

CARACTERIZAÇÃO DE MASSA ARGILOSA EMPREGADA EM CONFORMAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS ESTRUTURAIS

N. G. de Azeredo^{1*}, J. Alexandre¹, A. R. G. de Azevedo¹, Xavier, G. C.¹, Monteiro,
S.N.²

1- Laboratório de Engenharia Civil – LECIV
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro-UENF
Av. Alberto Lamego, 2000. Parque Califórnia.
Campos dos Goytacazes, RJ. CEP 2013-600

2- Instituto Militar de Engenharia – IME
Praça General Tibúrcio, 80 - Urca, Rio de Janeiro - RJ, 22290-270
e-mail: * gondim.neila@gmail.com

RESUMO

A caracterização física, química e mineralógica da massa argilosa é importante para determinação das suas propriedades permitindo um conhecimento mais apurado da matéria-prima empregada na produção de artefatos cerâmicos. Este trabalho tem por objetivo caracterizar a matéria-prima empregada na fabricação de blocos cerâmicos estruturais em uma indústria cerâmica, dessa forma, avaliou-se por meio de ensaios laboratoriais a matéria-prima empregada na produção de blocos cerâmicos estruturais em uma indústria ceramista na região de Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil. Blocos cerâmicos estruturais são utilizados em construções de até cinco pavimentos, com redução de custo total de obra e de impacto ambiental, uma vez que a matéria-prima argilosa é abundante, de custo reduzido, além de permitir a reutilização de resíduos no processo industrial. Portanto, além dos limites de Atterberg e granulometria da massa argilosa, foram realizados ensaios de Espectroscopia de Energia Dispersiva de raios-X (EDX) e ensaio de Difração de raios-X (DRX).

Palavras-Chave: Caracterização de massa argilosa, Análise química, Análise mineralógica.

INTRODUÇÃO

Os blocos estruturais cerâmicos são feitos de argila natural ou comum plástica, um material abundante na natureza e de custo reduzido. Além disso, podem ser

reciclados e incorporados tanto no seu próprio processo de manufatura, quanto em outros tipos de processo. Eles possibilitam conforto térmico e acústico, têm grande resistência ao fogo e grande durabilidade, desde que devidos cuidados sejam levados em conta na execução e proteção da construção.

O município de Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil, ocupa uma área de 4.026,712 km² do território Norte do Estado do Rio de Janeiro, com uma população de 463.731 habitantes⁽⁹⁾. Uma das atividades econômicas da região é a produção de cerâmica vermelha praticada atualmente por 112 indústrias associadas ao Sindicato dos Ceramistas — segundo o próprio —, e outras não associadas. Essa produção gira em torno de artefatos, como: lajotas para lajes, tijolos, telhas, revestimentos cerâmicos, blocos estruturais cerâmicos, entre outros. Portanto, além da abundância da matéria-prima para a manufatura desses diversos elementos existe um número expressivo de indústrias voltadas para a cerâmica vermelha na referida região.

Em 2003 foi elaborado um documento com o objetivo de estabelecer os critérios e exigências para a construção da estrutura de edifícios habitacionais de 3 a 5 pavimentos, quando esta for constituída, essencialmente, de paredes resistentes de alvenaria nos empreendimentos objeto de financiamento, ou contratação pela Caixa Econômica Federal⁽¹²⁾. Na Figura 1 observa-se um empreendimento imobiliário em alvenaria estrutural de quatro pavimentos em construção financiado pela Caixa Econômica Federal em Campos dos Goytacazes. Ressalta-se que os blocos estruturais são assentados com os furos na vertical, permitindo que sejam usados como fôrmas para pilares e também como passagem de conduítes para cabeamento em geral.



Figura 1 - Edifícios com quatro pavimentos em alvenaria estrutural. Foto: a autora.

O sistema construtivo em alvenaria estrutural com blocos cerâmicos dispensa a utilização de fôrmas de madeira convencional, reduz o uso de ferragens e concreto na estrutura, apresenta possibilidade de passagem de conduítes pelos furos para

embutimento da instalação elétrica e de cabeamentos, dentre outras vantagens que o tornam atrativo como redutor de custo e de outros insumos cuja utilização impacta negativamente o meio ambiente.

Nesse sentido, essa pesquisa teve como objetivo caracterizar a matéria-prima argilosa empregada na confecção de blocos cerâmicos estruturais por uma das 112 indústrias cerâmicas que atuam na referida região.

