

ANÁLISE DO DESEMPENHO DE DIFERENTES ARGILAS NO REAPROVEITAMENTO DO LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA.

B.E.D.B.S.Martins; L.Yokoyama; V.C.Almeida.

Centro de Tecnologia, Escola de Química, Bloco E sala 206

Ilha do Fundão – CEP 21949 -900 E-mail: valeria@eq.ufrj.br

Universidade Federal do Rio de Janeiro

RESUMO

A indústria cerâmica é um setor com enorme potencial para absorver resíduos poluentes. O objetivo principal deste trabalho foi investigar a influência da natureza das argilas no reaproveitamento de um lodo (ETA) pelas propriedades físicas e mecânicas de queima de uma massa cerâmica produzida. Foram preparadas composições com diferentes percentuais de lodo pelo método de conformação por prensagem e queimados a 900 °C, 1100°C e 1200 °C. Os corpos de prova foram submetidos a ensaios de retração linear, de absorção de água, porosidade aparente e de tensão de ruptura à flexão. Foram caracterizados pelas técnicas de fluorescência de Raios X, difração de Raios X e microscopia eletrônica de varredura. Os resultados revelam que a natureza das argilas não altera a maneira como o lodo interfere nas propriedades mecânicas do produto cerâmico produzido.

Palavras-chave: cerâmica, lodo ETA, argila.

INTRODUÇÃO

A argila é um material proveniente da decomposição, durante milhões de anos, das rochas feldspáticas, muito abundantes na crosta terrestre. O mineral básico das argilas é a caulinita.

Entre os diversos tipos de argilas destaca-se a argila vermelha com alto teor de ferro resistem a temperaturas de até 1100°C, porém fundem em uma temperatura maior e podem ser utilizadas com vidrados para grês.

Além das argilas existem massas ou pastas cerâmicas que são produzidas a partir da mistura de duas ou mais argilas que misturadas irão adquirir uma característica própria. Entre as massas cerâmicas destaca-se a terracota ou argila vermelha - popularmente conhecida como barro. Apresentam grande plasticidade e em sua composição entram uma ou mais variedades de argilas. São produzidas sem tanta preocupação com seu estado de pureza, quando queimadas no máximo até 1100°C adquirem colorações que vão do creme aos tons avermelhados, o que mostra o maior ou menor grau da porcentagem de óxido de ferro.

O “lodo” é uma denominação genérica para o resíduo sólido gerado pelos sistemas de tratamento de água e de esgotos. Trata-se de um material heterogêneo, cuja composição depende do tipo de tratamento utilizado. Segundo Padilha (2011) o modelo para tratamento de água mais aplicado no Brasil é o de ciclo completo, que engloba as etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção.

A constituição dos lodos de ETA é basicamente de partículas argilosas, siltosas, arenosas e, também de matéria orgânica, que são materiais encontrados nas argilas que se constituem nas principais matérias-primas para a cerâmica vermelha (UENO, 2006, Padilha 2011). Trabalhos indicam que a incorporação de lodos de ETA deve ser realizada em pequenas quantidades para não prejudicar as propriedades físicas e mecânicas da cerâmica queimada.

Os lodos de ETA são classificados, segundo a NBR 10004/2004, como resíduos sólidos – Classe II A – não inertes e, portanto, devem ser tratados e dispostos dentro dos critérios estabelecidos pela legislação vigente. As características dos lodos gerados nas ETAs variam em função das condições apresentadas pela água bruta, pelo tipo e quantidade de produtos químicos utilizados, bem como a forma de limpeza dos decantadores.

O lodo de ETA apresenta um percentual de aproximadamente 80% de água e deve ser seco em leitos próprios a fim de reduzir seu volume. A qualidade da água a ser tratada e os produtos químicos utilizados na fase de coagulação e floculação nas ETA's podem alterar as características do resíduo gerado, contudo, após a secagem

este lodo apresenta uma composição rica em argilominerais, se assemelhando com algumas propriedades das argilas utilizadas na fabricação de corpos cerâmicos (Oliveira, 2008).

