

## Caracterização de Resíduos Finos de uma Mineração de Areia no Município de Guarulhos para Utilização em Cerâmica Vermelha

**Edilson Pissato\*, Lindolfo Soares**

*Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo,  
Escola Politécnica, Universidade de São Paulo – USP,  
Av. Prof. Luciano Gualberto, Travessa 3, 380, 05508-970, São Paulo - SP, Brasil  
\*e-mail: e.pissato@terra.com.br*

**Resumo:** O município de Guarulhos, localizado na Região Metropolitana da Grande São Paulo, possui uma área de 341 km<sup>2</sup>, e população de aproximadamente 1.200.000 habitantes. Apresenta franco crescimento do ponto de vista urbano, o que o coloca como um grande consumidor de matérias primas para a construção civil. A atividade extrativista no município foi muito grande no passado, estando hoje restrita a três minerações de brita e quatro minerações de areia em atividade. As minerações realizam a extração do minério utilizando o processo de desmonte hidráulico, resultando em um resíduo fino composto principalmente por argila. Esta argila atualmente é considerada como rejeito do processo de beneficiamento e descartada em bacias de decantação, quase sempre constituídas pelas antigas cavas de exploração. Ao término da lavra restam as cavas de extração que devem ser recuperadas. A recuperação mais utilizada consiste em tratamento paisagístico e formação de lago para utilização como área de lazer. O objetivo deste trabalho é propor a utilização da argila armazenada nas bacias de decantação (rejeito), assim como das camadas de argila segregadas no processo de extração (estéril) como cerâmica vermelha, prolongando a vida útil da mineração e promovendo um melhor aproveitamento da jazida. Para tal foram realizados ensaios para caracterização da matéria prima e ensaios cerâmicos.

**Palavras-chave:** *mineração, areia, argila, cerâmica, desenvolvimento sustentável, aproveitamento de resíduos.*

### 1. Introdução

A disponibilidade de insumos minerais diretamente aplicados à construção civil, tais como areia, argila, brita, cascalho, foi um dos principais fatores contributivos para o acelerado crescimento urbano na Região Metropolitana de São Paulo - RMSPP, verificado principalmente entre as décadas de 40 e 70<sup>2</sup>. A abundância destes insumos, associada à relativa proximidade dos centros consumidores tornou possível a construção, a baixo custo, de uma grande quantidade de edificações e obras públicas.

No entanto, nas últimas décadas o crescimento urbano causou um crescente conflito entre as áreas habitacionais em expansão e as minerações existentes. Este crescimento proporcionou também a ocupação de áreas com potencial para a exploração mineral por zonas habitacionais.

Além do mais, os municípios têm dificultado a atividade de mineração através de leis de uso e ocupação do solo cada vez mais restritivas.

Dentro de um espaço tão disputado, as empresas de mineração situadas próximo a grandes centros urbanos, têm buscado um melhor aproveitamento dos seus recursos, ou melhorando os processos de extração e beneficiamento, ou utilizando toda a matéria prima disponível. Neste último caso, a alternativa mais utilizada consiste em se agregar valor comercial a materiais antes descartados.

Neste sentido, foram realizados estudos com objetivo de comprovar a viabilidade técnica do aproveitamento dos resíduos finos provenientes da extração da areia da Empresa de Mineração Floresta Negra na aplicação como cerâmica vermelha. Foram testados dois materiais: um material argiloso, oriundo do processo de beneficiamento da areia (rejeito) e argilas provenientes da frente de lavra, segregados mecanicamente no processo de extração, designados no meio de mineração como estéril.

A Mineração Floresta Negra está situada no Município de Guarulhos, Região Metropolitana de São Paulo (Figura 1).

Com uma grande vocação mineral no passado, devido principalmente ao substrato geológico, onde foram explorados principalmente minerais de uso na construção civil, hoje existem no município de Guarulhos sete minerações em atividade, sendo três pedreiras e quatro minerações de areia. Apesar dos atributos naturais favoráveis, a atividade mineral diminuiu em virtude do conflito entre o uso e ocupação do solo local e à expansão urbana.