MATERIAIS E MÉTODOS

A matéria-prima utilizada para a confecção dos blocos estruturais cerâmicos, previamente misturada, foi retirada diretamente da esteira que a encaminha para a extrusora, onde os blocos tomam a conformação final, com a finalidade de se proceder à sua caracterização física (Granulometria, Limites de Atterberg, Massa Específica Real)^(2,3,4,5,6,7), química (EDX) e mineralógica (DRX).

Na Figura 2 observa-se o formato de um bloco extrudado e produzido a partir de boquilha apropriada, uma vez que a massa argilosa é um material moldável. Em seguida o bloco cerâmico passa para o processo de secagem ao ar livre, em estufa e calcinação em temperatura elevada para que adquira resistência à compressão suficiente para ser empregado nas construções.

Ressalta-se que a fabricação de tais blocos cerâmicos se dá mediante extrusão utilizando-se boquilha com a forma final necessária, sendo considerados blocos cerâmicos estruturais aqueles produzidos para serem assentados com furos na vertical, conforme Figura 2 e com resistência característica à compressão de 3 MPa, no mínimo⁽⁸⁾.



Figura 2- Forma geométrica do bloco estrutural cerâmico obtido através de extrusão. Foto: a autora.

Além da matéria-prima, 20 blocos estruturais cerâmicos com dimensões de fabricação de 14,0 x 19,0 x 29,0 cm, já queimados a temperatura estimada de 850°C na indústria, foram coletados para avaliação dos resultados de resistência à

compressão e de absorção, tratando-se de propriedades cruciais para que se obtenha um bom desempenho da alvenaria estrutural como um todo⁽⁸⁾.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresenta-se a seguir os resultados dos ensaios para a caracterização da matéria-prima utilizada, os resultados dos ensaios de absorção e resistência à compressão dos blocos, as discussões e algumas conclusões pertinentes.

Ensaio da matéria-prima constitutiva do bloco estrutural cerâmico

A amostra de massa argilosa coletada foi levada ao laboratório para secagem ao ar livre, destorroamento, quarteamento, homogeneização para ser submetida à caracterização física, química e mineralógica.

Ensaio de Granulometria

Primeiramente foi realizada a análise granulométrica, tratando-se de um processo que permite quantificar cada fração do solo compreendida entre diâmetros pré-estabelecidos e exprimi-las como porcentagem em relação à amostra total. Esse ensaio foi feito por meio de peneiramento via úmida e sedimentação seguindo os preceitos normativos⁽⁴⁾.

Uma massa de amostra foi separada e pesada para ser ensaiada. A massa total de amostra úmida de 801,30 g foi colocada em um almofariz para ser destorroada com mão de gral para se proceder ao peneiramento grosso e fino (Figura 3). Parte da amostra foi recolhida para verificação da umidade higroscópica e densidade real dos grãos. Outra parte de aproximadamente 54,89 g foi colocada em um vidro com defloculante hexametáfostato de sódio para a dispersão das partículas possibilitando assim o ensaio de sedimentação.



Figura 3- Almofariz, mão de gral e peneiras. Foto: a autora.

Os resultados obtidos para a caracterização da granulometria da matéria-prima constitutiva dos blocos são apresentados em porcentagem das frações de areia, silte e argila.

A Tabela 1 apresenta a granulometria estimada da massa argilosa estudada.

Tabela 1 - Características Granulométricas.

Diâmetro dos Grãos (mm) - ABNT NBR 6502:1995 – Rochas e Solos							
Argila	Silte	AREIA			PEDREGULHO		
		Fina	Média	Grossa	Fino	Médio	Grosso
< 0,002	0,002 a 0,06	0,06 a 0,2	0,2 a 0,6	0,6 a 2	2 a 6	6 a 20	20 a 60
Características Granulométricas							
Pedregulho			Areia			Silte	Argila
Grosso	Médio	Fino	Grossa	Média	Fina		
-	-	-	-	1,0%	6,0%	34,0%	59,0%

A massa argilosa é classificada como uma argila siltosa pouco arenosa (59,0% de fração argila; 34,0% de fração silte; 6,0% de fração areia fina; 1,0% de fração areia média e 0% de fração areia grossa)⁽⁴⁾. Observando-se os resultados obtidos da distribuição granulométrica da massa argilosa estudada e considerando os resultados obtidos na região de Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil, no estudo de argilas para aplicação em cerâmica vermelha (30% ≤ fração argila ≤ 70%) conclui-se que a massa argilosa possui faixa granulométrica recomendada para o uso em cerâmica vermelha em geral^(1,10,11,14), em bloco estrutural cerâmico em particular.

