos com o taguá estão na etapa de secagem. Devido a sua plasticidade média e às partículas mais grossas que as presentes nas argilas, nota-se que a introdução de taguá reduz a retração de secagem, reduz o ISS e elimina trincas que se formam na etapa de secagem.

Na etapa de queima a introdução de taguá aumenta a fundência da massa reduzindo sua absorção de água. Devido provavelmente a sua granulometria elevada, a introdução de taguá promoveu a redução da resistência mecânica pós-queima. Sugere-se, desta forma, reduzir o tamanho de partícula do taguá através de uma moagem mais eficiente e, com isto, uma possível melhoria das propriedades mecânicas do produto.

Observa-se nas cerâmicas da região do Morro da Fumaça grande incidência de trincas e quebras originadas na etapa de secagem, assim a introdução de taguá é uma alternativa para redução destes defeitos aumentando a qualidade e a quantidade de produto final.

REFERÊNCIAS

1. SCHWOB, M.R.V.; MORALES CARLOS, M.E.; HENRIQUES JR., M.F.; RODRIGUES, J.A.P.; TAPIA, R.S.H.C. Programa de eficiência energética em ladrilleras artesanales de América Latina para mitigar el cambio climático: Panorama da Indústria de Cerâmica Vermelha no Brasil. Rio de Janeiro, 2012.
2. QUINTANA, L.M.H.; SOARES, J.M.D.; FRIZZO, P.P.; BOHRER, L.D. Utilização da cinza de casca de arroz na produção de cerâmica vermelha. In: 43º CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, Florianópolis, SC, 1999. Anais...
3. MOTTA, J.F.M.; ZANARDO, A.; CABRAL JR., M.; TANNO, L.C.; CUCHIERATO, G. As matérias-primas plásticas para a cerâmica tradicional: argilas e caulins. Cerâmica Industrial, v.9, n.2, p.33-46, 2004.
4. DUTRA, R.P.S.; ARAÚJO, P.A.S.; MACEDO, R.M.P.R.; NASCIMENTO, R.M.; GOMES, U.U.; MARTINELLI, A.E.; PASKOCIMAS, C.A. Desenvolvimento de

formulações de massas para a indústria cerâmica vermelha do Rio Grande do Norte. Cerâmica Industrial, v.11, n.3, p.41-46, 2006.

5. VIEIRA, C.M.F.; PINHEIRO, R.M.; MONTEIRO, S.N. Massas cerâmicas para telhas: avaliação microestrutural. Revista Matéria, v.15, n.1, p.50-55, 2010.

6. CABRAL JR., M.; TANNO, L.C.; SINTONI, A.; MOTTA, J.F.M.; COELHO, J.M. A indústria de cerâmica vermelha e o suprimento mineral no Brasil: desafios para o aprimoramento da competitividade. Cerâmica Industrial, v.17, n.1, p. 36-42, 2012.

7. VIEIRA, C.M.F.; PEÇANHA, L.A.; MONTEIRO, S.N. Efeito da incorporação de resíduo da serragem de granito em massa de cerâmica vermelha. Revista Vértices, v.5, n.3, p. 143-157, 2003.

8. VIEIRA, C.M.F.; FEITOSA, H.S.; MONTEIRO, S.N. Avaliação da secagem de cerâmica vermelha através da curva de Bigot. Cerâmica Industrial, v.8, n.1, p. 42-46, 2003.

FORMULATIONS OF STRUCTURAL CERAMICS WITH CLAYS AND MUDSTONES FROM MORRO DA FUMAÇA - SC

ABSTRACT

Red ceramics from Morro da Fumaça – SC, Brazil, are formulated from blending different clays, being common the occurrence of drying related problems, such as cracking, which can be minimized by the addition of flux materials of low plasticity. Thus, the incorporation of different concentrations of a flux mudstone (taguá) in red ceramic bodies was evaluated through major technological properties involved in the steps of extrusion, drying and firing. Results indicated that the addition of taguá contributed primarily during drying, minimizing cracks and drying breaks significantly. The apparent reduction in the mechanical strength of the bodies may be avoided by decreasing the particle size of taguá. Accordingly, a higher quality material regarding the technological properties evaluated could be achieved.

KEYWORDS: red ceramics, drying, mudstone.