O trabalho tem como objetivo analisar os meios pelo qual se pode transformar o lodo de resíduo em recurso tanto para o setor ceramista como para as indústrias de abastecimento de água, tendo como resultado imediato o cuidado com o meio ambiente e o aproveitamento econômico que se faz necessário à referida incorporação.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados no presente trabalho foram argila e o lodo gerado numa estação de tratamento de água do Estado do Rio de Janeiro.

A caracterização dos materiais foi realizada empregando-se as técnicas de fluorescência de Raios-X (FRX), difração de Raios-X (DRX) e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

Estabeleceu-se, que para as misturas a serem preparadas, as quantidades de lodo utilizadas foram de 10%, 20% e 30% e de uma mistura com 100% de argila em relação à massa de bloco cerâmico empregada no preparo dos corpos de prova (20 gramas).

As misturas então preparadas formaram massas cerâmicas, as quais foram conformadas através de compactação (prensagem) em uma matriz retangular de aço inox (60 mm X 20 mm X 5 mm) sob uma pressão de 220 kgf/cm², conforme aplicado no IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas (SANTOS, 1989).

Os corpos de prova recém preparados foram colocados para secar em estufa à temperatura de 40 ± 5 °C por vinte e quatro horas para perda de umidade. As dimensões (L_i, C_i e E_i – largura, comprimento e espessura iniciais) foram determinadas através de um paquímetro digital. Em seguida os corpos de prova foram colocados dentro de um forno elétrico para serem calcinados nas temperaturas de 900, 1000 e 1100 °C durante o tempo de duas horas. Os corpos de prova foram submetidos aos ensaios tecnológicos de retração linear, absorção de água, porosidade aparente e tensão de ruptura à flexão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra o resultado da análise de Fluorescência de Raios X das argilas e da massa bruta do lodo da ETA utilizada neste trabalho.

Tabela 1: Composição química elementar

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	SO ₃	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO
Argila (Terracota) (AT) %peso	63,85	25,07	-	2,69	-	6,21	0,90	1,05
Argila (A) %peso	62,75	24,75	-	3,50	-	6,81	0,85	1,13
Lodo (SA) da ETA % peso	43,30	33,62	2,02	0,88	0,15	18,81	0,71	-

Os dados da Tabela 1 mostram que o lodo desta ETA é constituído principalmente de sílica, alumínio e ferro, proveniente do sulfato de alumínio ferroso utilizado na etapa de coagulação do tratamento da água bruta.

A análise por difração de Raios-X das argilas utilizadas pode ser observada na Figura 1.

