

APLICAÇÃO DE REJEITO ARGILOSO DE UMA MINERAÇÃO DE AREIA INDUSTRIAL COMO MATÉRIA-PRIMA NA INDÚSTRIA CERÂMICA

Sergio Ricardo CHRISTOFOLETTI
Marcos Roberto MASSON

RESUMO

O reaproveitamento de rejeitos argilosos provenientes da mineração de areia industrial da Formação Pirambóia representa uma opção na diminuição dos impactos ambientais gerados pela sua disposição em tanques de decantação. O presente trabalho teve por objetivo testar a aplicação destes rejeitos na confecção de produtos cerâmicos. Com este intuito, foi feita a caracterização química e mineralógica, bem como ensaios cerâmicos, de amostras provenientes dos espessadores e dos tanques de decantação de uma mineração de areia da região de Analândia (SP). As amostras dos espessadores apresentam características homogêneas, alta plasticidade e presença dominante do argilomineral caulinita. Já as amostras do tanque de decantação são mais heterogêneas, silicosas e menos plásticas. Para a produção de blocos, as argilas dos espessadores mostraram-se mais adequadas por apresentarem características homogêneas, facilitando a extrusão e reduzindo os defeitos dimensionais das peças, proporcionando assim um produto final de qualidade.

Palavras-chave: rejeitos argilosos, indústria cerâmica, Formação Pirambóia, areia industrial

ABSTRACT

The reuse of clayey waste from sand mining of the Piramboia Formation represents an option for reducing the environmental impact generated by the disposal of such waste in decantation tanks. To test this hypothesis, these wastes were utilized in the production of ceramic materials, mainly bricks. To this purpose, samples collected in the thickeners and decantation tanks were subjected to mineralogical, chemical and ceramic studies. The samples studied from the thickeners presented homogeneous characteristics, high plasticity and kaolinite as the dominant clay mineral. The samples from the decantation tanks were more heterogeneous, and exhibited low plasticity and higher amounts of silicon dioxide. The clays collected in the thickeners proved to be more appropriate for the production of bricks because of their homogeneous characteristics, which facilitate extrusion and reduce dimensional defects of the pieces, thereby providing a qualified final product.

Keywords: clay waste, ceramic industry, Pirambóia Formation, sand.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, as minerações de areia para a indústria de vidro e fundição necessitam de grandes tanques de decantação para disposição de seu rejeito oriundo da extração da matéria-prima. No caso da Formação Pirambóia, os rejeitos provenientes de sua exploração correspondem à fração siltico-

-argilosa e podem representar até 20% do minério (FERREIRA & DAITX 2003). Por ainda não possuírem um aproveitamento econômico, estes rejeitos são descartados em tanques de decantação, o que representa um dos principais problemas ambientais nas minerações de areia industrial (FERREIRA 1995).

As empresas mineradoras de areia, atualmente instaladas na região de Analândia e Descalvado, tomam os cuidados necessários relativos à extração mineral. Os rejeitos são depositados em tanques de decantação, que posteriormente são preenchidos e reflorestados por árvores nativas da região.

A reciclagem e reutilização de resíduos/rejeitos provenientes de diferentes processos industriais têm sido objeto de pesquisa em diversas instituições, com a finalidade de buscar soluções para uma disposição final correta, garantindo assim benefícios para o meio ambiente e para a saúde pública.

Vários são os rejeitos absorvidos pela indústria cerâmica, podendo-se citar os resíduos de mineração, das indústrias de papel e celulose, metalúrgica, energética etc., que, independentemente de sua origem, são cada vez mais utilizados como matérias-primas alternativas (MENEZES *et al.* 2002). Destacam-se ainda os resíduos provenientes da mineração de rochas graníticas, que podem ser aplicados na produção de tijolos e de revestimentos e confecção de argamassas (FREIRE & MOTTA 1995, RAIGON *et al.* 1996, NEVES 2000, CUCHIERATO 2000, MENEZES *et al.* 2005).

Com o intuito de minimizar os impactos ambientais e visando reaproveitar economicamente os rejeitos advindos de uma mineração de areia industrial da região de Analândia (SP), foram realizados a caracterização química e mineralógica e ensaios tecnológicos, tanto dos materiais dos tanques de decantação, como dos espessadores, com vistas a sua aplicação na indústria cerâmica.

2 GEOLOGIA

O principal pólo produtor de areia industrial no Estado de São Paulo localiza-se nos municípios de Analândia e Descalvado, inseridos na Área de Proteção Ambiental (APA) Corumbataí-Botucatu-Tejupá, o que demanda uma maior atenção em relação aos aspectos ambientais. Contextualmente estas areias estão na Formação Pirambóia, Grupo São Bento, que representa uma das unidades sedimentares de maior ocorrência no centro-leste do Estado de São Paulo. Sua faixa de afloramento estende-se desde a divisa do estado de Minas Gerais até o Paraná (SOARES & LANDIM 1973).