Massa Específica Real dos Grãos

A determinação da Massa Específica Real dos Grãos, também denominada Densidade Real dos Grãos, foi feita de acordo com os preceitos normativos utilizando-se picnômetros⁽⁶⁾.

Limites de Atterberg

Para os Limites de Atterberg foram utilizados parte do material passado na peneira nº 40 (0,42 mm). Foram feitos os ensaios para determinação do Limite de Liquidez (LL) e do Limite de Plasticidade (LP), obtendo-se então o Índice de Plasticidade (IP)^(3,5). Esses índices definem as umidades da amostra, sendo a umidade de extrusão segundo proposta para as argilas da região de Campos dos Goytacazes obtida por meio da equação⁽¹⁾:

$$W_{\text{extrusão}} = (LL/2) + 2\% \quad (A)$$

onde $W_{\text{extrusão}}$ e LL são dados em porcentagem.

A Tabela 2 apresenta os valores da média de cinco determinações dos Limites de Atterberg e a Massa Específica (Densidade) Real dos Grãos.

Tabela 2 - Limites de Atterberg e Densidade Real dos Grãos

Limites de Atterberg			Densidade Real dos Grãos (g/cm ³)
Limite Liquidez (LL)	Limite Plasticidade (LP)	Índice Plasticidade (IP)	
68,5%	33,7%	34,7%	2,62

A classificação da massa argilosa pelo Sistema Unificado de Classificação de Solos (USCS) é que se trata de uma argila siltosa, pouco arenosa, de alta plasticidade (CH), uma vez que o seu Limite de Liquidez é maior do que 50%.

A umidade de extrusão calculada por meio da equação (A) é de 36,25% para a conformação dos produtos cerâmicos. A massa argilosa apresenta limites de Atterberg dentro da faixa de valores das massas cerâmicas caulínicas utilizada na indústria cerâmica da região citada.

A Massa Específica Real dos Grãos da massa argilosa estudada encontra-se dentro da faixa de valores para a densidade real dos grãos das argilas da região em estudo^(1,10,11,14).

Os valores encontrados para as características físicas, revelam-se semelhantes aos verificados por outros pesquisadores^(1,10,11,14), evidenciando a tipologia dominante para as argilas da região, que são utilizadas como matéria-prima para confecção, pela indústria ceramista local, dos mais variados artefatos.

Caracterização Química

Uma parte da amostra do solo natural foi seca em estufa a 110°C por um período de 24 horas e moída em um moinho de esferas planetário da marca Fritsh Pulverisette a 200 RPM por 2 ciclos de 20 minutos cada (Figura 4). O material natural foi então passado na peneira nº 200 (0,075 mm) para a determinação da sua composição química.

A técnica utilizada foi Espectroscopia de Energia Dispersiva de Raios-X (EDX) em um equipamento Shimatzu EDX-700 sob condição de ajuste de vácuo de dois canais com o material em pó finíssimo colocado em um porta-amostra.



Figura 4: Moinho de esferas, painel e argila mais esferas. Foto: a autora.

A Tabela 3 apresenta as composições químicas da massa argilosa estudada.

Tabela 3: Composição química da massa argilosa natural (% em peso).

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	SO ₃	TiO ₂	CaO	MnO	V ₂ O ₅	ZrO ₂	CuO	SrO
47,31	37,85	8,10	2,03	2,20	1,57	0,67	0,07	0,13	0,02	-	0,008

Observa-se na Tabela 3 que a massa argilosa tem uma quantidade de 47,31% de sílica (SiO₂), o que indica a provável presença de argilominerais tais como: caulinita (Al₂O₃. 2SiO₂. 2H₂O) e illita, bem como a provável presença de quartzo livre na amostra total. A quantidade de 37,85% de alumina (Al₂O₃) sugere a formação de argilominerais e hidróxidos como gibsita Al(OH)₃. A quantidade de sílica e alumina somadas totaliza 85,16% indicando a refratariedade da matéria-prima.

A cor avermelhada do bloco estrutural cerâmico da Figura 2 é devido à quantidade de 8,10% de óxido férrico (Fe₂O₃), tratando-se de um agente fundente, baixando o ponto de fusão da argila, podendo também indicar a presença de goetita (FeO.OH). O óxido de cálcio também é um agente fundente e sua quantidade na amostra é de 0,67%. Outro agente fundente presente é o álcalis K₂O com 2,03%. Este forma a fase líquida na queima, reduzindo a porosidade do material. A sílica não combinada ajuda a diminuir a retração durante o processo de sinterização; associada a fundentes, forma o vitrificado interior da cerâmica.