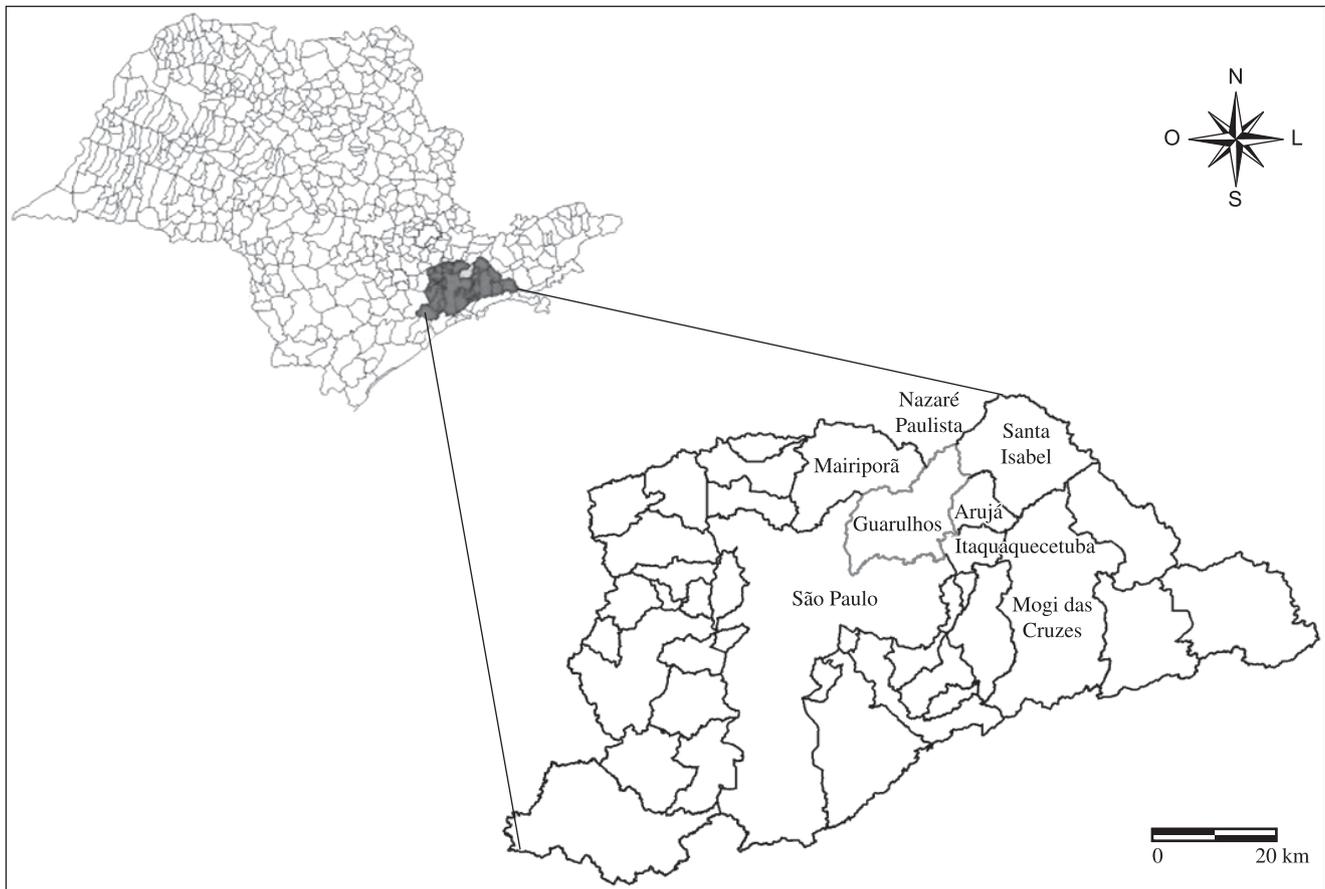
O substrato geológico da área onde se situa a Mineração Floresta Negra é constituído por sedimentos da Formação Resende, Terciário da Bacia de São Paulo<sup>6</sup>. Esta formação é dividida em duas fácies sedimentares distintas: leques aluviais proximais e leques aluviais distais associados a planícies aluviais de rios entrelaçados.

