

AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE OS BLOCOS CERÂMICOS CONVENCIONAIS, PREPARADOS A PARTIR DE ARGILA, E BLOCOS CERÂMICOS PRODUZIDOS A PARTIR DE SOBRAS DE TIJOLOS VERMELHOS

I.L.M.Gonçalves; E.M.,Gripa ; 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

Buscas por caminhos menos agressivos de descarte dos resíduos sólidos têm sido exploradas para reverter o cenário negativo estabelecido pela disposição incorreta destes materiais. O objetivo deste trabalho é comparar as propriedades mecânicas correspondentes aos blocos cerâmicos convencionais com as dos blocos produzidos a partir de sobras de tijolos. Para tanto, foram preparados, pelo método de conformação e prensagem, corpos de prova com argila utilizada pela indústria e outros utilizando sobras de tijolo a uma granulometria pré-estabelecida, sendo queimados a temperaturas de 900°C e 1200°C, respectivamente. Os corpos foram submetidos a ensaios de retração linear, absorção de água, porosidade aparente e tensão de ruptura à flexão. Foram caracterizados através de FRX, DRX e MEV. Os resultados indicam que, para a granulometria empregada, não só é possível produzir novas peças cerâmicas, como a qualidade das mesmas é ainda superior à das peças convencionais, feitas a partir de argila.

Palavras-chave: cerâmica, argila, tijolo, reaproveitamento.

INTRODUÇÃO

A indústria de construção civil contribui significativamente para a geração de resíduos sólidos, seja através de obras de intervenção como reformas, ampliações e

demolições (cerca de 59%), ou ainda através de novas edificações (I&T - Informações e Técnicas, 2009). Isso ocorre em razão do desperdício de materiais, resultante das características artesanais empregadas na construção. Dos resíduos sólidos urbanos, 2/3 em massa são de entulho. O índice de perda de tijolos e blocos pode variar de 3% a 48% dentre as diferentes fases de um empreendimento: concepção, execução ou utilização (FINEP, 1998).

Com índices de desperdícios alarmantes e volumes de produção tão expressivos, a necessidade de serem encontradas técnicas onde sejam mitigadas as consequências dessas perdas torna-se cada vez maior. Dentre as principais causas para o desaproveitamento de blocos cerâmicos, destacam-se: a utilização de equipamentos de transporte interno inadequado (carrinhos de mão), que permitem o tombo e, conseqüentemente, a quebra de um número elevado de unidades; a falta de controle da quantidade recebida; a altura exagerada das pilhas de armazenamento, que por vezes superam três metros e acarretam no esmagamento das peças, além de possíveis quedas.

O objetivo do presente trabalho é comparar as propriedades mecânicas correspondentes aos blocos cerâmicos convencionais com as dos blocos cerâmicos produzidos a partir da fração de tijolo vermelho retida na peneira de 270#. Essa utilização do resíduo de tijolo permite sua atuação como matriz cerâmica na produção de peças alternativas a serem utilizadas pela indústria de construção civil. Nesse contexto, destaca-se a caracterização físico-química das matérias-primas utilizadas, bem como a avaliação das propriedades físico-mecânicas dos corpos de prova cerâmicos obtidos utilizando esses resíduos.

MATERIAIS E MÉTODOS

No presente trabalho foram utilizados argila empregada pela indústria na confecção de peças cerâmicas e sobras de tijolos provenientes da construção civil. Na caracterização dos mesmos foram empregadas as técnicas de Fluorescência de Raios X, Difração de Raios X, Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Análise Térmica.

Os corpos de prova foram preparados utilizando argila *in natura* e a fração de tijolo retida na peneira de 270# obtida no processo de cominuição e peneiramento. O método utilizado para a determinação correta da proporção de argila:água e tijolo:água foi de tentativa e erro. Estabeleceu-se que as massas de argila e tijolo a serem empregadas no preparo dos corpos de prova seriam de 20g. A princípio foi

pesada a massa a ser colocada e, posteriormente, foi adicionada a água de amassamento. A homogeneização foi realizada manualmente.

As massas preparadas foram conformadas através de compactação (prensagem) em uma matriz retangular de aço inox, com medidas de 60 mm de comprimento, 20 mm de largura e 5 mm de espessura, sob uma pressão de 200 kgf/cm² conforme aplicado no IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas, conferindo uma maior estabilidade dimensional à peça cerâmica.