O dióxido de titânio (Ti₂O) na quantidade de 1,57% trata-se de um óxido corante e comumente encontrado em massas argilosa empregadas no setor cerâmico da região em foco nesse trabalho.

A quantidade de 2,20% de óxido de enxofre SO₃ indica a presença de gesso na massa argilosa estudada. A quantidade dos demais óxidos é muito pequena para

desempenhar influência na cor ou na resistência da peça produzida com esse tipo de argila.

Caracterização Mineralógica

A amostra de argila em estado natural, seca em estufa a 110°C e passada na peneira nº 200 (0,074 mm), em forma de pó, foi submetida à difração de raios-X (DRX) para identificação dos argilominerais e minerais presentes na mesma em novembro de 2013. Para a realização desta análise, foi utilizado o difratômetro de raios-X do laboratório de Materiais do LAMAV/CCT/UENF, equipamento XRD700 modelo da SHIMADZU, com radiação Cu-K α , com 40 kV e 110 mA. A varredura foi efetuada com 2 θ variando entre os ângulos de 5° a 80° com velocidade de varredura de 2°/minuto (Figura 5).



Figura 5: Difratômetro de raios-X XRD700 SHIMADZU. Foto: a autora.

Os resultados foram obtidos através do programa Excel da Microsoft, cujo difratograma (Figura 6) foi comparado com valores tabelados pelo JCPDS (Joint Comitee of Powder Diffraction Standards).

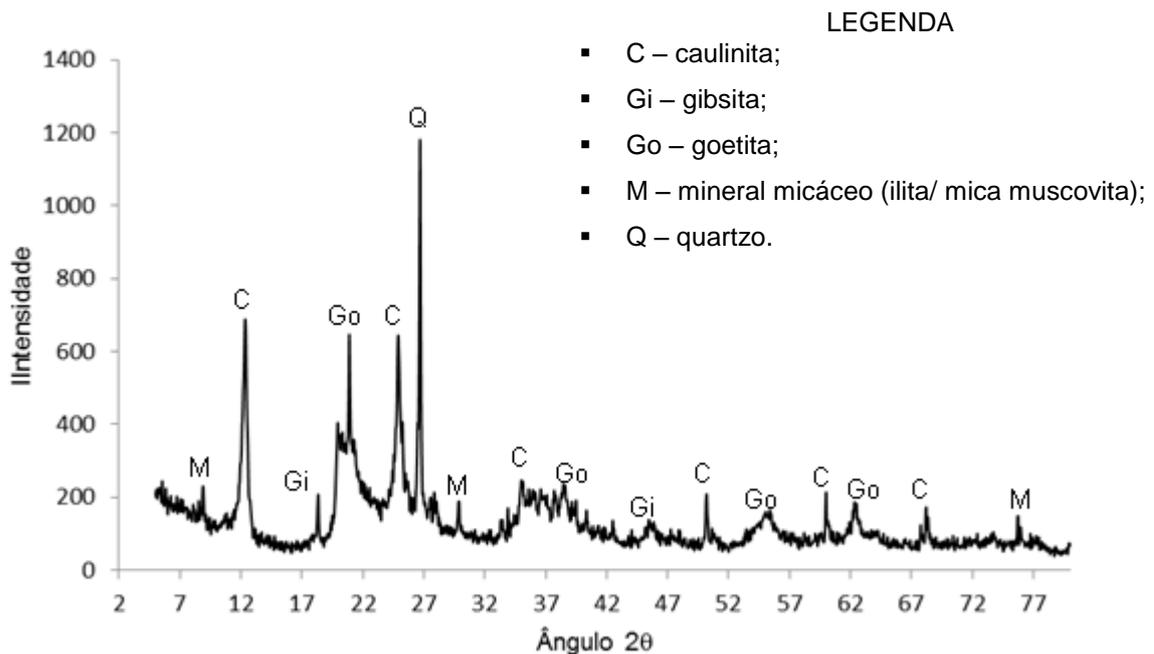


Figura 6: Difratograma da massa argilosa estudada.

Observa-se na Figura 6 que o espectro de raios-X mostra a presença de Caulinita ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), Minerais Micáceos (ilita/ mica muscovita), Gibsita ($\text{Al}(\text{OH})_3$), Goetita ($\text{FeO}(\text{OH})$) e Quartzo livre.