As fácies proximais são constituídas por rochas conglomeráticas formadas por processos gravitacionais subaéreos. As porções medianas e distais são constituídos por lamitos e lamitos arenosos maciços, por vezes conglomeráticos, que interdigitam-se lateralmente com os depósitos de leques aluviais proximais. A matriz dos lamitos é composta essencialmente por argilominerais esmectíticos detriticos e contém porções variáveis de grãos de quartzo, feldspato, mica e minerais máficos disseminados<sup>7</sup>.

Nos canais fluviais entrelaçados ocorrem arenitos grossos a médios, localmente conglomeráticos, mal selecionados, em geral subarcoseanos a arcoseanos, e compostos por grãos angulosos a subarredondados, envoltos por matriz argilosa.

As camadas argilosas constituem o estéril e são separadas com retroescavadeiras no processo de extração. Este material é utilizado nos trabalhos de recuperação de áreas mineradas, para alteamento das barragens existentes ou destinadas a área de botafora.

A extração da camada arenosa é realizada por desmonte hidráulico, no qual a escavação é realizada com o auxílio de jatos hidráulicos, ou monitores. Nesse método, o minério escavado e já em forma de polpa, flui por gravidade para uma bacia de acumulação



**Figura 1.** Localização do município de Guarulhos no Estado de São Paulo e na Região Metropolitana de São Paulo.

onde uma draga equipada com bomba centrífuga para polpas realiza o bombeamento diretamente para as instalações de beneficiamento.

O processo de beneficiamento consiste basicamente na eliminação das impurezas orgânicas e dos produtos com granulometria superior a 4,8 mm (pedregulho e cascalho), e separação das frações areia e argila presentes na polpa. Envolve assim as operações de peneiramento, classificação, espessamento e desaguamento.

A classificação é realizada através de hidrociclones e cone desaguador. O fino do hidrociclone, juntamente com o fino do cone desaguador são encaminhados para o espessador, onde é aumentada a concentração de sólidos da argila, antes do envio para a centrífuga. Na centrífuga ocorre o desaguamento da argila que segue então por uma correia transportadora até a área de armazenamento, onde estará em condições de manuseio para a estocagem e futuramente comercialização

## 2. Metodologia

A pesquisa constituiu na caracterização da argila proveniente da centrífuga (rejeito) e de duas camadas argilosas intercaladas às areias: uma argila de coloração roxa e uma argila cinza esverdeada (estéril). Em seguida foram realizados testes cerâmicos em corpos de prova feitos com estes mesmos materiais,

Os ensaios de caracterização foram realizados no laboratório de caracterização (LCT) do Departamento de Engenharia de Minas da Escola Politécnica da USP. Foram realizados os seguintes ensaios: análise química por espectrometria de fluorescência de raios X, análise granulométrica por difração a laser e análise mineralógica por difratometria de raios x.

Os ensaios cerâmicos foram realizados no laboratório de cerâmica do SENAI, em Itú, estado de São Paulo, sendo determinadas as seguintes características: plasticidade, retração linear após secagem, resistência à flexão seco, cor de queima, perda ao fogo, retração linear após queima, resistência à flexão após queima, porosidade aparente e absorção de água.

## 3. Resultados e Discussão

### 3.1. Ensaios de caracterização

Neste item são apresentados os resultados dos ensaios de caracterização realizados nas cinco amostras de argila, designadas AM e numeradas de 1 a 5. As amostras 1 a 3 constituem de rejeitos do processo de beneficiamento, coletadas na saída da centrífuga, aleatoriamente em dias diferentes. As amostras 4 e 5 constituem o estéril separado mecanicamente no processo de extração seletiva realizada com retroescavadeira.

