

Estudo do Potencial de Produção de Massas para Revestimento Cerâmico Utilizando Resíduos do Processo de Fabricação de Louças Sanitárias

Wagner Fabiano Viana Cavalcante,

Ricardo Artur Sanguinetti Ferreira, Yogendra Prasad Yadava*

*Departamento de Engenharia Mecânica,
Universidade Federal de Pernambuco, CEP 50740-530, Recife - PE, Brasil*

**e-mail: yadava@ufpe.br*

Resumo: A degradação do meio ambiente é, sem dúvida alguma, um dos problemas mais importantes que tem acompanhado a Humanidade nestas últimas décadas. A exploração dos recursos naturais e o desenvolvimento tecnológico são fenômenos que, incontrolados, podem provocar desequilíbrios ecológicos com conseqüências dificilmente previsíveis, causados principalmente pela extração indiscriminada dos recursos naturais e pelo descarte dos resíduos industriais. Neste trabalho é avaliado o potencial da produção de massas cerâmicas para produção de revestimentos cerâmicos mediante a utilização de resíduos do processo da fabricação de louças sanitárias, visando minimizar o impacto do retorno destes resíduos para o meio ambiente, bem como, proporcionar as indústrias de revestimento, possibilidades de reduções nos custos finais dos produtos, com a utilização de matérias-primas pré-processadas. Na realização deste trabalho foram formuladas 4 composições de massas cerâmicas, com o auxílio do programa Reformix 2.0, utilizando: Feldspatos, areia, caulim, argilas, calcita e três tipos de resíduos denominados: RMV, RMB e LET, oriundos do processo de produção de uma indústria de louças sanitárias. As massas foram produzidas por diluição e moagem, os corpos de prova por prensagem em laboratório utilizando 3 variações de pressão e 3 variações de umidade de prensagem, e queimados a 1200 °C em forno túnel. Nestes foram analisados: retração linear, absorção de água, tensão de ruptura à flexão (seca e queimada), cor de queima e análise química. Os resultados mostraram que as massas têm considerável potencial de aplicação.

Palavras-chave: *resíduos, massas cerâmicas, revestimentos cerâmicos.*

1. Introdução

Na indústria cerâmica tradicional, o setor industrial de pisos e revestimentos cerâmicos é um dos mais dinâmicos. Nos últimos anos, este setor industrial tem dedicado um esforço muito importante para otimizar o processo de fabricação, melhorar a qualidade do produto acabado e aumentar a competitividade nos seus diversos mercados no mundo. Na busca destes objetivos, vários aspectos têm preocupado os empresários, dentre estes: as matérias-primas, o processo de produção das massas e o meio ambiente¹⁻³.

1.1. As matérias-primas

As seleções das matérias-primas para composição da massa cerâmica têm como critérios básicos, as propriedades requeridas ao produto e as características inerentes ao processo de fabricação, dentre esses: composição química, pureza, tamanho e distribuição do tamanho das partículas, cor de queima, reatividade, processabilidade, potencialidade de extração e custos (extração e transporte). De modo geral, classifica-se a matéria-prima cerâmica em dois grupos: plásticas (materiais argilosos) e não-plásticas (fundentes, inertes, carbonatos, talcos)^{4,5}.

As matérias-primas plásticas são compostas basicamente pelas argilas. As argilas são constituídas essencialmente por caulinitas, ricas em matéria-orgânica e ácidos húmicos, podendo também ser utilizados como material refratário, às vezes, contêm outros minerais, como gibsita, mica, quartzo, e argilominerais. A granulometria é uma característica das argilas que determinam muitas de suas propriedades, como: plasticidade, textura, permeabilidade e a resistência em verde e em seco dos corpos cerâmicos. Dentre os diversos tipos de argilas conhecidas comercialmente as mais utilizadas para a produção

de revestimentos cerâmicos: Argilas carbonáticas (ilítico-cloríticas – auxiliam na plasticidade e cor de beje-laranja), argilas plásticas grisificadas (maior plasticidade, aumentos nas resistência mecânica em verde, apresenta cor de queima vermelha), argilas plásticas brancas (tipo *ball-clay*, produtos de coloração branca, compostas de caulinitas, grande interesse devido o comportamento plástico e aumento da resistência mecânica queimada e redução da porosidade do corpo cerâmico) e argilas cauliniticas (tipo *china-clay*, comportamento geralmente refratário durante a queima, coloração branca, menor plasticidade que a *ball-clay*).