Ensaio das amostras de blocos estruturais

Por definição, as amostras constituem-se em um conjunto de blocos retirados aleatoriamente de um lote para determinação de suas propriedades geométricas, físicas ou mecânicas. No caso em questão foram recolhidos 20 blocos para serem analisado, no entanto, o número mínimo necessário recomendado por norma⁽⁸⁾ constitui-se em 13 blocos para ensaios à compressão e 6 para os ensaios de absorção.

O Coeficiente de Variação em relação às medidas totais foi de no máximo 1,1%, o que indica uma uniformidade dimensional. Tanto os septos externos quanto os internos mostram-se dentro das especificações normativas com médias de 8,1 mm e 6,5 mm respectivamente, dentro da tolerância relacionada à média das dimensões efetivas mencionada anteriormente.

Uma propriedade importante a ser determinada para caracterização de blocos é o índice de absorção de água, que pode representar uma característica indicativa da durabilidade do bloco. A norma⁽⁸⁾ fixa como limites para absorção de água os valores mínimo de 8% e máximo de 22%. O índice de absorção estimado de 24,1% encontra-se a 2 pontos percentuais acima do recomendado pela norma⁽⁸⁾ e com um coeficiente de variação de 21,06%. Esse valor de coeficiente de variação é tolerável, por se tratar de um material não homogêneo, intrinsecamente dispersivo. Os 2% acima da recomendação normativa para a absorção estão no limite tolerável.

Para o cálculo da resistência característica à compressão ($f_{bk,est}$) deve-se proceder conforme indicado na página 7 da ABNT NBR 15270-2:2005, sendo que a resistência deverá ser no mínimo de 3 MPa referida à área bruta para que o bloco seja considerado como estrutural. O valor estimado para a resistência característica de 7,3 MPa está bem acima do mínimo exigido.

CONCLUSÕES

A caracterização da massa argilosa desse trabalho indica que ela é uma argila siltosa, pouco arenosa, classificada como CH pelo Sistema Unificado de Classificação de Solos (USCS) com Limite de Liquidez de 68,5%. A densidade real dos grãos é de 2,62 g/cm³, o que demonstra estar dentro da faixa de valores das argilas encontradas na região e empregadas na fabricação de blocos cerâmicos estruturais, dentre outros tipos de peças cerâmicas. As frações granulométricas encontram-se dentro dos limites recomendados para a conformação de peças em cerâmica vermelha. A umidade de extrusão para a conformação das peças deve ser de 36,25% para a massa argilosa estudada.

A composição química da massa argilosa indica uma quantidade de sílica, alumina, óxido de ferro e outros óxidos numa proporção tal que permite a plasticidade necessária para a conformação dos blocos, a diminuição da retração na secagem, a diminuição da porosidade, a resistência mecânica necessária quando calcinada a temperaturas elevadas e a cor avermelhada típica da cerâmica vermelha. A massa argilosa estudada trata-se essencialmente de um silicato hidratado de alumínio que contém em variadas proporções ferro, titânio, potássio, vanádio, manganês, zircônio e outros elementos. A quantidade de sílica e alumina somadas totaliza 85,16% indicando a refratariedade da matéria-prima.

Por meio do espectro obtido no ensaio de difração de raios-X (DRX) identificou-se a presença da Caulinita ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), de Minerais Micáceos (ilita/ mica muscovita), da Gibsita ($\text{Al}(\text{OH})_3$), da Goetita ($\text{FeO}(\text{OH})$) e Quartzo livre. Ressalta-se que a Caulinita é o mineral predominante identificado na massa argilosa estudada.

Os blocos cerâmicos estruturais confeccionados com a massa argilosa analisada e calcinados na indústria a uma temperatura estimada de 850°C apresentam coeficiente de variação de no máximo 1,1% em relação às medidas de largura (L), altura (H) e comprimento (C), indicando uma uniformidade dimensional aceitável. Os septos internos e externos indicam média de 6,5 mm e 8,1 mm respectivamente, dentro dos ± 3 mm toleráveis.

O índice da absorção (AA%) estimado é de 24,1%, com coeficiente de variação de 21,06%, quando o valor de referência indica um máximo de 22% para absorção e coeficiente de variação em torno de 20%⁽¹⁶⁾. Ainda em relação à absorção dos

blocos estruturais estudados, esses resultados demonstram estarem no limite aceitável em se tratando das recomendações normativas.