#### 3.1.1. Análise química por espectrometria de fluorescência de raios X

Os resultados das análises químicas quantitativas realizadas pelo método de espectrometria de fluorescência de raios X, estão apresentados, em % de óxidos, na Tabela 1.

A composição química das amostras reflete a natureza essencialmente argilosa dos minerais, com predominância de  $\text{SiO}_2$  e  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

Nota-se ainda uma semelhança muito grande quanto à composição química das amostras de rejeito, indicando a homogeneidade deste material ao longo do processo.

**Tabela 1.** Análises químicas das amostras em % de óxidos.

Óxidos	Amostras				
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5
SiO <sub>2</sub>	55,4	51,3	56,5	62,2	68,1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23,6	22,1	22,5	20,6	14,4
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,05	12,8	7,47	6,63	6,36
MnO	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,29
MgO	0,56	0,81	0,63	0,51	1,38
CaO	0,13	0,26	0,15	<0,10	0,2
Na <sub>2</sub> O	0,16	0,15	0,14	0,11	0,12
K <sub>2</sub> O	2,74	2,28	2,57	1,86	1,95
TiO <sub>2</sub>	0,77	0,75	0,81	1,14	0,86
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
PF	8,83	9,26	9,06	7,48	6,44

Outra característica é o baixo teor de carbonato observado nas amostras, refletindo nos valores baixos de perda ao fogo (PF).

A presença acentuada de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> em todas as amostras restringe a aplicação destes materiais à cerâmica vermelha, pelo fato de provocar a coloração avermelhada no produto cerâmico após queima.

“Teores acima de 1% em MgO, como o encontrado na amostra AM 05, pode estar associado a traços de cloritas e vermiculitas<sup>3</sup>.”

### 3.1.2. Análise granulométrica por difração a laser

Na Tabela 2 estão apresentadas os dados estatísticos referentes às distribuições granulométricas das amostras.

Para produção de cerâmica vermelha a distribuição granulométrica é de fundamental importância para a composição das massas plásticas que passarão pelos processos de extrusão e queima. Para este tipo de aplicação considera-se que as argilas são compostas por material argiloso (plástico) e material não plástico. As argilas plásticas, denominadas na indústria cerâmica de “argilas gordas”, apresentam granulometria menor que 2 µm. A predominância destas argilas nas massas cerâmicas torna o processamento bastante complicado. Apresentam alta plasticidade, porém precisam de uma quantidade maior de água para desenvolvê-la completamente. Com isso ocorre um aumento de umidade no interior do produto, que provoca fortes retrações e deformações<sup>5</sup>.

Os materiais não plásticos, representados essencialmente por areias, micas, óxidos de ferro, e outros, atuam como agentes desplastificantes nas composições, reduzindo o grau de compactação da massa, com diminuição da plasticidade das argilas. Sua presença reduz as contrações tanto no processo de secagem como de queima. Para que possam agir com eficácia sobre as características das argilas devem apresentar granulometria acima de 60 µm e ser usadas em quantidades moderadas.

A indústria cerâmica trabalha com misturas de diferentes matérias primas para obtenção da formulação mais adequada. Para orientação dos estudos de granulometria para obtenção da massa mais adequada, é utilizado o diagrama de Winkler. Neste diagrama os limites de faixas granulométricas utilizados são: 2 e 20 µm.

Com base no diagrama de Winkler<sup>5</sup>, é apresentada uma distribuição das granulometrias em função dos principais produtos de cerâmica vermelha, expressa na Tabela 3.

Para utilização do diagrama de Winkler, as distribuições granulométricas das amostras estão apresentadas na Tabela 4 segundo as faixas de 2,2 a 20 e acima de 20 µm.

Observando-se os resultados apresentados nas Tabelas 2 e 4, observa-se uma semelhança muito grande entre as distribuições granulométricas das amostras 1 a 3, correspondentes ao rejeito do processo de beneficiamento da areia, confirmando a homogeneidade do processo, que se observa macroscopicamente nas amostras

coletadas. A distribuição modal e a concentração das partículas na faixa entre 2 a 20 µm mostra ainda uma eficiência e seletividade no processo de beneficiamento utilizado na mineração.