A Formação Pirambóia pode ser dividida em duas unidades: uma inferior, representada por um arenito muito fino consolidado com estruturas sedimentares bem preservadas, predominando a estrutura plano-paralela e cruzada de pequeno porte. Nesta unidade, as concentrações de camadas de argila são mais freqüentes, atingindo espessuras de 0,5 a 1,0 metros. A unidade superior possui como

característica distintiva a granulometria e os teores de ferro e argila menores em relação à unidade inferior e estruturas sedimentares cruzadas de grande porte (Figura 1). No contato superior com o solo ocorre uma linha de seixos que apresenta espessura em torno de 1 metro (TANDEL 1994).

O processo de extração da matéria-prima é simples; a lavra se processa a céu aberto na forma de bancadas. O minério é retirado por pás-carregadeiras, trator de esteira e escavadeira hidráulica e posteriormente transportado por caminhões para a central de beneficiamento, onde são realizadas as etapas de peneiramento, elutrição (mistura de água no minério), células de atrição (adição de hidróxido de sódio) e classificação hidráulica. Após classificação, o minério ainda passa por um processo de flotação para retirada dos minerais pesados. Após estas etapas as areias são secas até o teor de umidade atingir no máximo de 0,2%. Os produtos gerados são areias de diversas faixas granulométricas e cascalho e destinam-se principalmente para a indústria de vidro e fundição.

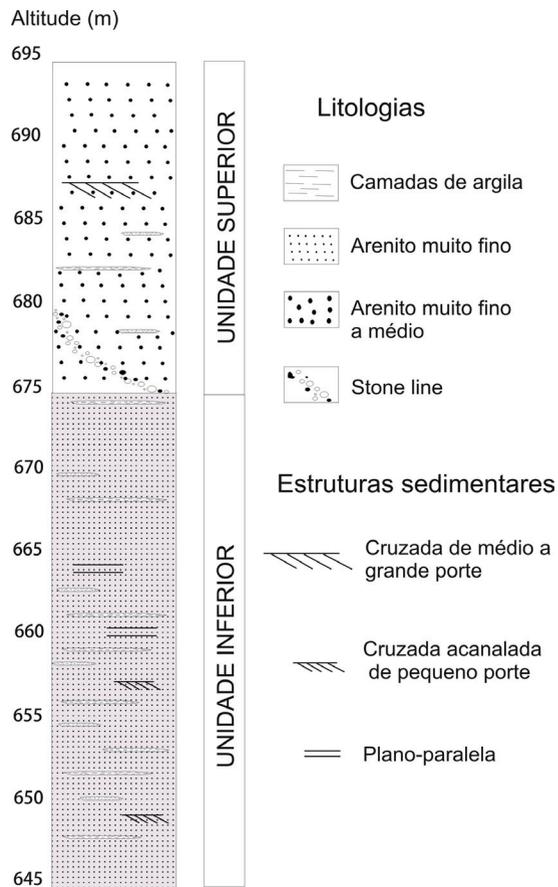


FIGURA 1 - Coluna litológica simplificada de uma mineração de areia industrial da Formação Pirambóia.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A integração dos materiais e métodos utilizados estão ilustrados na figura 2.

3.1 Amostragem

Foram coletadas um total de quinze amostras, sendo seis do tanque de decantação e nove dos espessadores. As amostras dos tanques de de-

cantação foram coletadas com trados especiais em três pontos distintos, sempre duas em cada ponto: uma na porção de 0 a 2 metros de profundidade e outra de 2 a 4 metros. Destaca-se que a variabilidade entre as amostras coletadas nestas duas profundidades é pequena, contudo existe uma variação muito significativa entre os três pontos de amostragem, o que certamente implicará na forma de extração do tanque, em caso de reaproveitamento do material.