As matérias-primas não plásticas desempenham papel importante na composição das massas cerâmicas, pois possibilitam o balanceamento químico na composição das massas, além de facilitar a eliminação de compostos voláteis que se dissolvem durante o processo de queima. A exemplo destas matérias-primas destacam-se as areias feldspáticas, feldspatos, quartzo e as calcitas e/ou dolomitas.

O feldspato é um nome genérico que designa um grupo de minerais semelhantes, compostos de silicatos de alumínio combinados com sódio, potássio ou cálcio e mais raramente bário. Os feldspatos são os mais abundantes minerais das rochas ígneas, e em baixas temperaturas se comportam como refratários, reduzindo o encolhimento da massa e próximas de 1200 °C atuam como fundentes. Os feldspatos potássicos e sódicos atuam como fonte de fundência para a sinterização das massas, onde suas partículas sólidas se aglutinam pelo efeito do aquecimento a uma temperatura inferior à de fusão, formando um amálgama, diminuindo a porosidade do material e aumentando sua resistência. Na utilização de feldspatos para a produção de revestimentos cerâmicos é preferível o tipo potássico, por

ser menos reativo que o sódico. A utilização de feldspatos contribui também para a redução do coeficiente de expansão térmica global da massa cerâmica.

O quartzo é fonte de introdução da sílica, que é o elemento imprescindível em uma massa. Cria uma boa estrutura, dá estabilidade à massa na secagem e na queima, responsável pela resistência mecânica final da peça após a queima, atua diminuindo a plasticidade da massa em virtude das partículas de sílica (SiO₂) e possibilita um aumento na velocidade de deposição das massas nos processos de conformação das peças. O quartzo é também uma matéria-prima que fundamentalmente tem a função de ajustar o coeficiente de expansão térmica, o qual aumenta proporcionalmente a quantidade presente (quartzo).

A calcita e/ou dolomitas são matérias-primas fundamentais nas massas de revestimento. Os percentuais presentes podem variar dependendo das taxas e tipos de queima a qual o revestimento é submetido. Particularmente importante é a granulometria natural destas matérias-primas quando após moagem. Granulometrias muito finas favorecem as reações de síntese com os fragmentos dos materiais argilosos residuais, especialmente sílica amorfa, tornando-se a formação de novos compostos cristalinos (a temperaturas superiores a 900 °C). Revelate é a cinética de descarbonatação e, portanto, a completa eliminação de gás CO₂, antes do amolecimento da fase vítrea da superfície esmaltada⁶.

1.2. O processo de produção das massas

Apesar de existirem diversas técnicas de moagem das matérias-primas e produção de massas para revestimento cerâmico, os dois processos principais são via seca e via úmida.

Na indústria de revestimento via seca é utilizada a massa simples ou natural. A massa é formada de argila de queima avermelhada, que é seca a baixo de 5% de umidade, cominuída em moinhos de martelo e/ou pendulares, levemente umidificadas, e encaminhadas ao processamento cerâmico (prensagem a seco, secagem, decoração e queima).