Os corpos de prova recém-preparados foram colocados para secar em estufa à temperatura de 40±5 °C por 24 horas, para que ocorresse a perda de umidade e, em seguida, os corpos de argila foram colocados dentro de um forno elétrico para serem calcinados, na temperatura previamente determinada de 900 °C, a fim de se reproduzir as condições de queima do processo produtivo da cerâmica convencional, durante o período de 2 horas, enquanto os corpos preparados com a fração de resíduo do tijolo foram calcinados, também em um forno elétrico, na temperatura de 1200°C pelo mesmo período de tempo. Determinou-se que a queima do tijolo ocorreria a 1200°C, pois estudos anteriores mostraram que, para essa temperatura, os corpos de prova apresentaram melhor qualidade em relação aos corpos de prova calcinados em temperaturas inferiores. Antes e depois do processo de calcinação, o peso das peças, bem como suas dimensões (largura, comprimento e espessura), foi determinado. Características físico-mecânicas dos corpos de prova preparados foram determinadas por meios de ensaios de retração linear, absorção de água, densidade, porosidade aparente e tensão de ruptura à flexão (TRF).

Na caracterização dos corpos de prova obtidos foram empregadas as técnicas de Difração de Raios X e MEV com a finalidade de avaliar a micro textura das matrizes cerâmicas.

RESULTADOS OBTIDOS

Caracterização mineralógica das sobras de tijolo obtidas no processo de cominuição e da argila in natura.

A caracterização mineralógica foi realizada empregando as técnicas de Fluorescência de raios X (FRX), Difração de Raios X (DRX) e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

A Tabela 1 mostra o resultado da análise de Fluorescência de Raios X das sobras de tijolos após a cominuição.

Tabela 1 – Composição química elementar das sobras de tijolos e da argila.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO
Sobras de Tijolos % peso	53,43	34,33	-	1,64	-	8,66	1,38	0,54
Argila% peso	45,63	39,85	0,17	2,07	0,32	9,82	1,04	0,80

Os dados da Tabela 1, tanto para as sobras de tijolo como para a argila, mostram um alto valor de sílica, alumina e ferro, característicos das argilas utilizadas na indústria de cerâmica vermelha.

O difratograma obtido a partir da análise por Difração de Raios X da amostra de resíduo de tijolo pode ser visualizado na Figura 1.

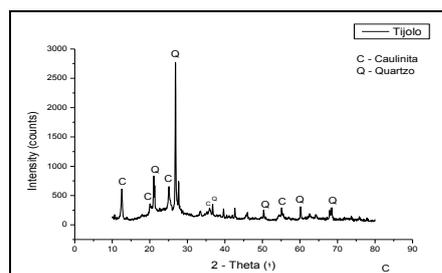


Figura 1 – Difratograma da sobra de tijolo.

A partir da análise de Difração por Raios X foi possível identificar que os resíduos de blocos cerâmicos são compostos por caulinita (Al₂Si₂O₅(OH)₄) – JCPDS 29-1488 e quartzo (SiO₂) – JCPDS – 46-1045, característicos dos minerais argilosos empregados na indústria de cerâmica vermelha.

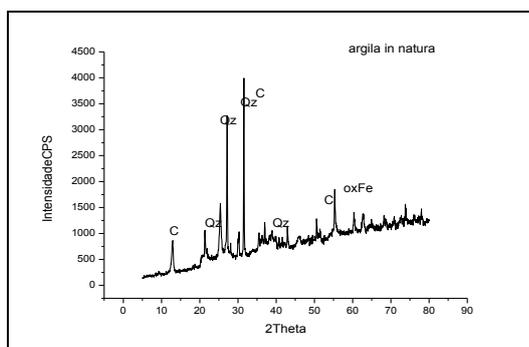


Figura 2 – Difratograma da argila *in natura*.

A partir da análise do difratograma foi possível identificar que a argila in natura é composta pelas fases caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) – JCPDS 29-1488, quartzo (SiO_2) – JCPDS – 46-1045, e óxido de ferro (FeO – JCPDS 06-071) característicos dos minerais argilosos.

A análise microestrutural das sobras de tijolos está ilustrada na Figura 3.