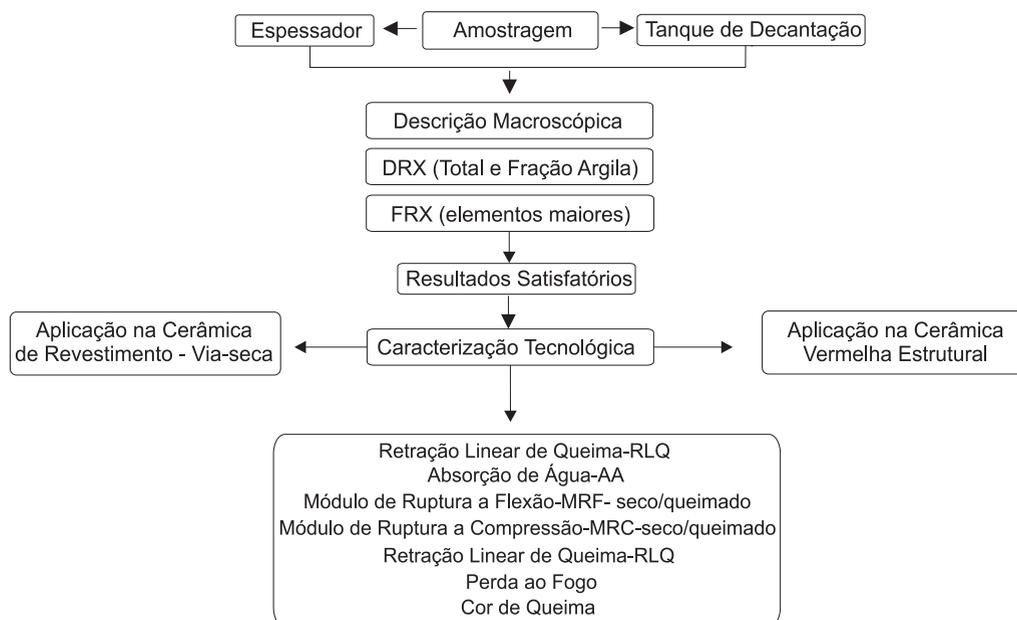


FIGURA 2 - Integração dos materiais e métodos.

Nos espessadores, as amostras foram coletadas nas duas saídas, com intervalo de tempo entre 24 horas, sendo selecionadas nove amostras para análise. O número de amostras justifica-se pela necessidade de verificar a existência de variações no material. No caso do material em fluxo atual, seriam variações em pequena escala de tempo; já no tanque seriam variações em grande escala, evidenciadas, por exemplo, pela presença de camadas com características diferentes. Além da amostragem para as análises químicas, foi coletado um total de 50 kg para realização dos testes de cerâmica estrutural.

3.2 Caracterização química, mineralógica e ensaios cerâmicos

A análise química dos rejeitos restringiu-se a identificação e determinação quantitativa dos elementos maiores por fluorescência de raios X,

utilizando-se o aparelho Philips PW 2510 do Departamento de Petrologia e Metalogenia do campus da UNESP, Rio Claro.

Para a identificação das fases mineralógicas presentes utilizou-se o difratômetro *Siemens D5000* (velocidade de goniômetro de 3° (2θ)/min e tubo de cromo) do Departamento de Petrologia e Metalogenia do campus da UNESP, Rio Claro. As interpretações dos gráficos foram baseadas em THIRY (1974) e BROW & BRINDLEY (1980). As amostras foram analisadas na sua constituição total e na fração menor que 2 micra.

As amostras também foram caracterizadas visando aplicação na indústria cerâmica para os segmentos de revestimento, pelo processo via seco, e de cerâmica estrutural para confecção de blocos.

Para a aplicação na indústria cerâmica pelo processo via seco, as amostras foram prensadas após os tratamentos de moagem e peneiramento. O

comportamento cerâmico dos corpos de prova foi avaliado a partir de queima em forno de laboratório no período de 4 horas na temperatura de 1080 °C e de queima em forno industrial com ciclo de 37 minutos e pico de temperatura a 1140° C. Foram testadas duas composições com uma massa básica utilizada em uma empresa cerâmica da região para que fossem obtidos dois parâmetros de referência:

uma com 10% do material (mistura S1) e outra com 25% (mistura S2).

Os resultados obtidos foram classificados segundo grupos de Absorção de Água (AA), que devem apresentar os seguintes parâmetros mínimos: AA entre 6 a 10% e MRF (Módulo de Ruptura à Flexão) com média \geq 18MPa e mínimo individual $>$ 16 MPA (Tabela 1).

TABELA 1 - Classificação dos grupos cerâmicos de revestimentos segundo ABS (Grupo de Absorção de Água) aplicadas às peças de dimensão 2x7cm (ABNT 1997 a).

| <i>absorção de água</i> | <i>Grupo de ABS</i> | <i>Módulo de ruptura</i> | <i>denominação atual</i> |
|-------------------------|---------------------|-----------------------------|--------------------------|
| 0-0,5 % | Bla | 350-500 Kgf/cm ² | porcelana |
| 0,5-3% | B1b | 300-450 Kgf/cm ² | grés |
| 3-6% | BIIa | 320-350 Kgf/cm ² | Baixa ABS |
| 6-10% | BIIb | 180-300 Kgf/cm ² | semi-poroso |
| 10-20% | BIII | 150-200 Kgf/cm ² | poroso |

Para realização dos testes de cerâmica estrutural, as amostras foram secas ao ar livre até atingirem aproximadamente 10% de umidade. Após secas, as amostras foram extrudadas em maromba de laboratório, onde foram confeccionados corpos de prova, queimados em laboratório em três temperaturas (820°C, 850°C e 900°C). Os testes obedeceram as seguintes especificações para aplicação como tijolos furados: Absorção de água $<$ 25% e resistência à compressão $>$ 5,5% (ABNT 1997b).