Os revestimentos de via úmida são de bases preferencialmente claras, formuladas com massa composta ou artificial, que é constituída de argilas, caulim, filito, rochas feldspáticas, talco, carbonatos e quartzo, reúnem os materiais fundentes, inertes e formadores de vidro. Essa mistura é moída e homogeneizada em moinhos de bola, em meio aquoso, seca, granulada em *spray dryer* (atomizador) e conformada por prensagem a seco, para seguir então para decoração e queima. Neste tipo de processo a seleção das matérias-primas busca dar cor branca ou clara aos produtos (biscoito ou suporte) e boa sinterização nas condições de queima rápida e temperaturas abaixo de 1200 °C, tendo em vista produtos de maior qualidade e valor agregado. Em virtude dos vários tipos de placas cerâmicas que são produzidas, através de distintas combinações de matérias-primas e processos de produção, aliada às propriedades específicas destes produtos se fez necessário na indústria de revestimento cerâmico o desenvolvimento de uma tipologia para identificação⁷⁻¹⁰. Os principais produtos são classificados de acordo com as propriedades de absorção de água e resistência mecânica e são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Tipologia de placas cerâmicas quanto a absorção de água, carga e módulo de ruptura¹¹.

Tipologia cerâmica	Absorção de água	Grupo ISO	Carga de ruptura (N) (e > 7,5 mm)	Módulo de ruptura (MPa)
Grés porcelânico	0,0-0,5	Ia	>1300	>35
Grés	0,5-3,0	Ib	>1100	>30
Semi-grés	3,0-6,0	IIa	>1000	>22
Semi-poroso	6,0-10	IIb	>900	>18
Piso-poroso	10-20	III	>600	>15
Azulejo	10-20	III	>400	>15
Azulejo-fino	10-20	III	>200	>12

1.3. O meio ambiente

Uma das maiores preocupações, nos dias atuais, é a eliminação dos resíduos em geral, e dos industriais em particular. Nessa perspectiva, a incorporação de resíduos industriais em produtos cerâmicos está se tornando uma das soluções mais interessantes quer do ponto de vista ambiental, quer do ponto de vista econômico. Uma vantagem adicional deste tipo de incorporação na cerâmica é ser este o método que assegura a inertização de elementos potencialmente tóxicos, uma vez que existe a sua reação com a matriz cerâmica a alta temperatura.

Pode-se afirmar que existem alguns requisitos importantes para a incorporação de um resíduo na indústria cerâmica¹²⁻¹⁴:

- armazenamento seletivo e temporário, visando garantir lotes com dimensões significativas e isentas de outros tipos de resíduos;
- mistura de diferentes lotes, como forma de garantir uma boa homogeneidade; e
- pré-tratamento quando necessário e que envolva operações simples, como por exemplo: moagem, secagem, desferrização e calcinação.

Na reutilização de um resíduo torna-se imprescindível a sua adequada caracterização, só após esta primeira etapa devem ter início os estudos de valorização, que de um modo geral aborda as seguintes questões:

- definição das necessidades de pré-tratamento;
- seleção da matriz cerâmica de incorporação adequada;
- avaliação das alterações induzidas nos processos de fabricação e nas características relevantes dos produtos finais; e
- elaboração de novos produtos.

No processo de fabricação de louças sanitárias, como em muitos outros processos produtivos, resíduos industriais com diferentes características são obtidos em função das etapas do processo na qual são geradas, da tecnologia utilizada e dos produtos fabricados. Deste modo, os principais resíduos obtidos são:

- restos de matérias-primas, moldes de gesso, massa, aditivos e peças cruas (resíduos crus);
- resíduos da depuração de gases;
- produtos acabados fora de especificação ou normas (resíduos queimados); e
- lamas provenientes do tratamento da água, geradas nas operações de limpeza, nas etapas de preparação e aplicação de esmaltes.

Este trabalho tem por objetivo viabilizar a incorporação de resíduos oriundos do processo de fabricação de louças sanitárias para a produção de revestimentos cerâmicos com o intuito minimizar os impactos ao meio ambiente e a redução de custos com matérias-primas.

2. Materiais e Métodos

2.1. Materiais

Foram utilizadas as seguintes matérias-primas: argila – três tipos de argilas, uma plástica tipo *ball-clay* (argila 1) e duas pseudoplásti-

cas, denominadas por argila 2 e argila 3; caulim lavado, feldspatos 1 e feldspato 2, areia, calcita moída #200 meshas ABNT e três amostras de resíduos provenientes dos processos de fabricação da louça sanitária, denominados: RMV, RMB e LET. Todas as matérias-primas constituintes deste trabalho são provenientes de 3 estados da região nordeste (Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte), assim como as amostras dos resíduos, foram conseguidas junto a uma indústria de Louças Sanitárias, localizada na cidade do Recife-PE. Foi estudada ainda uma massa industrial utilizada na fabricação de revestimentos cerâmicos, denominada padrão.