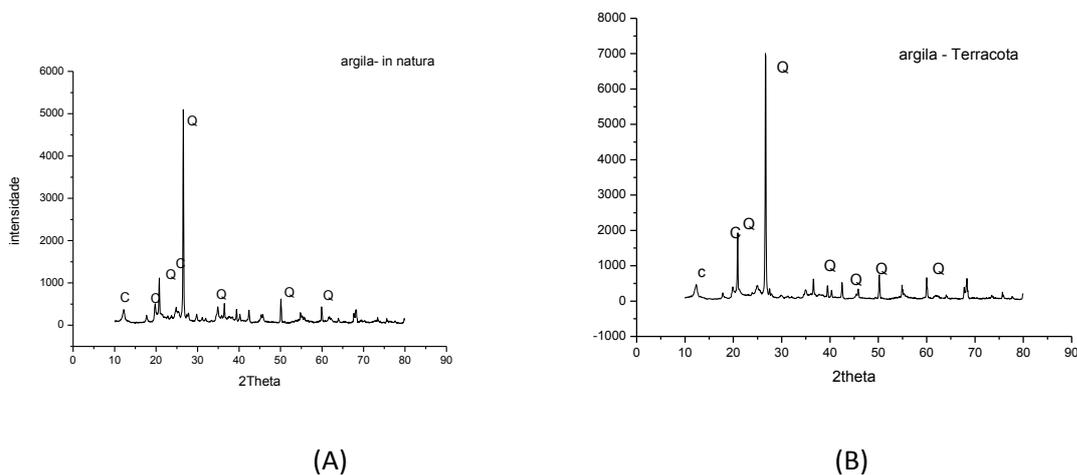


Figura 1-(A) Difratoograma da argila terracota; (B) difratoograma da argila

A partir da análise do difratoograma (A e B) foi possível identificar em ambas as argilas Caulinita ($Al_2Si_2O_5(OH)_4$) – JCPDS 29-1488 e Quartzo (SiO_2) – JCPDS – 46-1045; minerais característicos das argilas empregadas na indústria de cerâmica vermelha.

A Figura 2 apresenta a análise de Difração de Raios X do lodo utilizado no presente trabalho.

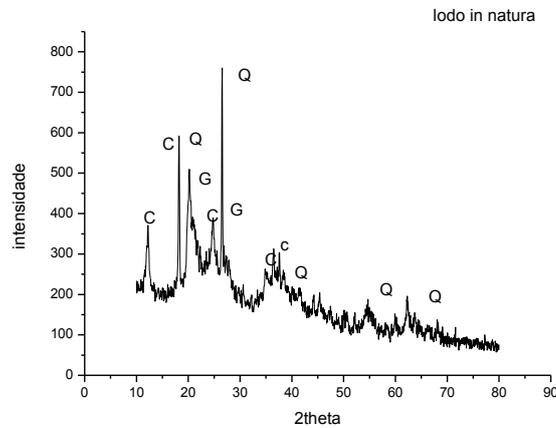


Figura 2- Difratoograma do lodo (SA).

Para o lodo, as fases minerais identificadas foram: Quartzo (SiO_2) JCPDS 46-1045, Caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) JCPDS 29-1488, Gibsitita $\text{Al}(\text{OH})_3$ JCPDS 33-0018. A presença destes elementos é justificada pela própria composição da água, a qual contém materiais em suspensão, tais como areia e materiais argilosos. O quartzo e a caulinita podem favorecer ao processo de conformação, pelo aumento da plasticidade, mas o excesso da gibsitita pode acarretar a quebra da peça durante a secagem, pois tem grande capacidade de retenção de água, causando com isso o aparecimento de micro trincas no corpo verde.

A análise micro estrutural da argila está ilustrada na Figura 3.

A fotomicrografia da argila (A) pode ser vista na Figura 4

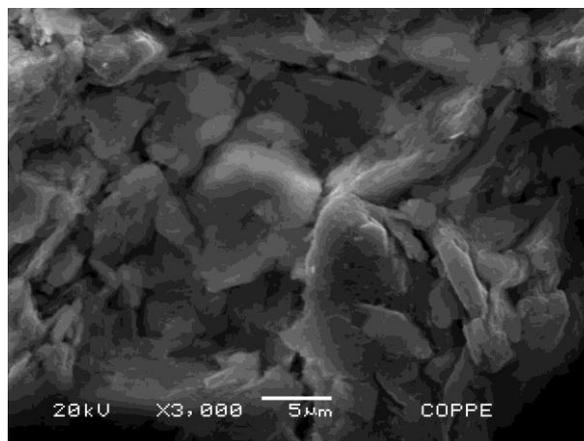


Figura 3 Fotomicrografia da argila 5000x

De acordo com a Figura 3, pode-se observar que a argila possui características de um material denso, heterogêneo e de formato irregular.

A análise micro estrutural da terracota está ilustrada na Figura 4.