Quanto as argilas naturais, que constituem o estéril do processo de extração, a amostra 4, que apresenta coloração roxa, assemelha-se bastante ao material de rejeito, com uma concentração um pouco maior de minerais na faixa acima de 20 µm. Já a argila cinza esverdeada apresenta uma concentração maior na faixa acima de 20 µm.

Com relação a aplicação como material cerâmico, baseado nos dados diagrama de Winkler (Figura 2) todas as amostras apresentam concentrações na faixa acima de 20 µm compatíveis para todos os usos. Apresentam porém pouca quantidade de argilas plásticas (abaixo de 2 µm) e concentrações acima do ideal para a faixa entre 2 e 20 µm.

Estes resultados indicam que as distribuições granulométricas dos materiais estudados não estão dentro das faixas consideradas ótimas do diagrama de Winkler. Para a utilização em cerâmica vermelha estes materiais deveriam ser misturados com argilas plásticas para obtenção de uma massa com granulometria mais adequada. Este resultados contudo não são determinantes, uma vez que este método é questionável<sup>4</sup>. A confirmação das propriedades cerâmicas das amostras estudadas deverá ser dada por meio dos ensaios cerâmicos.

### 3.1.3. Difração a laser

A análise dos difratogramas, indicaram a presença de quartzo e da mica muscovita (2H<sub>2</sub>O.K<sub>2</sub>O.3Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.6SiO<sub>2</sub>) em todas as amostras, explicando os teores de SiO<sub>2</sub> e K<sub>2</sub>O obtidos na análise química (Tabela 1). O argilomineral predominante em todas as amostras foi a caulinita [(Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.(OH)<sub>4</sub>]. A montmorilonita [Na 0,3(Al,Mg) 2SiO<sub>4</sub>.O<sub>10</sub>(OH)<sub>2</sub>.4.H<sub>2</sub>O] aparece apenas nas amostras 2 e 5.

A presença de feldspato potássico (microclínio – KAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>) foi constatado na amostra 1.

Rutilo (TiO<sub>2</sub>) foi detectado apenas na amostra 4, que apresentou o maior concentração deste óxido na análise química.

A presença de vermiculita na amostra 5, confirma o teor acima de 1% em MgO, obtido na análise química.

## 3.2. Ensaios cerâmicos

O resultado da análise dos resíduos das amostras estão apresentados na Tabela 5. Na amostra 1, correspondente ao rejeito do processo de beneficiamento, foram observados os seguintes minerais: mica, matéria orgânica, óxidos e hidróxidos de ferro, quartzo e ferro magnético. Na amostra 2, correspondente ao estéril (argila roxa), foram observados: carbonatos, mica, matéria orgânica, óxidos e hidróxidos de ferro, quartzo e ferro magnético. Na amostra 3, correspondente à outra camada de estéril (argila cinza esverdeada),

**Tabela 2.** Distribuição estatística da granulometria.

Amostra	Diâmetros Médios ( $\mu\text{m}$ )				Uniformidade ( $\times 10^{-1}$ )
	D[4,3]	D[v,0.1]	D[3,2]	D[V,0.5]	
Amostra 1	17,49	3,19	5,16	12,67	8,684
Amostra 2	16,89	2,63	5,86	11,32	9,996
Amostra 3	17,75	3,31	5,72	12,73	8,772
Amostra 4	27,72	2,36	4,39	13,62	0,159
Amostra 5	30,69	2,35	5,91	16,99	0,139

**Tabela 3.** Composição granulométrica ideal para os produtos de cerâmica vermelha<sup>5</sup>.

Regiões Tipo de produto	Composição granulométrica (%)		
	Até 2 $\mu\text{m}$	2 a 20 $\mu\text{m}$	> 20 $\mu\text{m}$
A. Materiais de qualidade com dificuldade de produção	40 a 50	20 a 40	20 a 30
B. Telhas, capas	30 a 40	20 a 50	20 a 40
C. Tijolos furados	20 a 30	20 a 55	20 a 50
D. Tijolos maciços	15 a 20	20 a 55	25 a 55