2.2. Metodologia

2.2.1. Composição das massas

Foram formuladas quatro massas cerâmicas, utilizando na composição percentuais variados dos três resíduos propostos. As massas foram formuladas através da utilização do programa Reformix 2.0 e estão representadas na Tabela 2. A composição química das massas foi determinada de forma teórica através do programa e estão representadas na Tabela 3.

2.2.2. Produção das massas

As cinco formulações de massa propostas e a massa denominada padrão, foram produzidas em cargas de 50 kg, em duas etapas: lavagem das argilas (diluição das argilas em água com silicato de sódio por meio de agitação mecânica e beneficiamento em peneira ABNT 60 meshas) e pela moagem das matérias-primas não-plásticas utilizando as argilas lavadas como via úmida em moinhos de bolas com alta alumina até retenção de resíduos na faixa 4,00-6,00 na peneira #325 meshas ABNT. Todas as massas foram secas na estufa a 110 °C/24 horas para perda total da umidade e após moídas em moinho de disco tornando-as pó com granulometria de retenção na peneira #60 meshas ABNT inferior a 1%. As cinco amostras das massas foram produzidas no laboratório de uma indústria cerâmica de louças sanitárias, a qual disponibilizou os equipamentos que facilitaram a produção das mesmas, bem como, as suas respectivas análises mecânicas.

2.2.3. Modelagem dos corpos de prova

Na produção dos corpos de prova foram utilizadas para as quatro massas propostas e a massa padrão três variações de umidades e três pressões de prensagem, representadas na Tabela 4, tendo como forma padrão um molde metálico com duas cavidades confeccionado em aço carbono com dimensões internas das cavidades 150 x 30 x 15 mm. As massas após serem umedecidas e homogeneizadas foram previamente beneficiadas em peneira ABNT 30 meshas, visando garantir a uniformidade dos tamanhos máximos das partículas das massas. Para

Tabela 2. Composições das massas propostas formuladas pelo uso do Reformix 2.0.

Matérias-primas	Composições (%)			
	M1	M2	M3	M4
Argila 1	12,50	10,00	7,50	7,50
Argila 2	7,80	8,59	6,25	6,25
Argila 3	3,17	3,49	2,54	2,54
Caulim	5,00	5,00	5,00	-
Feldspato 1	13,66	15,03	10,93	10,93
Feldspato 2	9,27	10,19	7,40	7,40
Quartzo	28,6	27,70	17,88	17,88
Calcita	-	-	2,50	5,00
RMV	5,00	5,00	10,00	2,50
RMB	5,00	5,00	20,00	20,00
LET	10,00	10,00	10,00	20,00

a prensagem todas as amostras de massa seguiram a mesma seqüência de prensagem, para tal utilizou-se uma prensa manual hidráulica de 1700 kgf.cm⁻² de capacidade. Os corpos de prova confeccionados para todas as quatro amostras de massa proposta e a padrão foram os mesmos utilizados para a realização das análises evidenciadas para este trabalho.

2.2.4. Queima dos corpos de prova

Os corpos de prova foram sinterizados em forno túnel contínuo de produção com combustão a gás natural de uma indústria de louças sanitárias com patamar de queima de 1200 °C/40 minutos e ciclo de 10 horas.

2.2.5. Ensaio cerâmicos

Foram realizados nas quatro amostras de massas propostas e na massa padrão, os seguintes ensaios cerâmicos: retração linear de secagem e queima, absorção de água, tensão de ruptura à flexão crua e queimada, cor após secagem e após queima. Estes ensaios foram realizados segundo métodos propostos pela norma ABNT – NBR13818¹⁰. Os resultados dos ensaios cerâmicos foram obtidos de médias aritméticas de três determinações.