As propriedades tecnológicas foram determinadas a partir dos ensaios de resistência à flexão, resistência à compressão, absorção de água, retração linear de queima, cor de queima e perda ao fogo. Estes ensaios seguiram as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT 1997a, b)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização química e mineralógica

As amostras dos espessadores apresentaram características homogêneas com coloração marrom amarelado, plasticidade alta a muito alta e granulometria fina. Já as amostras dos tanques de decantação apresentaram-se mais heterogêneas, plasticidade moderada, coloração marrom escuro e granulometria média a fina.

Os resultados das análises químicas por fluorescência de raios X (Tabela 2) indicaram que as amostras dos espessadores são mais homogêneas que as do tanque de decantação, pelo menos dentro do intervalo de amostragem adotado, apresentando pequenas variações que não devem influenciar decisivamente em seu aproveitamento. Sua compo-

sição química pode ser definida como sílico-alumínica, com maior quantidade de alumina e menor de sílica em relação às amostras dos tanques; destaca-se também a maior quantidade de óxidos de ferro, em sua maior parte na forma coloidal, e a pequena quantidade de fundentes, não ultrapassando 1%.

Verificou-se ainda nos rejeitos dos espessadores uma leve variação na composição química dos óxidos maiores, de 36 a 37% para o SiO₂, de 13,29 a 13,82% Fe₂O₃ e 31 a 32% para o Al₂O₃, evidenciando uma grande homogeneidade nestes materiais. Os demais elementos ocorrem em quantidades pequenas, em geral não ultrapassando 1%, com exceção do óxido de titânio, em torno de 1,7%.

Nas amostras do tanque de decantação, face à maior heterogeneidade dos materiais devido aos processos de beneficiamento, observou-se uma variação maior dos elementos, sendo o SiO₂ o predominante com variação de 48,40% a 81,63%, seguido do Al₂O₃ e do Fe₂O₃. Os valores de Na₂O e K₂O, considerados elementos fundentes, são baixos, tanto nas amostras do tanque de decantação como dos espessadores, não sendo favoráveis para a diminuição do ponto de fusão.

As análises mineralógicas das amostras coletadas nos espessadores e no tanque de decantação mostraram características refratárias, com predomínio da caulinita, seguido da illita e montmorilonita. Em relação aos minerais identificados, o quartzo é predominante, estando também presente a hematita em uma das amostras analisadas (Figura 3). Ressalta-se que parte da alumina presente deve estar na forma coloidal, assim como a maioria do óxido de ferro.

TABELA 2 - Análise química dos elementos maiores. (Tan = amostras do tanque de decantação e Esp = amostras dos espessadores). Obs.: a = 0-2 metros de profundidade e b = 2-4 metros de profundidade.