**Tabela 4.** Distribuição das faixas granulométricas das amostras para estudo de formulações em cerâmica vermelha.

Amostras	Composição granulométrica (%)		
	< 2 $\mu\text{m}$	2 a 20 $\mu\text{m}$	> 20 $\mu\text{m}$
Amostra 1	6,33	67,59	26,08
Amostra 2	8,14	66,2	25,66
Amostra 3	5,83	67,74	26,43
Amostra 4	9,57	56,35	34,08
Amostra 5	9,66	49,47	40,87

**Tabela 5.** Análise do resíduo.

Tyler/Mesh	Abertura (mm)	% (peso inicial: 100 g)		
		Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
100	0,149	0,78	5,74	3,27
150	0,105	1,45	5,85	1,99
200	0,174	1,99	7,12	3,28
325	0,044	6,79	9,36	4,9
Total		11,01	28,07	13,44

foram observados: mica, óxidos e hidróxidos de ferro, quartzo e ferro magnético.

Foram determinados os limites de plasticidade das amostras conforme a NBR 7180 (1), obtendo-se os seguintes resultados:

- Amostra 1 – 16,6%
- Amostra 2 – 15,1 %
- Amostra 3 – 21,1 %

Para os demais ensaios cerâmicos foram preparados corpos de prova por extrusão com as massas de argila misturadas com água na umidade do limite de plasticidade. A seguir os corpos de prova foram secos em estufa à 110 °C para realização dos ensaios a seco. Os corpos de prova foram então submetidos à queima em fornos elétricos às temperaturas de 850 e 950 °C.

As características dos corpos de prova secos à 110 °C estão apresentadas na Tabela 6, enquanto que as características dos corpos de prova após queima estão apresentadas na Tabela 7.

Para classificação das matérias primas para uso nos diferentes produtos de cerâmica vermelha, compara-se os valores obtidos com os valores-limite recomendados. O laboratório do SENAI utiliza os

parâmetros apresentados na Tabela 8. Estes valores são os mesmos adotados pelo IPT<sup>8</sup>.

Comparando-se os resultados apresentados na Tabela 6 e 7, com os parâmetros recomendados na Tabela 8, pode-se concluir o seguinte, em relação à possibilidades de uso dos materiais testados:

A amostra 1, representativa do rejeito do processo de beneficiamento, pode ser apresenta as características mínimas que permitem a sua utilização para fabricação de blocos de vedação ou bloco estrutural. Não pode ser utilizado para fabricação de telhas devido aos baixos valores da resistência a cru e da absorção de água.

A amostra 2, que constitui a argila roxa representativa de um dos tipos de argila do material estéril separado no processo de extração, pode ser utilizado como bloco de vedação ou bloco estrutural. Apesar de apresentar valores de absorção de água abaixo do máximo para utilização como telhas, apresentou valores de tensão a ruptura mínimos à seco e após queima abaixo dos valores recomendados.

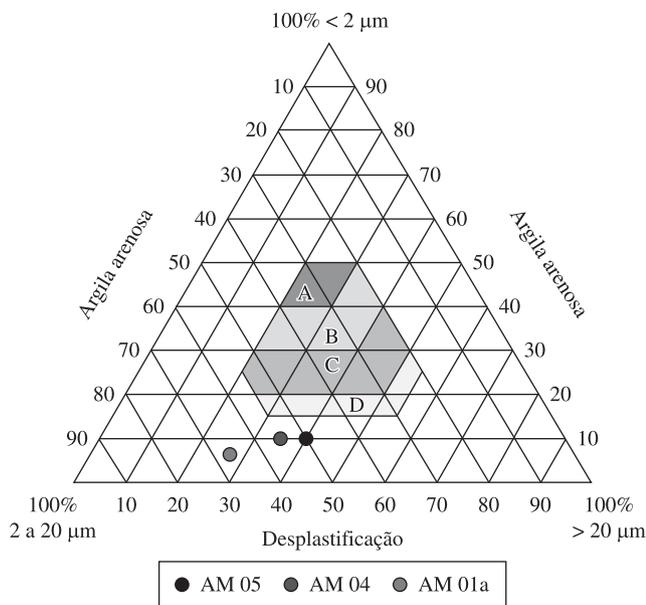


Figura 2. Localização das amostras no Diagrama de Winkler.