3. Resultados e Discussão

3.1. Análise química

Na Tabela 4 são apresentadas às composições químicas das massas propostas M1, M2, M3 e M4 e padrão. Através dos resultados observam-se que as composições químicas das massas propostas são bastante próximas a da massa padrão. Todavia a massa M4 apresenta indícios de ter melhores características de fusibilidade que as outras três massas propostas, em virtude desta apresentar menores percentuais de óxidos refratários (-1,50% de SiO₂/Al₂O₃) e maiores percentuais de óxidos fundentes (13,37% de K₂O/Na₂O e 0,64% CaO/MgO) quando comparadas com a massa padrão. Observa-se também que em três das massas propostas os níveis de Fe₂O₃ apresentaram-se bastante baixos respectivamente M4 - 0% e M2 e M3 4,29% o que implica na obtenção de massas de cores claras após a etapa de queima comparando-se com a massa padrão.

3.2. Ensaio cerâmicos

Na Tabela 5. Encontram-se os resultados para as tonalidades das massas M1, M2, M3 e M4 propostas e padrão após secagem em

Tabela 3. Composições químicas teóricas das massas propostas e padrão.

Amostras	Determinações (%)								
	P F	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
M01	7,00	64,22	16,81	0,66	0,34	5,63	0,33	2,73	2,74
M02	6,90	63,41	16,88	0,42	0,31	6,17	0,33	3,01	3,01
M03	6,79	63,40	16,52	0,47	0,26	5,95	0,42	3,56	2,71
M04	7,29	62,49	15,13	0,44	0,26	7,44	0,45	3,65	2,96
Padrão	7,61	62,15	16,65	0,35	0,35	7,59	0,25	2,49	3,33

Tabela 4. Condições de prensagem das massas propostas e padrão.

Amostras	Umidade massa x pressão prensagem		
	Condição 1	Condição 2	Condição 3
M01	5%/260 kgf.cm ⁻²	6%/300 kgf.cm ⁻²	7%/340 kgf.cm ⁻²
M02	5%/260 kgf.cm ⁻²	6%/300 kgf.cm ⁻²	7%/340 kgf.cm ⁻²
M03	5%/260 kgf.cm ⁻²	6%/300 kgf.cm ⁻²	7%/340 kgf.cm ⁻²
M04	5%/260 kgf.cm ⁻²	6%/300 kgf.cm ⁻²	7%/340 kgf.cm ⁻²
Padrão	5%/260 kgf.cm ⁻²	6%/300 kgf.cm ⁻²	7%/340 kgf.cm ⁻²

Tabela 5. Cor das massas propostas e padrão após secagem e queima.

Testes	Condição de prensagem	Massa 1	Massa 2	Massa 3	Massa 4	Padrão
Cor após secagem a 110 °C	1	Creme	Cinza Claro	Creme	Cinza Escuro	Creme
	2	Creme	Cinza Claro	Creme	Cinza Escuro	Creme
	3	Creme	Cinza Claro	Creme	Cinza Escuro	Creme
Cor após queima a 1200 °C	1	Cinza Escuro	Grafite Claro	Creme	Branco Gelo	Creme
	2	Cinza Escuro	Grafite Claro	Creme	Branco Gelo	Creme
	3	Cinza Escuro	Grafite Claro	Creme	Branco Gelo	Creme

estufa a 110 °C e queima a 1200 °C, nesta observa-se que em ambas as situações as massas propostas apresentaram tonalidades bastante claras comparadas com a massa padrão, com exceção da massa proposta M1 que apresentou tonalidade mais escura, todavia tornando-a ainda apta para produção de revestimentos cerâmicos. Entretanto, as outras três massas estariam qualificadas para aplicações em massas de revestimentos cerâmicos que exigissem padrão de qualidade mais elevado, principalmente a massa M4 que resultou após queima em uma massa de cor branca.