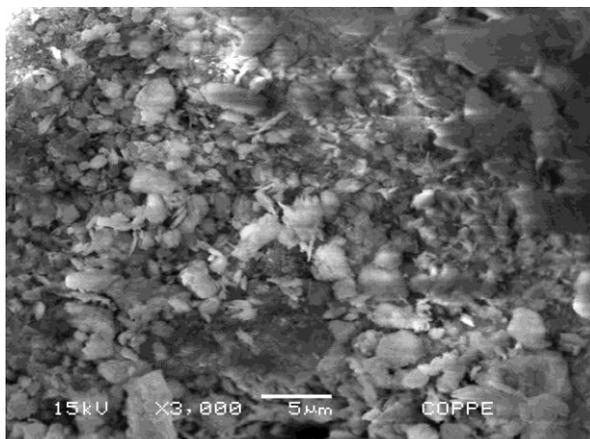


Figura 4 Fotomicrografia da argila 3000x

De acordo com a Figura 4, pode-se observar que a argila possui características de um material denso, heterogêneo e de formato irregular. Observa-se os cristais pseudo hexagonais da caulinita

A fotomicrografia do lodo (SA) pode ser vista na Figura 5.

Na fotomicrografia é possível observar uma superfície bastante homogênea de aspecto denso.

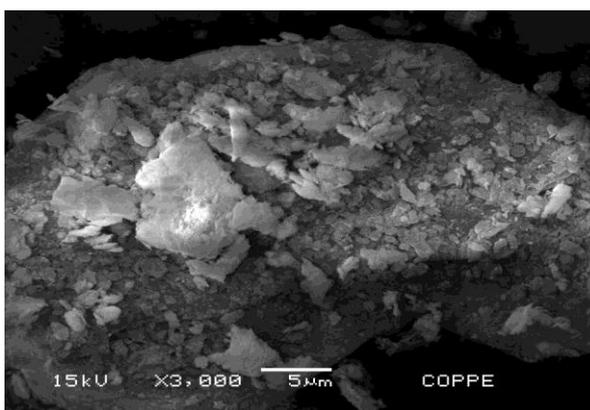


Figura 5 – Fotomicrografia do lodo (SA) – 3000x.

Caracterização física e mecânica dos corpos de prova cerâmicos

Foram definidas 8 composições para a confecção dos corpos de prova e identificados com as letras: A 100% (argila), 90%A-10%LCSA (90% de argila +10% de lodo), 80%A-20%LCSA (80% de argila+20% de lodo), T 100% (argila terracota), 90%T-10%LCSA (90% de argila +10% de lodo),), 80%T-20%LCSA (80% de argila+20% de lodo

Os corpos de prova com os diferentes de lodo foram calcinados nas temperaturas de 900 °C, 1000 °C e 1100 °C e os valores das propriedades físicas e mecânicas encontradas estão dispostos a seguir:

- Absorção de água

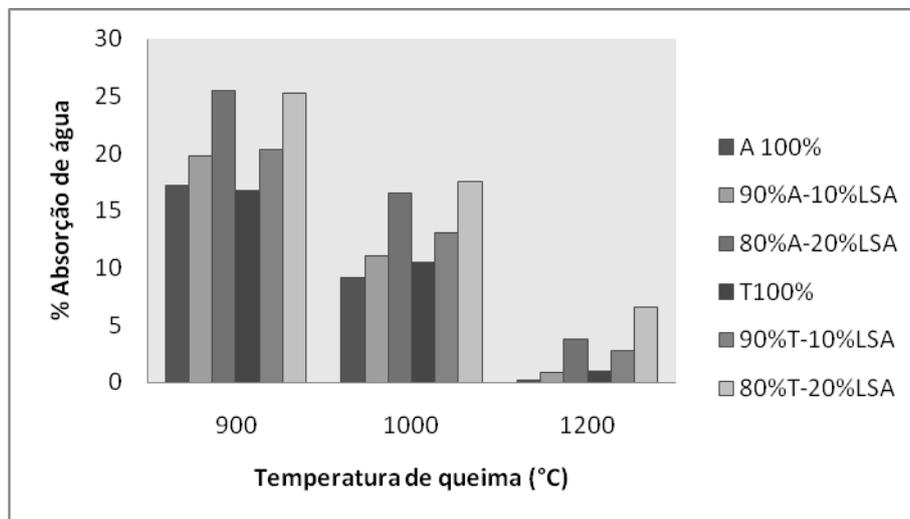


Figura 6: Absorção de água em função das temperaturas de queima.