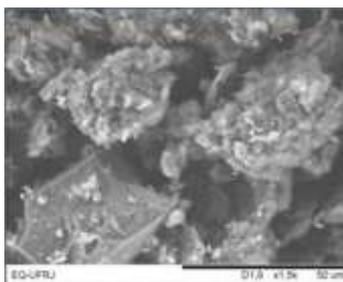


Figura 3 - Fotomicrografia dos resíduos de tijolos – 1500x.

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

A análise microestrutural da argila está ilustrada na Figura 4.

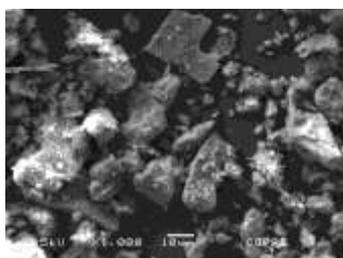


Figura 4 - Fotomicrografia da argila – 1000x.

De acordo com a Figura 4 observa-se que a argila apresenta um aspecto denso e heterogêneo, apresentando variados tamanhos de partícula.

Caracterização física e mecânica dos corpos de prova cerâmicos após a queima.

As variações de comportamento, no que tange às propriedades físico-mecânicas, como retração linear (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA), densidade (D) e tensão de ruptura à flexão (TRF) em função das massas

cerâmicas utilizadas no preparo dos corpos de prova, foram analisadas e os resultados obtidos são mostrados nas figuras a seguir:

A Figura 5 apresenta a variação da retração linear dos corpos de prova de acordo com a massa cerâmica utilizada no seu preparo.

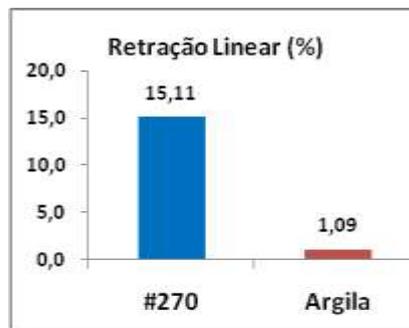


Figura 5 - Retração linear

A partir dos dados obtidos após a queima, pode-se observar na Figura 4 uma considerável diferença na retração linear entre os materiais ensaiados, tendo o tijolo granulometricamente caracterizado retraído aproximadamente 15 vezes mais do que a argila. Esse fenômeno pode ser atribuído à ocorrência do processo de vitrificação. Essas reações ocorrem quando materiais à base de argilas são aquecidos a elevadas temperaturas (entre 950°C e 1225°C), e consistem 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 natureza da massa cerâmica. Essa referida fase vítrea tende a escoar ao redor das partículas que permanecem sem fundir e preenchem os poros como resultado de forças de tensão superficial (ou por ação capilar). A vitrificação ocorre devido à liberação de cristobalita (SiO₂) que reage com os óxidos metálicos livres, formando vidro. O preenchimento dos poros do material aumenta o grau de compactação da peça cerâmica, causando assim, uma expressiva retração linear.

Sabe-se que a queima das peças produzidas por argila ocorreu a 900°C (temperatura utilizada na produção industrial de tijolos), enquanto que as peças à base de resíduos de tijolos foram queimadas a 1200°C (temperatura que permite as reações de vitrificação). Como, no caso da argila, a temperatura de queima não se encontra dentro da faixa em que a vitrificação ocorre, é possível afirmar que a argila

sofreu pouca ou nenhuma vitrificação, apresentando, assim, uma baixa retração linear em relação às peças de tijolo, onde a vitrificação é possível.

Os gráficos da Figura 6 apresentam as variações da absorção de água, porosidade aparente e da densidade, de acordo com o material cerâmico utilizado no preparo dos corpos de prova.

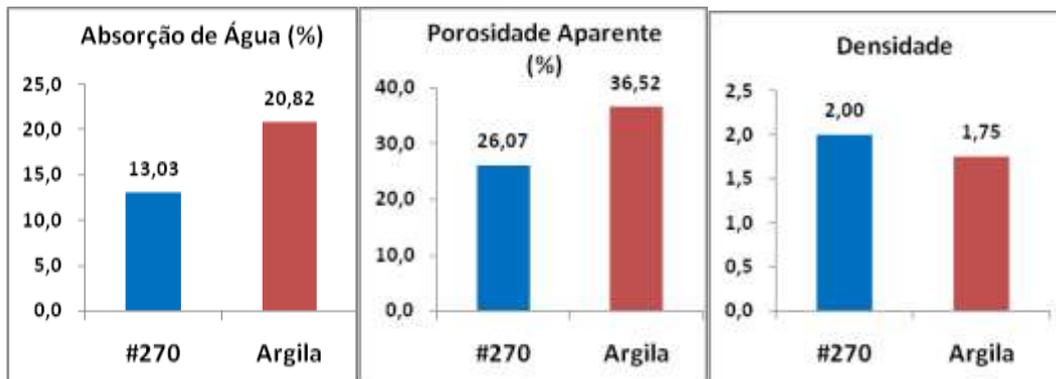


Figura 6 – Absorção de Água (A); Por. Aparente (B); Densidade (C).