| Óxidos maiores em % | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------|-------------------|------------------|-------------------------------|-------|-------|
| | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | MnO | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | P ₂ O ₅ | LOI | Soma |
| <i>Amostras do Tanque de Decantação</i> | | | | | | | | | | | | |
| Tan1a | 71,27 | 0,80 | 14,25 | 5,51 | 0,03 | 0,19 | 0,06 | 0,12 | 0,20 | 0,11 | 7,14 | 99,6 |
| Tan1b | 61,93 | 1,09 | 19,49 | 7,66 | 0,03 | 0,16 | 0,06 | 0,12 | 0,21 | 0,15 | 9,40 | 100,3 |
| Tan2a | 75,60 | 0,91 | 11,54 | 4,78 | 0,04 | 0,22 | 0,06 | 0,14 | 0,24 | 0,09 | 6,08 | 99,7 |
| Tan2b | 81,63 | 0,80 | 9,49 | 3,95 | 0,04 | 0,26 | 0,06 | 0,14 | 0,28 | 0,07 | 3,78 | 100,4 |
| Tan3a | 50,90 | 1,45 | 26,45 | 9,21 | 0,05 | 0,23 | 0,06 | 0,12 | 0,53 | 0,18 | 10,55 | 99,7 |
| Tan3b | 48,40 | 1,57 | 27,85 | 10,63 | 0,05 | 0,17 | 0,06 | 0,12 | 0,36 | 0,21 | 9,97 | 99,3 |
| <i>Amostras dos Espessadores</i> | | | | | | | | | | | | |
| EspA1 | 36,42 | 1,80 | 32,19 | 13,45 | 0,06 | 0,10 | 0,06 | 0,15 | 0,26 | 0,27 | 15,01 | 99,7 |
| EspA2 | 36,33 | 1,78 | 31,88 | 13,29 | 0,06 | 0,09 | 0,06 | 0,14 | 0,26 | 0,26 | 15,01 | 99,1 |
| EspA3 | 36,34 | 1,75 | 31,94 | 13,32 | 0,06 | 0,10 | 0,06 | 0,14 | 0,28 | 0,26 | 15,46 | 99,7 |
| EspA4 | 36,31 | 1,79 | 31,95 | 13,43 | 0,06 | 0,10 | 0,07 | 0,16 | 0,29 | 0,27 | 15,28 | 99,7 |
| EspA5 | 37,21 | 1,75 | 31,73 | 13,50 | 0,06 | 0,11 | 0,06 | 0,15 | 0,34 | 0,26 | 14,78 | 99,9 |
| EspA6 | 37,05 | 1,73 | 31,73 | 13,36 | 0,06 | 0,15 | 0,06 | 0,15 | 0,39 | 0,26 | 14,60 | 99,5 |
| EspA7 | 36,44 | 1,73 | 31,30 | 13,52 | 0,06 | 0,11 | 0,07 | 0,15 | 0,29 | 0,25 | 16,36 | 100,2 |
| EspA8 | 36,90 | 1,77 | 31,96 | 13,82 | 0,06 | 0,08 | 0,06 | 0,16 | 0,26 | 0,25 | 14,97 | 100,2 |
| EspA9 | 36,79 | 1,75 | 31,48 | 13,78 | 0,06 | 0,10 | 0,08 | 0,16 | 0,25 | 0,26 | 15,54 | 100,2 |

4.2 Aplicação na indústria cerâmica

A escolha da aplicação dos rejeitos na indústria cerâmica de revestimento e estrutural baseou-se nos resultados das análises químicas e mineralógicas. As amostras do tanque de decantação foram selecionadas apenas para aplicação na indústria cerâmica de revestimento pelo processo via seco pela sua maior heterogeneidade química e mineralógica. Já as amostras dos espessadores foram aplicadas apenas na cerâmica estrutural pela sua elevada plasticidade e homogeneidade.

Os resultados das análises químicas e mineralógicas mostraram que o material do tanque de decantação não pode ser utilizado como matéria prima única na produção de revestimentos cerâmicos

por apresentar baixa porcentagem de elementos fundentes (Na₂O, K₂O, CaO e MgO) e excesso de elementos refratários (SiO₂ e Al₂O₃). No entanto, uma porcentagem desse material pode ser adicionada à massa cerâmica.

Foram testadas duas composições com a massa básica para obtenção de dois parâmetros de referência: uma com 10% do material (mistura S1) e outra com 25% (mistura S2).

As tabelas 3 e 4 mostram o comportamento cerâmico dos corpos de prova, obtido a partir de queima em forno de laboratório no período de 4 horas na temperatura de 1080 °C e queima em forno industrial com ciclo de 37 minutos e pico de temperatura a 1140 °C.

TABELA 3 - Resultado cerâmico com aplicação no processo via-seco utilizando amostras do tanque de decantação: queima de 4 horas em forno de laboratório a 1080° C.. AA = absorção de água e MRF = módulo de ruptura a flexão.

| Corpo de prova n° | AA (%) | MRF (MPa) queimado | Corpo de prova n° | AA (%) | MRF (MPa) queimado |
|-------------------|-------------|-----------------------|-------------------|--------------|-----------------------|
| <i>Mistura S1</i> | | | <i>Mistura S2</i> | | |
| 1 | 10,38 | 16,07 | 1 | 17,48 | 13,57 |
| 2 | 8,64 | 16,11 | 2 | 13,72 | 13,54 |
| 3 | 8,06 | 17,71 | 3 | 11,71 | 11,90 |
| 4 | 8,12 | 18,20 | 4 | 11,78 | 12,59 |
| 5 | 8,11 | 20,66 | 5 | 11,79 | 10,75 |
| 6 | 8,96 | 19,47 | 6 | 12,67 | 08,04 |
| <i>Média</i> | <i>8,71</i> | <i>18,04</i> | <i>Média</i> | <i>13,19</i> | <i>11,73</i> |