A Figura 6 apresenta o comportamento de absorção de água dos corpos de prova para as diferentes composições analisadas. Observa-se que à medida que se o teor de lodo aumenta na mistura ocorre um acréscimo no percentual de absorção de água nas faixas de temperaturas pesquisadas. Verifica-se também, que à medida que aumenta a temperatura de queima do corpo cerâmico, o percentual de absorção de água decresce. O menor percentual de absorção de água corresponde à composição formada por 10% de lodo na faixa de temperatura de 1200 °C.

Quando materiais à base de argilas são aquecidos nessa faixa temperatura podem ocorrer algumas reações complexas e intrincadas. Uma dessas reações é a vitrificação que consiste na formação gradual de um vidro líquido que flui para o interior e preenche parte do volume dos poros. O grau de vitrificação depende da temperatura e do tempo de queima, assim como da composição da massa cerâmica.

- Porosidade aparente

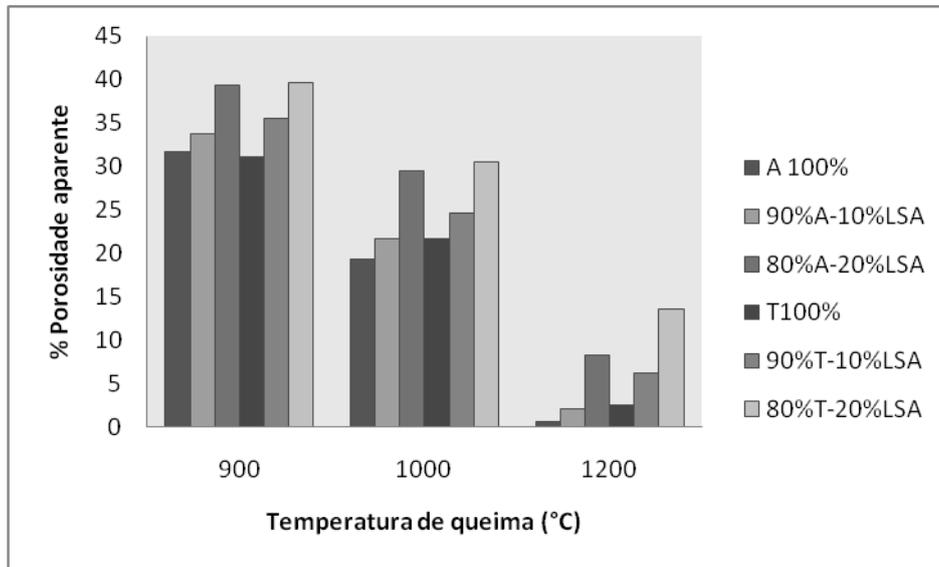


Figura 7: Porosidade aparente em função das temperaturas de queima.

A Figura 7 demonstra o comportamento da porosidade aparente dos corpos de prova para as diferentes composições em função das temperaturas de queima. Observa-se que para este ensaio, à medida que aumenta a temperatura de queima do corpo de prova, a porosidade aparente decresce. Verifica-se também que à medida que o teor de lodo aumenta na mistura o percentual de porosidade aparente aumenta.