Quanto ao ensaio de compressão o estudo estima uma resistência característica de 7,3 MPa; 58,9% acima da mínima, que é de 3 MPa, para que o bloco seja designado como estrutural. O coeficiente de variação de 17,29% encontra-se perfeitamente dentro das recomendações⁽¹⁶⁾.

Os resultados demonstram estar a massa argilosa avaliada de acordo com as recomendações para o uso na indústria de cerâmica vermelha.

REFERÊNCIAS

- (1) ALEXANDRE, J. *Análise de matéria-prima e composição de massa utilizada em cerâmicas vermelhas*. Tese (Doutorado) Universidade Estadual do Norte Fluminense, UENF – Ciências de Engenharia – Geotecnia. Campos dos Goytacazes – RJ, 2000. 174p.
- (2) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1995). *Rochas e Solos*. Esta Norma define os termos relativos aos materiais da crosta terrestre, rochas e solos, para fins de engenharia geotécnica de fundações e obras de terra: NBR 6502. Rio de Janeiro, RJ, 1995.
- (3) _____ (1984). *Solo* - esta Norma prescreve o método para a determinação do limite de plasticidade e para cálculo do índice de plasticidade dos solos: NBR 7180:1984 Versão Corrigida:1988. Rio de Janeiro, RJ, 1984.
- (4) _____ (1984). *Solo* - esta Norma prescreve o método para análise granulométrica de solos, realizada por peneiramento ou por combinação de sedimentação e peneiramento: NBR 7181:1984. Versão Corrigida:1988. Rio de Janeiro, RJ, 1984.
- (5) _____ (1984) *Solo* - esta Norma prescreve o método para a determinação do limites de liquidez dos solos: NBR 6.459. Rio de Janeiro, RJ, 1984.
- (6) _____ (1984) *Solo* - esta Norma prescreve o método de determinação da massa específica dos grãos de solos que passam na peneira de 4,8 mm: NBR 6.508. Rio de Janeiro, RJ, 1984.
- (7) _____ (1986) *Solo* - NBR 6457. Rio de Janeiro, RJ, 1986.
- (8) _____ (2005). *Componentes cerâmicos*: NBR 15.270. Rio de Janeiro, RJ, 2005.
- (9) IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – CENSO 2010 Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>.
- (10) MILLER, C. P. *Determinação de parâmetros mecânicos e modelagem numérica em alvenaria estrutural de blocos cerâmicos da indústria de Campos dos Goytacazes*. Dissertação (Mestrado) Engenharia Civil – Universidade Estadual do Norte Fluminense, UENF. Campos dos Goytacazes- RJ, 2008. 161p.
- (11) PEDROTI, L. G. *Estudo de conformidades em relação à ABNT de blocos cerâmicos prensados e queimados*. Dissertação (Mestrado) Engenharia Civil –

Universidade Estadual do Norte Fluminense , UENF. Campos dos Goytacazes – RJ. 2007.97 p.

(12) SABBATINI, F. H. *Alvenaria estrutural: materiais, execução da estrutura e controle tecnológico*. Caixa Econômica Federal, 2003.36 p.

(13) THOMAZ, E. ; HELENE, P. *Qualidade no projeto e na execução de alvenaria estrutural e de alvenarias de vedação em edifícios*. EPUSP- BT/PCC/252. São Paulo, SP. 2000.31p.

(14) XAVIER, G. C. *Resistência, alterabilidade e durabilidade de peças cerâmicas vermelhas incorporadas com resíduo de granito*. Tese (Doutorado) Engenharia Civil. Universidade Estadual do Norte Fluminense, UENF– Ciências de Engenharia – Campos dos Goytacazes– RJ, 2006. 202 p.

ABSTRACT

CARACTERIZATION OF THE CLAY USED IN MANUFACTURING STRUCTURAL CLAY BRICK

There are many variables in the manufacturing of clay masonry units that's why, one of them, primary raw materials, must be evaluated. The physical, chemical and mineralogical characterization of the raw material used in manufacturing allows an important knowledge about the kind of clay is being used in the industrial process. This work dealt with the evaluation of the properties of the clay used in manufacturing structural clay brick by a red-brick plant in Campos dos Goytacazes, RJ, Brazil. Structural clay brick is used in buildings up to five floors providing a reduction on the total cost of their constructions and also a reduction on environmental impacts, once brick is made from abundant natural resources and is readily recycled for use in the manufacturing process or other uses, besides its reduced cost. The raw material characterization included Atterberg limits, particle-size distribution, Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDX) and X-ray Diffraction (XRD).

Key Words: clay characterization, chemical analysis, mineralogical analysis.