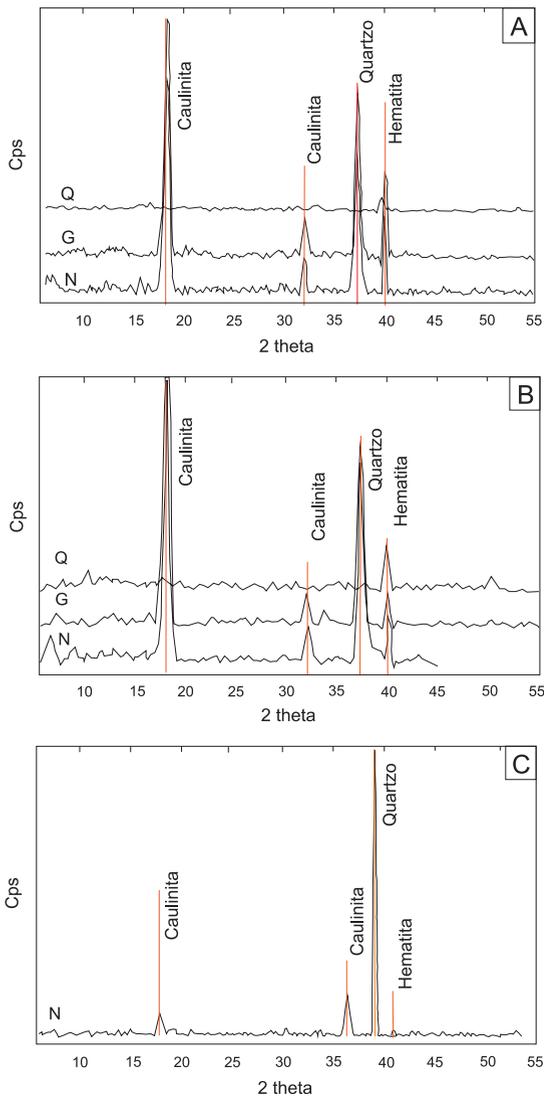


FIGURA 3 - Difração de raios X (fração argila). Obs. (A) Espessador 1, (B) Espessador 2 e (C) Tanques de decantação. N=natural, G=tratada com etilenoglicol e Q=queimada. Obs. Cps = contagem/segundo.

Entre os ensaios realizados, observou-se que apenas a mistura S1, quando queimada em forno de laboratório a 1080°C, apresentou resultados dentro da norma, salvo para a absorção de água do corpo de prova de número 1, o que deve ter ocorrido em função de sua posição no forno (Tabelas 3 e 4). Já os demais resultados mostraram valores inadequados em relação às normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT 1997a, Tabela 1).

Os resultados inadequados obtidos em condições de queima industrial justificam-se pelo tamanho dos corpos de prova que, por serem pequenos,

necessitariam ser queimados em uma bandeja refratária. Esta bandeja é um recurso normalmente utilizado para queimar corpos de prova em forno industrial, mas atrapalha o fluxo de calor e impede que a peça seja queimada adequadamente. Mesmo assim o ensaio é feito para obter-se um primeiro parâmetro de referência.

Um teste industrial completo, com peças em tamanho real, dispensa a bandeja refratária e poderá confirmar os testes de laboratório, uma vez que já estão calibrados e aferidos para simular as condições industriais da melhor maneira possível.

Os resultados dos testes de cerâmica estrutural com o rejeito dos espessadores mostraram valores de absorção de água muito próximos da norma, com valores médios de 26,74% para a temperatura de 820°C, de 26,63% para a temperatura de 850°C e de 26,18% para a temperatura de 900°C. Porém, os valores de resistência a compressão ficaram abaixo dos valores aceitáveis (ABNT 1997b), sendo de 3,21 MPa na temperatura de 820°C, de 3,20 MPa para 850°C e de 3,21 MPa para 900°C (Tabela 5).

De um modo geral, as propriedades cerâmicas melhoram com o aumento da temperatura. A realização de futuros testes utilizando aditivos fundentes nas argilas dos espessadores devem melhorar os resultados cerâmicos. Já a cor de queima obtida, com tonalidade laranja avermelhado uniforme, representa uma importante característica comercial, caso o produto venha a ser comercializado.

5 CONCLUSÕES

As análises químicas comprovaram os resultados da análise mineralógica, onde o elemento SiO₂ predomina nos tanques de decantação, chegando a valores de até 81,63%. Já a composição química dos rejeitos dos espessadores mostraram-se muito homogêneas com predomínio do SiO₂ (36 a 37%) e do Al₂O₃ (31 a 32%).

Na aplicação na indústria cerâmica por via seco, os resultados obtidos com os rejeitos dos tanques de decantação ficaram dentro das normas técnicas para a mistura S1 (queimada em forno de laboratório a 1080°C), em condições que simulam as condições industriais. Recomenda-se assim um teste industrial completo na proporção da mistura S1. Já nas outras condições de queima e de formulações os resultados obtidos ficaram abaixo dos resultados estabelecidos pela norma ABNT (1997b).