Tabela 6. Características do corpos-de-prova secos à 110 °C.

Amostra	Umidade de extrusão (%)	Retração linear (%)	Tensão de ruptura à flexão (kgf.cm <sup>-2</sup> )	Cor
Amostra 1	52,5	15,2	25,49	Amarela
Amostra 2	23,0	6,9	23,45	Marrom
Amostra 3	24,0	6,6	175,39	Marrom

Tabela 7. Características do corpos de prova após queima.

Amostra	Temperatura de queima (°C)	Retração Linear (%)	Tensão de ruptura à flexão (kgf.cm <sup>-2</sup> )	Absorção de água (%)	Porosidade aparente (%)	Massa específica aparente (g.cm <sup>-3</sup> )	Cor de queima
Amostra 1	850	0,0	74	22,8	37,1	1626	Vermelha
	950	1,1	110	21,7	36,2	1669	Vermelha
Amostra 2	850	-0,5	50	16,1	30,1	1872	Vermelha
	950	0,0	71	16,3	30,7	1880	Vermelha
Amostra 3	850	0,3	287	8,7	17,9	2062	Vermelha
	950	1,8	231	5,9	12,6	2131	Vermelha

Tabela 8. Valores recomendados para cerâmica vermelha adotados pelo SENAI<sup>8</sup>.

Características obtidas dos ensaios cerâmicos	Usos			
	Bloco de vedação ou tijolos	Bloco estrutural	Telhas	Ladrilhos de piso vermelhos
Tensão de ruptura mínima seca a 110 °C (kgf.cm <sup>-2</sup> )	15	25	30	-
Tensão de ruptura mínima após queima (kgf.cm <sup>-2</sup> )	20	55	65	-
Absorção máxima de água após queima (%)	-	25	20	< 1,0
Cor após queima	Vermelha	Vermelha	vermelha	Vermelha sem manchas pretas

Amostra 3, representativa da amostra de argila de rejeito de coloração cinza esverdeada, apresentou características cerâmicas que permitem a sua utilização como bloco de vedação, bloco estrutural ou telhas.

Observa-se que na amostra 2 a retração linear após queima à temperatura de 850 °C, apresentou um valor negativo, indicativo de expansão. A expansão provoca diminuição na resistência, o que explica o baixo valor da resistência à flexão nesta temperatura, motivo pelo qual este material não é indicado para a fabricação de telhas. Esta expansão pode ser motivada pela presença de carbonatos, verificados no teste de resíduo, ou ainda pela presença de matéria orgânica. Pode-se realizar uma análise termo diferencial para um estudo mais aprofundado quanto aos motivos da retração, podendo-se verificar possibilidades para diminuição desta característica e talvez utilizá-lo também para a fabricação de telhas.

A amostra 1 foi a que apresentou a menor quantidade de resíduo não argiloso (11,01%), enquanto a amostra 3 apresentou um teor elevado de resíduo (28,07%). O resíduo não argiloso representa o material não plástico (desplastificante), que também atua como fundente nas massas cerâmicas. Embora a amostra 1 apresente boas condições para utilização como blocos, suas características cerâmicas podem ser melhoradas por meio de misturas, otimizando a distribuição granulométrica. Da mesma forma a amostra 2, mais plástica, pode ter suas características melhoradas por meio de misturas com os materiais mais granulares.