A partir dos resultados obtidos na retração linear, espera-se que os corpos de prova de tijolo caracterizado apresentem menores absorção de água e porosidade aparente, pois as reações de vitrificação, além de compactarem o material, causam o preenchimento de seus poros, o que, conseqüentemente, diminui capacidade de absorção e a porosidade no interior da peça. Além disso, quanto menos poroso é o material, maior será a sua densidade. Conforme a Figura 6, os resultados dos ensaios de Absorção de Água (A), Porosidade Aparente (B) e Densidade (C) estão de acordo com o esperado.

Na Figura 7 observa-se uma diferença na TRF de acordo com a matéria cerâmica utilizada no preparo dos corpos de prova.

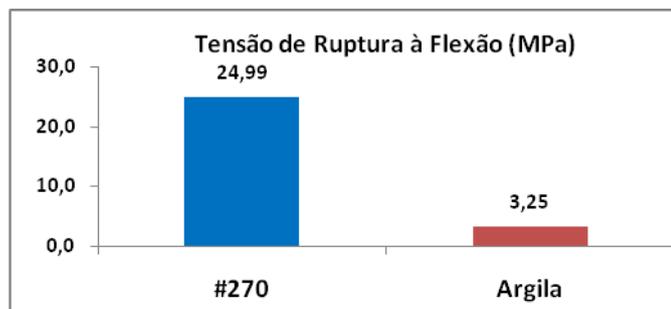


Figura 7 – Tensão de Ruptura a Flexão.

A diferença nos valores de TRF apresentada na Figura 7 é justificada pela menor porosidade e maior compactação dos corpos de prova de tijolo. Os resultados obtidos nesse ensaio corroboram os resultados dos ensaios anteriores.

Caracterização mineralógica dos corpos de prova cerâmicos após a queima.

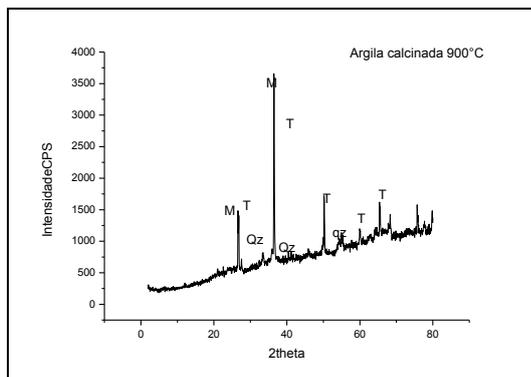


Figura 8 – Difratograma da argila calcinada a 900°C

A partir da análise do difratograma foi possível identificar as fases Quartzo (SiO_2 – JCPDS – 46-1045), magnetita (Fe_2O_3 – 25-1402), Tridinita (SiO_2 14-0260). Essa análise mostra que o quartzo inicialmente presente na argila in natura ainda está presente após a queima, ou seja, não ocorreu, pelo menos significativamente, a reação de vitrificação, o que está de acordo com o que se supôs durante as análises físicas e mecânicas.

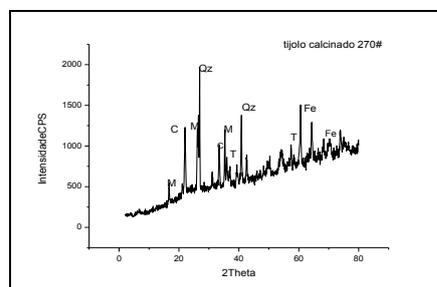


Figura 9 - Difratograma do corpo de prova na granulometria de 270#.