Os testes para a produção de blocos estruturais indicaram que as amostras dos espessadores

têm características bastante promissoras, tanto para uso como matéria-prima única em certos tipos de produtos, quanto para utilização como aditivo em diferentes processos industriais cerâmicos, desde que delimitadas as proporções mais adequadas. Os resultados obtidos na produção de blocos mostraram-se dentro das normas quanto à absorção de água e próximos quanto à resistência à compres-

TABELA 4 - Resultado cerâmico com aplicação no processo via-seco utilizando amostras do tanque de decantação: queima em forno industrial com ciclo de 37 minutos e pico de temperatura a 1140° C.. AA = absorção de água e MRF = módulo de ruptura a flexão.

| <i>Corpo de prova n^o</i> | <i>AA (%)</i> | <i>MRF (MPa) queimado</i> | <i>Corpo de prova n^o</i> | <i>AA (%)</i> | <i>MRF (MPa) queimado</i> |
|-------------------------------------|---------------|-------------------------------|-------------------------------------|---------------|-------------------------------|
| <i>Mistura S1</i> | | | <i>Mistura S2</i> | | |
| 1 | 17,71 | 9,39 | 1 | 18,35 | 7,43 |
| 2 | 17,64 | 9,07 | 4 | 18,34 | 8,04 |
| 3 | 17,37 | 9,54 | 5 | 18,95 | 8,41 |
| 4 | 17,16 | 9,34 | 6 | 19,13 | 8,39 |
| 5 | 16,49 | 8,91 | 7 | 18,66 | 7,66 |
| 8 | 18,08 | 7,49 | <i>Média</i> | <i>18,69</i> | <i>7,99</i> |
| 9 | 17,48 | 7,43 | | | |
| 10 | 18,47 | 7,75 | | | |
| 11 | 19,13 | 7,58 | | | |
| <i>Média</i> | <i>17,73</i> | <i>8,50</i> | | | |

TABELA 5 – Resultados cerâmicos dos corpos de prova para teste em cerâmica estrutural (blocos) utilizando amostras dos espessadores. AA = Absorção de água, MRF = Módulo de Ruptura a Flexão, PA = Porosidade Aparente e RLQ = Retração Linear de Queima.

| <i>Temperatura Queima</i> | <i>Corpo de prova n^o</i> | <i>AA (%)</i> | <i>MRF (MPa)</i> | <i>PA (%)</i> | <i>RLQ (%)</i> | <i>Cor de queima</i> |
|-------------------------------|---|---------------|------------------|---------------|----------------|----------------------|
| 820 ° C | 07 | 27,61 | 2,54 | 43,93 | 0,75 | Laranja avermelhado |
| | 08 | ----- | 2,36 | 43,30 | 1,51 | Laranja avermelhado |
| | 09 | 26,53 | 2,72 | 42,76 | 1,47 | Laranja avermelhado |
| | 10 | 25,88 | 3,84 | 40,00 | 2,89 | Laranja avermelhado |
| | 11 | 27,18 | ----- | ----- | ----- | Laranja avermelhado |
| | 12 | 26,92 | 3,79 | 40,65 | 3,03 | Laranja avermelhado |
| | 13 | 27,18 | 2,61 | 42,85 | 1,51 | Laranja avermelhado |
| | <i>Média</i> | <i>26,74</i> | <i>3,20</i> | <i>41,75</i> | <i>2,27</i> | |
| 850 ° C | 14 | 27,87 | 4,03 | 43,15 | 1,51 | Laranja avermelhado |
| | 15 | 26,17 | ----- | 42,05 | 2,98 | Laranja avermelhado |
| | 16 | 27,23 | 3,50 | 43,79 | 2,94 | Laranja avermelhado |
| | 17 | 26,56 | 2,30 | 42,92 | 2,89 | Laranja avermelhado |
| | 18 | 25,90 | 4,03 | 42,15 | 2,98 | Laranja avermelhado |
| | 19 | 26,85 | 2,69 | 43,33 | 2,98 | Laranja avermelhado |
| | 20 | 25,86 | 2,69 | 42,13 | 2,89 | Laranja avermelhado |
| | <i>Média</i> | <i>26,63</i> | <i>3,21</i> | <i>42,79</i> | <i>2,74</i> | |
| 900 ° C | 21 | 25,73 | 3,26 | 41,79 | 2,89 | Laranja avermelhado |
| | 22 | 26,26 | 2,12 | 43,51 | 3,64 | Laranja avermelhado |
| | 23 | ----- | ----- | ----- | ----- | Laranja avermelhado |
| | 24 | 25,68 | 4,40 | 43,25 | 2,89 | Laranja avermelhado |
| | 25 | 26,58 | 2,85 | 43,12 | 3,64 | Laranja avermelhado |
| | 26 | 27,13 | 3,48 | 43,19 | 2,94 | Laranja avermelhado |
| | 27 | 25,68 | 3,17 | 30,65 | 4,41 | Laranja avermelhado |
| | <i>Média</i> | <i>26,18</i> | <i>3,21</i> | <i>40,92</i> | <i>3,40</i> | |