- Tensão de ruptura à flexão

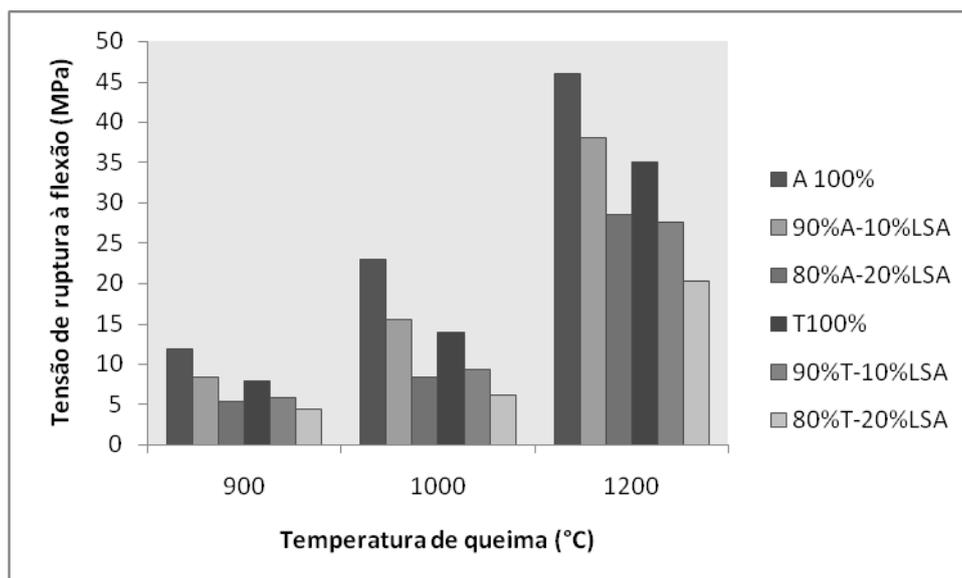


Figura 8: Tensão de ruptura à flexão em função das temperaturas de queima.

De acordo com a Figura 8, verifica-se que os valores de tensão de ruptura à flexão são fortemente influenciados pela quantidade de lodo presentes nas misturas. Observa-se uma redução significativa da tensão de ruptura à flexão dos corpos de provas à medida que o teor de lodo aumenta nas faixas de temperaturas investigada.

As propriedades mecânicas dos materiais cerâmicos são muito afetadas pelas propriedades das fases presentes e como essas se encontram orientadas. Muitos autores relacionam o aumento na resistência mecânica do material cerâmico a presença da fase mulita secundária, devido as suas excelentes propriedades físicas e mecânicas, como por exemplo: boa resistência a fratura e baixa densidade [CARTY & SENAPATI, 1998; PARK, 2007].

Uma das transformações de fase de maior interesse nos materiais cerâmicos é transformação da caulinita ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) em metacaulinita, e a posterior formação da mulita ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$).

A caulinita sofre desidroxilação com o aumento da temperatura, formando metacaulinita (não cristalina). Segundo Souza Santos, próximo de 950°C , inicia-se a formação de fases cristalinas, o que pode ocorrer de forma brusca, formando um tipo especial de alumina-gama (com estrutura cristalina semelhante a do espinélio ($\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$)). Por volta de 1100°C , esta fase se transforma em mulita e cristobalita. Essa transformação começa a ocorrer acima de 1000°C de forma lenta, podendo não ser completa em pequenos tempos de patamar nesta temperatura. Acima de 1100°C , além da formação de fases cristalinas (cristobalita bem-ordenada), também ocorre a formação de fase líquida, colaborando para o aumento da resistência do material. (TEIXEIRA et al., 2006)

Os difratogramas resultantes da queima da argila e da terracota a e da mistura 90% + 10% de lodo a 1200°C (Figura 9) mostrou a presença das seguintes fases mineralógicas:

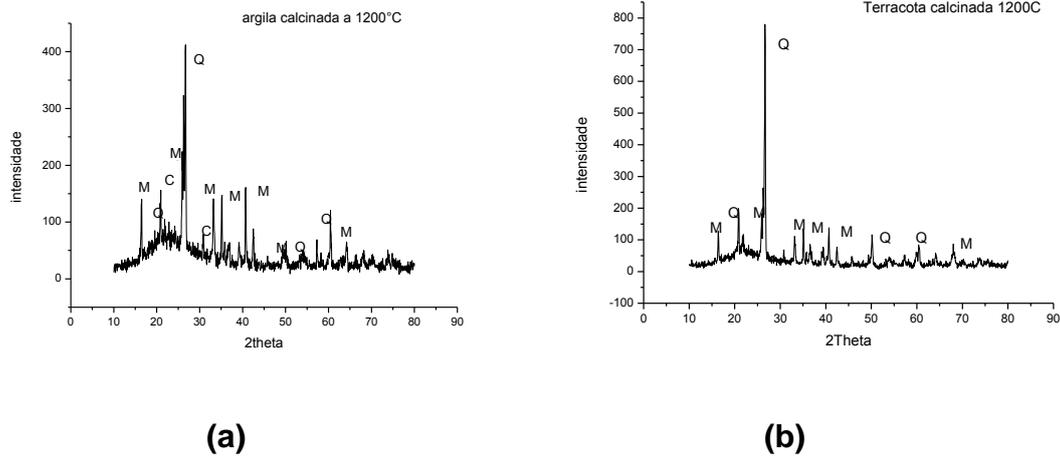


Figura 8: Difratoograma da argila pura (a) e da terracota queimadas a 1200°C

No difratograma da argila pura queimada 1200°C observa-se a presença de dois novos picos; mulita (JCPAS – 15-0776), proveniente da transformação da caulinita e, cristobalita (JCPAS-39-1425) formada a partir do quartzo presente. No difratograma da terracota pura queimada 1200°C observa-se a presença apenas do pico de mulita (JCPAS – 15-0776),

Os difratogramas das mistura 90% argila+10% lodo e de 90% terracota + 10% lodo resultante da queima a 1200°C podem ser vistos na Figura 9.

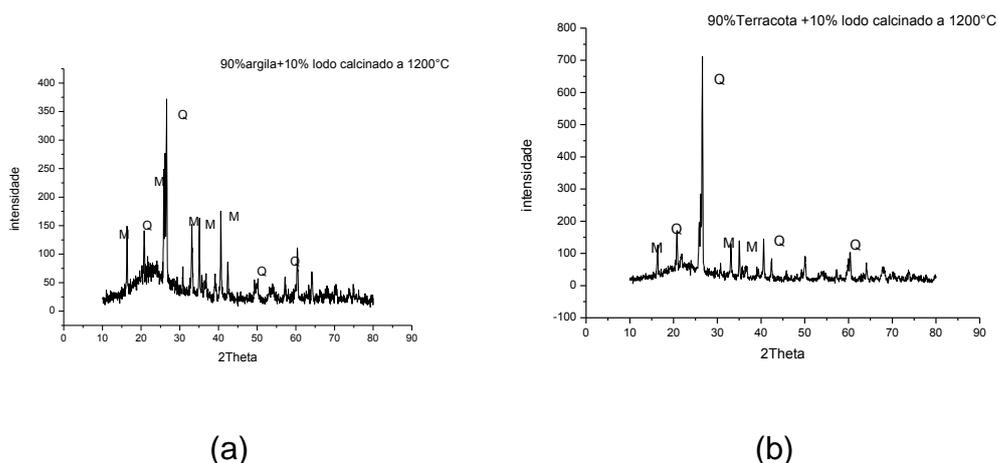


Figura 9 Os difratogramas das mistura 90% argila+10% lodo (a) e de 90% terracota + 10% lodo (b) resultante da queima a 1200°C

Em ambos os difratogramas além da presença do quartzo (JCPAS-46-1045) também se observa a presença de mulita (JCPAS – 15-0776). Verifica-se também um deslocamento da linha de base, indicativo de material amorfo.

A análise micro estrutural da terracota queimada a 1200°C está ilustrada na Figura 10.