Pelo difratograma é possível observar, para o corpo de prova preparado com resíduo de tijolo na granulometria de 270#, a presença da mulita ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ -

JCPDS - 15-0776), cristobalita (SiO_2 - JCPDS39 - 1425), óxido de ferro (FeO - JCPDS - 21-0920), além do quartzo (SiO_2 - JCPDS - 46-1045). O SiO_2 se apresenta sob a forma de cristobalita, diferentemente dos resíduos de tijolo utilizados em sua preparação, onde existia quartzo. Esta observação ajuda a comprovar a suspeita de que, nesta calcinação, ocorreu a vitrificação.

A Figura 10 apresenta a fotomicrografia e a Figura 11, a análise por EDS para o corpo de prova preparado com argila *in natura*, após a queima a 900°C .

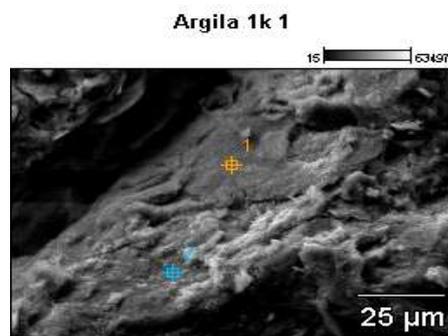


Figura 10 – Fotomicrografia do corpo preparado com argila, após calcinação a 900°C .

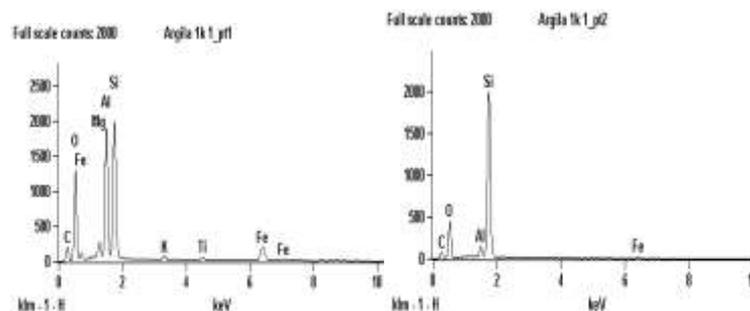


Figura 11 - Análise por EDS para o corpo preparado com argila, após calcinação a 900°C .

A Fotomicrografia do corpo de prova de argila apresenta uma superfície densa, homogênea e porosa. Essa porosidade pode ser verificada através dos valores obtidos no ensaio de percentual de absorção de água, no gráfico da Figura 5 (A). A análise por EDS indica a presença de alumina, sílica e ferro.

O percentual correspondente a cada componente presente na argila pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2 - Análise semi-quantitativa (% peso) por EDS do corpo preparado com argila após a queima a 900°C.

	C	O	Mg	Al	Si	K	Ti	Fe
Argila 1k 1_pt1	30.09	41.99	1.28	9.74	10.99	0.35	0.47	5.08
Argila 1k 1_pt2	31.45	42.55		1.31	23.98			0.71

A Figura 12 apresenta a fotomicrografia e a Figura 13, a análise por EDS para o corpo de prova preparado com o resíduo de tijolo retido na peneira de 270#, após a queima a 1200°C.

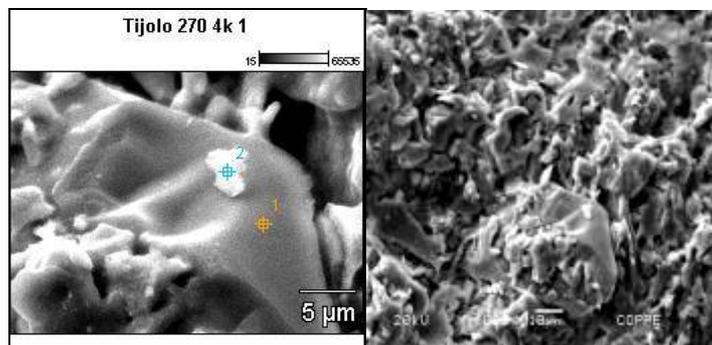


Figura 12 – Fotomicrografia para o corpo preparado com a fração de tijolo retida na malha de 270#.