são. Sua cor de queima atrativa e sua aparência visual homogênea são pontos favoráveis; sugerem-se testes industriais com adição de alguns aditivos fundentes para melhora das propriedades físicas, em especial a resistência à compressão, com o intuito de enquadrar-se dentro das normas técnicas.

Ressalta-se que outras aplicações específicas, como pigmento ou corante, ou como aditivo na indústria de cimento devem ser estudadas.

Conclui-se que o reaproveitamento de rejeitos provenientes da mineração de areia industrial contribui de maneira significativa na redução dos impactos ambientais gerados por esta atividade, podendo em certos casos, tornarem subprodutos de grande importância de alguns segmentos industriais, contribuindo assim para o desenvolvimento da mineração sustentavelmente correta.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1997a. NBR 13818. Placas cerâmicas para revestimentos, especificações e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 79p.
- ABNT -ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- 1997b. NBR 15.270-2/05 - Componentes cerâmicos. Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação - Terminologia e requisitos, Rio de Janeiro.
- BROW, G. & BRINDLEY, G.W. 1980. X Ray diffraction procedures for clay mineral identification. In: G. BRINDLEY & E. BROWN (Ed.) Crystal structures of Clay minerals and their X-ray identification. London, Mineralogical Society, Mineralogical Society Monograph, 51, p. 305-360.
- CUCHIERATO, G. 2000. Caracterização tecnológica de resíduos da mineração de agregados da RMS, visando seu aproveitamento econômico. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Dissertação de Mestrado, 201p.
- FERREIRA, G. C. 1995. Estudo dos mercados produtor e consumidor de areia industrial no Estado de São Paulo. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, Tese de Doutorado, 142p.
- FERREIRA, G. C. & DAITX, C. 2003. A mineração de areia industrial na região Sul do Brasil. *Revista da Escola de Minas*, 56 (1): 59-65.
- FREIRE, A.S. & MOTTA, J.F. 1995. Potencialidades para aproveitamento econômico do rejeito da serragem do granito. *Rochas de Qualidade*, 16(123): 98-108.
- MENEZES, R.R.; FERREIRA, H.S.; NEVES, G.A., 2005. Use of Granite Sawing Wastes in the Production of Ceramic Bricks and Tiles. *Journal of the European Ceramic Society*, (25):1149-1158.
- MENEZES, R. R.; NEVES, G.A.; FERREIRA, H. C. 2002. O Estado da Arte sobre o uso de resíduos como matérias-primas Cerâmicas Alternativas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 6(2): 303-313.
- NEVES, G.A. 2002. Reciclagem de resíduos da serragem de granito para uso como matéria-prima cerâmica. Universidade Federal de Pernambuco, Campina Grande, Tese de Doutorado, 252 p.
- RAIGON, P.M.; GARCIA, R.G.; SANCHEZ, S.P.J. 1996. Characterization of waste washing solid product of mining granitic tinbearing sands and its application as ceramic raw material. *Resources, Conservation and Recycling*, 17(2): 100-124.
- SOARES, P.C. & LANDIM, P. M. B. 1973. Aspectos regionais da estratigrafia da Bacia do Paraná no seu flanco nordeste. In: SBG, CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 27, Aracajú, *Anais*, 1: 243-256.
- TANDEL, R. Y. 1994. Caracterização do Arenito Pirambóia da Fazenda São João em Analândia-SP e sua utilização industrial. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo Dissertação de Mestrado, 97p.
- THIRY, M. 1974. Technique de préparation des minéraux argileux en vue de l'analyse aux rayons x. Strasbourg, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre de Sedimentologie et Géochimie de La Surface, France, p.25.

Endereços dos autores:

Sergio Ricardo Christofoletti – FEENA/Instituto Florestal, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, Avenida Navarro de Andrade S/N, CEP: 13500-970, Rio Claro, SP. E-mail: sergioricardoc@gmail.com

Marcos Roberto Masson – Geocat-Geologia, Caracterização e Meio Ambiente Ltda., Rua 8, 3028, Santa Cruz, Rio Claro, SP. E-mail: masson@claretianas.com.br