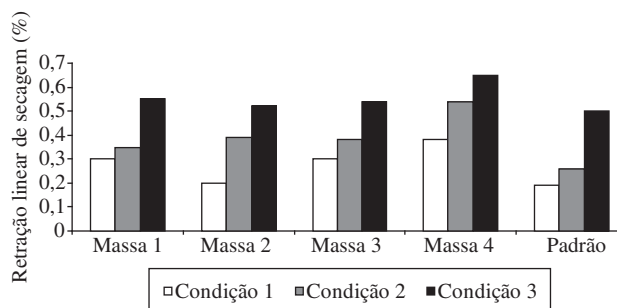
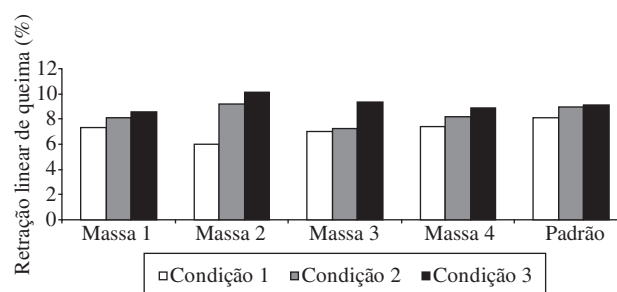
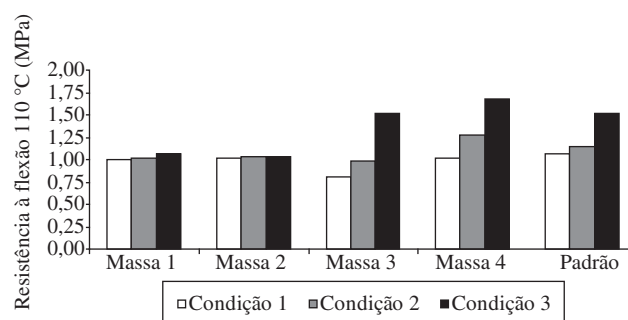
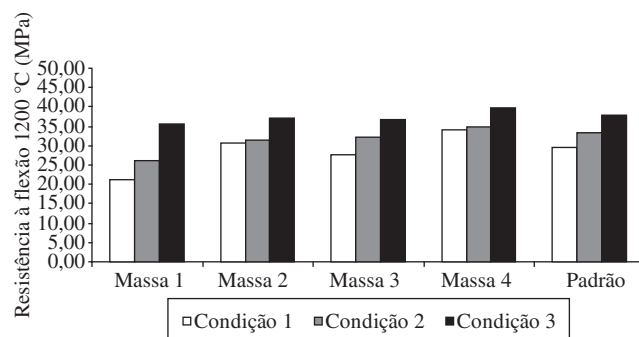
Os resultados de retração linear de secagem e queima, tensão de ruptura a flexão (110 e 1200 °C) e absorção de água das massas propostas e padrão são apresentados nas Figuras 1-5 respectivamente.

Analisando a Figura 1, observa-se que a condição de prensagem (teor de umidade da massa versus pressão de prensagem) obedece a uma razão direta de quanto maior o percentual de umidade e pressão de prensagem maior será a retração linear de secagem. Nesta também se pode visualizar que a massa M2 foi a que apresentou menores variações de retração, condição 1: -5,26%; condição 2: -50,0%; e condição 3: -4,0%, quando comparadas com a massa padrão.

A retração linear de queima, representada na Figura 2, demonstra que as massas propostas M1 e M4, respectivamente, (condição 1: -9,71% e -9,21%; condição 2: -9,67% e -8,89%; e condição 3: -6,13% e -3,17%) apresentaram menores variações de retração linear de queima quando comparadas com a massa padrão à medida que o fator de compactação foi aumentado. Este fato se deve primeiramente devido à massa M1 apresentar menor quantidade de compostos voláteis (-23,98% CaO/MgO) e maiores percentuais de óxidos refratários (2,83% SiO₂/Al₂O₃) comparados com a massa padrão, enquanto a massa M4 por apresentar uma maior presença de óxidos fundentes (13,57% K₂O/Na₂O) comparados com a massa padrão resultam na maior formação, possivelmente, de fase líquida, que aumenta o grau de densificação da massa, causando uma tendência contrária à retração do corpo na direção medida no ensaio.