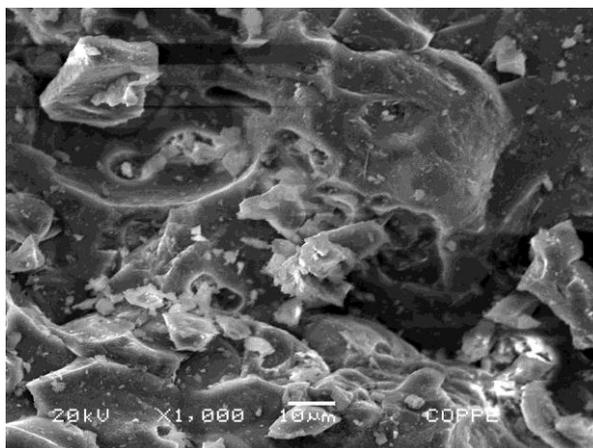


Figura 10 fotomicrografia da Terracota calcinada a 1200°C 1000X

Observa-se uma superfície pouco porosa contínua e a formação da fase vítrea.

Deste modo para os corpos cerâmicos com maior variação de lodo a variação da tensão de ruptura está limitada não somente a essa retração de vitrificação como também as transformações mineralógicas presentes ocasionando a aproximação das partículas entre si.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos até o presente indicam que apesar do lodo da ETA apresentar uma constituição mineralógica semelhante às argilas empregadas em cerâmica vermelha, sua incorporação em mistura com argilas não resultam em incremento das propriedades físicas e mecânicas como o esperado.

AGRADECIMENTOS

À FAPERJ pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARTY, W. M.; SENAPATI, U., Porcelain-raw materials, processing, phase evolution and mechanical behavior. Journal American Ceramic Society, v. 81, p.3-20, 1998.

PADILHA, D. CERUTI, F. VIDAL, C. MARTINS, C. Análise da Utilização de Três Diferentes Coagulantes na Remoção da Turbidez de Água de Manancial de Abastecimento. Maringá, Paraná, 2011.

PARK, Y. M. *et. al.* Mullite whiskers derived from coal fly ash. *Materials Science and Engineering*, v. 454-455, p 518-522, 2007.

OLIVEIRA, E. M. S; MACHADO, S.Q; HOLANDA, J.N.F. Influência da adição de resíduo (lodo) de estação de tratamento de águas nas propriedades e microestrutura de cerâmica vermelha. *Cerâmica*, v. 54, PP.167-173, 2008.

RICHTER, C.A. *Tratamento de Lodos de Estações de Tratamento de Água*. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA, 2001.

SANTOS, P.S., *Ciência e Tecnologia de Argilas*. Volume 1. Edgard Blücher, Ed. Da Universidade de São Paulo, 1989.

TEIXEIRA, S.R; SOUZA, S.A; SOUZA, N.R; ALÉSSIO, P.; SANTOS, G.T.A. Efeito da adição de lodo de estação de tratamento de água (ETA) nas propriedades de material cerâmica estrutural *Cerâmica*, v. 52 pp 215-220; 2006

UENO, O.K. ; LEIT, V.M.B. *Anais do 50º Congresso brasileiro de Cerâmica*, SC 2006

ANALYSIS OF THE PERFORMANCE OF DIFFERENT CLAYS IN THE REUSE OF SLUDGE FROM THE WATER TREATMENT PLANT (WTP)

ABSTRACT

The ceramic industry has enormous potential to absorb wastes. The main objective of this study was to investigate whether the use of a sludge (WTP) in the physical and mechanical properties of the burning of a red ceramic body. Compositions were prepared with different percentages of mud by the method of forming the pressed and sintered at 900 ° C, 1000 ° C and 1100 ° C. The specimens were tested for linear shrinkage, water absorption, porosity and stress rupture flexion. Were characterized by X-ray fluorescence, X-ray diffraction and Scanning Electron Microscopy. The results show that the incorporation of sludge WTP changes the quality of ceramics.

Key-words; ceramic, sludge WTP, waste