#### 4. Conclusão

Os resultados obtidos neste trabalho confirmam a viabilidade técnica e econômica da utilização de materiais antes inservíveis e que seriam descartados reintroduzindo-os no processo produtivo. Esta possibilidade representa um instrumento de grande importância para a busca da sustentabilidade da mineração estudada e de outras minerações que exploram sedimentos terciários na Bacia de São Paulo, principalmente as localizadas na Região Metropolitana de São Paulo. A possibilidade de produção de um novo produto, argila para produção de cerâmica vermelha, proporciona um aproveitamento melhor dos recursos naturais em uma área que já se encontra degradada pela produção de areia.

Desta forma pode-se disponibilizar ao mercado consumidor blocos e telhas, produtos importantes para uso na construção civil, a custos reduzidos, não só pela proximidade da matéria prima do centro consumidor, como também pela redução nos custos de produção da argila, uma vez que estes custos já estão englobados na produção de areia. Representa assim não só uma vantagem econômica para o minerador, como também um ganho do ponto de vista social.

Atualmente os resíduos argilosos provenientes da extração e beneficiamento de areia na mineração Floresta Negra assim como de outras minerações na região, são depositados nas lagoas de decantação ou em bota-foras. Com a viabilização do uso deste material estas áreas passam a se tornar importantes jazidas que podem ser exploradas sem necessidade de degradação ambiental de outras áreas.

Em centros urbanos o uso do solo é muito disputado por várias atividades como habitacional, industrial, preservação, entre outras. A mineração constitui em uma atividade tão importante quanto às demais, e o máximo aproveitamento das minerações que já estão instaladas pode garantir o seu desenvolvimento equilibrado e ambientalmente seguro.

Em relação ao zoneamento, o município de Guarulhos apresentou em sua nova legislação uma proposta inovadora, que é a instituição de uma zona exclusiva para a atividade mineral, garantindo a sua continuidade. Por outro lado, as zonas de mineração foram demarcadas tendo como base apenas as áreas lavradas, não sendo considerados as poligonais licenciadas junto ao DNPM e os órgãos ambientais. Para evitar conflitos futuros, há necessidade em um primeiro momento da adequação na demarcação destas zonas.

Seria importante ainda a ampliação das zonas de mineração, com base no potencial mineral do município. Pode-se assim estabelecer uma reserva estratégica de minerais de uso na construção civil, justificada pela importância que estes minerais representam para o desenvolvimento urbano e o bem estar social da população.

Quanto à produção cerâmica, dado a necessidade de proximidade entre as áreas fornecedoras de matéria prima e de produção, é aconselhável a viabilização, por meio dos órgãos responsáveis pelo licenciamento, do estabelecimento de unidades ceramistas dentro das próprias minerações, desde que existam condições físicas adequadas.

#### Referências

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7180**. Solo - Determinação do limite de plasticidade: método de ensaio. Rio de Janeiro, 1984.
2. BITAR, O. I. **Avaliação de áreas degradadas por mineração na Região Metropolitana de São Paulo**. São Paulo, 1999. Tese (Doutorado em Engenharia de Minas) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
3. MACEDO, R. M. P. R. **Aplicação da metodologia de planejamento de experimentos para formulação de massas cerâmicas para telhas**. Rio Grande do Norte, 2007. 103 f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
4. MOTTA, J. F. M.; ZANARDO, A.; CABRAL JÚNIOR, M. As matérias primas cerâmicas. Parte I O perfil das principais indústrias cerâmicas e seus produtos. **Revista Cerâmica Industrial**, v. 6, n. 2, março/abril, 2001.
5. PRADICELLI, S.; MELCHIADES, F. G. Importância da composição granulométrica de massas para cerâmica vermelha. **Revista Cerâmica Industrial**, jan/abril 1997.
6. RICCOMINI, C. **O Rift continental do Sudeste do Brasil**. São Paulo, 1991. 256 p. Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade de São Paulo - USP.
7. RICCOMINI, C.; SANT'ANNA, L. G.; FERRARI, A. L. Evolução geológica do Rift continental do Sudeste do Brasil. In: **Geologia do continente Sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo: Editora DECA, 2004. p. 383-405.
8. SOUZA SANTOS, P. **Ciência e tecnologia de argilas**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1989.