Na Figura 3, observa-se a influência direta da condição de prensagem na resistência mecânica final das peças prensadas, nesta pode-se evidenciar que as massas M1, M2 e M3, apresentaram respectivamente valores inferiores de resistência à flexão para todas as condições de prensagem (condição 1: -6,31%, -4,4% e -24,67%; condição 2: -10,92%, -10,03% e -13,43%; e condição 3: -29,62%, -32,44% e -0,07%) quando comparadas com a massa padrão. Enquanto a massa M4 (condição 1: -4,59%; condição 2: 11,46%; e condição 3: 10,79%) apresentou um aumento direto da resistência mecânica em cru à medida que a condição de prensagem foi aumentada quando comparados as mesmas condições para a massa padrão. Este se deve principalmente ao fato da massa M4 ter possivelmente obtido um maior fator de empacotamento que resulta em peças mais coesas e consequentemente mais resistentes.

As resistências mecânicas queimadas das massas propostas M1, M2, M3 e M4 e padrão, encontram-se representadas na Figura 4, onde se observam que a pesar das massas M1, M2 e M3 terem apresentado valores inferiores encontram-se para as condições 2 e 3 nas toleráveis de para o produto queimado (> 25,0 MPa). A massa M4 obteve valores superiores de resistência à ruptura queimada a 1200 °C comparada

**Figura 1.** Retração linear de secagem após estufa a 110 °C/24 horas.**Figura 2.** Retração linear de queima após queima a 1200 °C/40 minutos.**Figura 3.** Resistência à ruptura após secagem a 110 °C/24 horas.**Figura 4.** Resistência à ruptura após queima a 1200 °C/40 minutos.

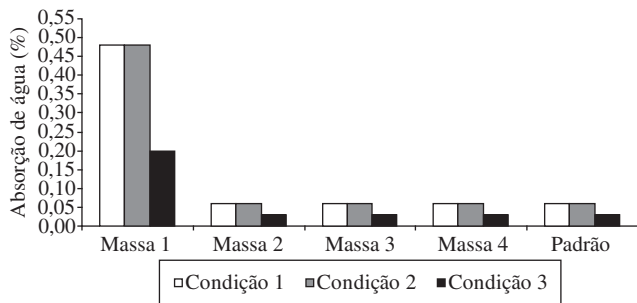


Figura 5. Absorção de água (24 horas).

a massa padrão em todas as condições de prensagem (condição 1: 15,11%, condição 2: 5,02% e condição 3: 5,38%) o que comprova a maior compactação de prensagem obtida para esta massa, além da sua maior densificação durante o processo de queima, resultado da maior fusibilidade proporcionada por sua formulação.

Na Figura 5, observa-se mais diretamente a influência do nível de densificação das amostras das massas propostas comparadas com a padrão. Nesta encontra-se de forma bastante notória a menor capacidade de sinterização para a massa M1, anteriormente evidenciada na Tabela 4, tendo em vista o seu menor teor de óxidos fundentes e aos maiores níveis de óxidos refratários.

A Figura 5 também mostra que apesar dos menores valores de apresentados nos testes de queimas anteriormente (Figuras 2 e 4) discutidos as massas M2 e M3 apresentaram valores bastante baixos de absorção de água, resultados principalmente do maior percentual de óxidos fundentes comparados com a massa padrão. A confirmação da maior fusibilidade da massa M4 discutida ao longo de todos os teste de queima anteriores quando comparados com as outras massas propostas e a padrão.

4. Conclusões

Neste trabalho foram analisados os efeitos da incorporação de 3 tipos de resíduos oriundos do processo de fabricação de louças sanitárias para a produção de massas para revestimento cerâmico, visando ser uma fonte alternativa possível de qualidade e menor custo para a produção destes produtos.