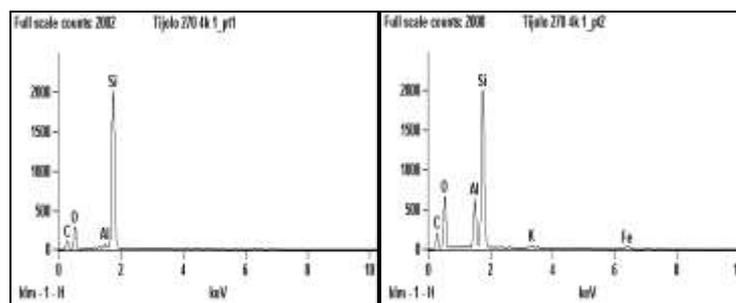


Figura 14 - Análise por EDS para o corpo preparado com a fração de tijolo retida na malha de 270#.

A Fotomicrografia do corpo de prova na granulometria de 270# apresenta uma superfície densa, homogênea e pouco porosa. Essa menor porosidade em relação ao corpo de prova da argila pode ser verificada através dos valores obtidos no ensaio de percentual de absorção de água, no gráfico da Figura 5 (A).

A análise por EDS indica a presença expressiva de sílica. O percentual correspondente a cada componente pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3 - Análise semi-quantitativa (% peso) por EDS do corpo preparado com a fração de tijolo retida na malha de 270# após a queima a 1200°C.

	C	O	Al	Si	K	Fe
Tijolo 270 4k 1_pt1	42.74	32.37	0.36	24.53		
Tijolo 270 4k 1_pt2	39.22	39.79	4.15	15.37	0.38	1.09

CONCLUSÃO

A avaliação das propriedades físicas e mecânicas para as peças preparadas a partir de argila *in natura* e as sobras de tijolos vermelhos na granulometria empregada aponta que, para temperaturas de calcinação superiores a utilizada na produção de corpos cerâmicos convencionais (1200°C > 900°C), não só é possível produzir novas peças cerâmicas, como a qualidade das mesmas é ainda superior à das peças convencionais. Verificou-se que os valores de TRF das sobras de tijolo se mostraram cerca de sete vezes superiores quando comparados aos obtidos para a argila *in natura*. Portanto, é possível concluir que para a reutilização desses resíduos na obtenção de novas peças, parâmetros como a granulometria e a temperatura de calcinação são determinantes. Isso confere a esses resíduos, que hoje são enviados para aterros sanitários ou dispostos de forma incorreta, valor de mercado, já que eles podem se apresentar como uma fonte viável de matéria-prima para a produção de materiais cerâmicos alternativos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GROHMANN, M. Z. Redução do desperdício na construção civil: levantamento das medidas utilizadas pelas empresas em Santa Maria. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 1998, Niteroi. Anais do XVIII Encontro Nacional de Engenharia de Producao, 1998.

PIOVEZAN JUNIOR, G. T. A.; SILVA, C. E. Investigação dos resíduos da construção civil (RCC) gerados no município de Santa Maria-RS: um passo importante para a gestão sustentável. In: 24º Congresso Brasileiro de Engenharia

Sanitária e Ambiental, 2007, Belo Horizonte. Anais do 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. , 2007. v.1. p.1 – 8.

C. A. PRADO, A. ZANARDO, A. P. M. MENEGAZZO, M. M. T. MORENO, Influência da distribuição granulométrica na estabilidade dimensional de placas cerâmicas de base vermelha, Cerâmica 54 (2008) 466-471.

CALLISTER, W.D., Ciência e Engenharia de materiais – uma introdução. Editora LTC, RJ, 2007.

COMPARATIVE STUDY BETWEEN CONVENTIONAL CERAMIC BLOCKS, MADE OF CLAY, AND NEW CERAMIC BLOCKS MADE FROM RED BRICKS LEFTOVERS.

ABSTRACT

Searchs for less aggressive ways to discard solid residues have been explored to reverse the negative scenario established by incorrect disposal of these materials. The purpose of this work is to compare the mechanical properties of both conventional ceramic blocks, made of clay, and ceramic blocks made of red bricks leftovers. Some samples were prepared, by the method of compression, with clay used by brick industry and others with brick leftovers in a established granulometry, all calcinated in temperatures of 900 and 1200°C, respectively. The samples were submitted to tests such as Linear Shrinkage, Water Absorption, Apparent Porosity, Density and Flexural Strength. They were characterized through X-Ray Diffraction and Fluorescence and Scanning Electron Microscopy. The results shows that, using the applied granulometry, it's not only possible to produce a new ceramic material, but the its quality is even bigger than the conventional ones, made of clay.

Key-words: ceramic, clay, brick, reuse.