Foram realizados testes de avaliação das propriedades de retração linear (crua e queimada), resistência à ruptura (crua e queimada) e absorção de água em função de três condições diferentes de umidade e pressão de prensagem, comparadas a uma massa padrão. Os resultados encontrados podem-se ressaltar:

- todas as quatro massas propostas demonstraram propriedades bastante aceitáveis para a produção de revestimentos cerâmicos;
- todas as massas propostas apresentaram padrões de tonalidades e coloração queimados aceitáveis para a produção de revestimentos cerâmicos de qualidade (grês cerâmico);

- a massa proposta M4 apresentou-se superior a todas as outras comparadas com a massa padrão, demonstrando um elevado padrão de qualidade (cor de queima branca) e propriedades cruas e queimadas para massas requeridas para fabricação grês porcelanato;
- o grande potencial de redução de custos de produção com a incorporação destes resíduos (20-45%) em substituição a matérias-primas a serem processadas e nas tempos de moagem; e
- a indústria de revestimentos cerâmicos ser uma possível fonte de absorção para os resíduos gerados pelas indústrias de louças sanitárias que atualmente são destinados à poluição do meio ambiente.

Referências

1. Monfort, E.; Enrique, J.E. Economia Energética e Vantagens Meioambientais da Reutilização de Resíduos. *Cerâmica Industrial*, v. 1, n.4/5, p. 14-20, set./out. 1996.
2. Feliu, C. La industria de baldosas cerámicas vidriadas en Espana. Un modelo de mejora continua de la calidad. Anais Congreso Mundial de la Callidade del Azulejo y del Pavimento Cerámico, 3. *Anais...* Cámara Oficial de Comercio, Industria y navegación, Castellón, 6-9 mar. 1994.
3. Zandonadi, A.R. **Fundamentos da tecnologia cerâmica**: programa de treinamento para terceiros Países. Apostila de curso de treinamento em tecnologia cerâmica. 1. ed. São Paulo: IPT/JICA, 1988.
4. Zandonadi, A.R. **Cerâmica Estrutural**. Anuário Brasileiro de Cerâmica. Associação Brasileira de Cerâmica. São Paulo, 1996.
5. Barba, A. **Matérias Primas para la fabricación de soporte de baldosas cerámicas**. Instituto de Tecnologia Cerámica, nº 291, Castellón, 1997.
6. Motta, J.F.M. **As Matérias-Primas Cerâmicas e o Estudo de Três Casos de Rochas Fundamentais**. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de São Paulo - UNESP, n. 208, Rio Claro, 2000.
7. Emiliani, G.P.; Corbara, F. **Tecnologia Cerâmica Faenza**, v. 1. Faenza: Editorial Faenza Editrice, 1999.
8. Lolli, L.; Nasseti, G.; Marino, L.F.B. A preparação a seco de massas cerâmicas. *Cerâmica Industrial*, v. 5, n. 2, p.30-38, mar./abr. 2000.
9. Nasseti, G. Innovate system for preparation of ceramic tile bodies. *Tile & Brick*, n. 3, p.1211-1219, May 1990.
10. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR13.818**: Placas cerâmicas para revestimento – especificação e métodos de ensaio, Rio de Janeiro, p.78, 1997.
11. Costa, M.G.; Ribeiro, M.J.; Labricha, J.A. Reutilização in situ das Lamas Residuais de uma Indústria Cerâmica. *Cerâmica Industrial*, v. 7, n. 5, p. 44-50, set./out. 2002.
12. Fernandes, P.F.; Oliveira, A.P.N.; Hotza, D. Reciclagem do Lodo da Estação de Tratamento de efluentes de uma Indústria de Revestimentos Cerâmicos. Parte I: Ensaio Laboratoriais. *Cerâmica Industrial*, v. 8, n. 2, p., p. 26-34, mar./abr. 2003.
13. Costa, M., Resíduos sólidos: os caminhos para resolver o problema. *Revista Banas Ambiental*, n. 6, p.14-18, abr.2000.