

DOSAGEM DE MASSA CERÂMICA PARA BLOCOS PRENSADOS COM ADIÇÃO DE RESÍDUO DE GRANITO ATRAVÉS DO MÉTODO SIMPLEX

L. G. Pedroti², C. M. F. Vieira², J. Alexandre¹, S. N. Monteiro², G. C. Xavier¹

¹Laboratório de Engenharia Civil – LECIV

²Laboratório de Materiais Avançados – LAMAV

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro

Av. Alberto Lamego 2000, Horto, Campos dos Goytacazes – RJ CEP:
28013-600

lpedroti@gmail.com

A extrusão é o processo normalmente usado nas empresas cerâmicas para fabricação de blocos, a qual propicia devido a diferentes fatores elevadas perdas, tanto de material quanto de peças. A perda está basicamente relacionada à umidade necessária para moldagem na etapa de conformação, já na secagem e queima devido a imperfeições e transporte. Quando não descartados devidos às deformações elevadas esses blocos se tornam grandes problemas nos canteiros de obra, pois essa deformidade exige correções com o uso de argamassas. Este trabalho mostra um sistema de misturas atilizando o simplex para composição de massa em blocos prensados e queimados com adições de resíduo de granito. Os blocos prensados possuem pequena umidade de prensagem, diminuindo o tempo de secagem antes da queima. Nos canteiros de obra, a grande vantagem fica para o sistema de encaixe, similar ao tradicional usado em bloco de solo-cimento, com adição de resíduo de granito dosado pelo método simplex, os resultados comprovaram resistência mecânica variando de 2,0 MPa a 10,0 MPa e absorção d'água variando de 19% a 30%.

Palavras-chave: simplex, resíduo de granito, prensagem

1 – INTRODUÇÃO

Inúmeros processos construtivos são usados em tempos atuais, alguns desses marcaram épocas de nossa história, e são até hoje, considerados insubstituíveis. Um exemplo é o uso de estruturas com concreto armado fechados com tijolos argilosos. No entanto, a evolução da construção civil é baixa se comparada com outras técnicas em diferentes áreas. Um processo conhecido que agora tenta ganhar espaço é o da construção modular com blocos estruturais. Esta construção é planejada do início ao fim, diminuindo consideravelmente desperdícios, pois suas paredes são formadas por blocos com dimensões que se completam. A alvenaria estrutural acompanhada dessas modulações ganhou força no Brasil na década de 80 quando pesquisadores começaram a desvendar e analisar materiais e formatos para produção dos blocos (PEDROTI, 2007).

Além de novos processos construtivos, a engenharia civil juntamente com a engenharia de materiais desenvolve novos produtos cerâmicos incorporados com resíduos com benefícios econômicos e ambientais. Os resíduos sólidos, um dos tipos de rejeitos industriais (PHILIPPI JR, 1999), são atualmente motivos de preocupação de ambientalistas, políticos e da sociedade. Assim novas leis são elaboradas e aperfeiçoadas, como o Projeto de Lei 121/2003 que “Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, seus princípios, objetivos e instrumentos, e estabelece diretrizes e normas de ordem pública e interesse social para o gerenciamento dos diferentes tipos de resíduos sólidos”. A utilização destes materiais para a obtenção de um produto apresenta, dentre outras, a vantagem de diminuir a quantidade de rejeito a ser descartada na natureza, além de agregar valor a um resíduo indesejável, e possibilita também gerar novos empregos.

O setor das rochas ornamentais é uma das atividades industriais que mais tem crescido nas três últimas décadas no Brasil e, conseqüentemente têm aumentado a quantidade de rejeitos, que são atualmente produzidos às toneladas. O reaproveitamento desses resíduos em algum processo industrial permite um fim racional além da redução do consumo de recursos naturais como às matérias-primas argilosas no

caso de produtos cerâmicos. Os resíduos de serragem de rochas ornamentais, aparentemente sem valor industrial, podem ser usados como componente importante de massas argilosas na fabricação de produtos cerâmicos para uso na construção civil (FALCÃO, 2001).

Características das massas cerâmica de Campos

As massas cerâmicas usadas nas indústrias de Campos dos Goytacazes, região norte do Estado do Rio de Janeiro, caracterizam-se por apresentar um comportamento de queima refratário que, para alguns tipos de produtos como telhas e pisos extrudados, não permite alcançar as propriedades requeridas. Dentre estas características destacam-se um elevado percentual de alumina, baixo percentual de sílica, excessivo conteúdo de minerais argilosos e elevada perda de massa durante a queima, associada basicamente à predominância caulinítica das argilas locais. Além disso, as argilas possuem gibsita (hidróxido de alumínio) em sua composição mineralógica que durante a queima sofre uma transformação pseudomórfica em temperaturas em torno de 260°C, contribuindo também para aumento da refratariedade e perda de massa (VIEIRA, 2002).

Características dos resíduo de granito

O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de rochas ornamentais do mundo. Dentre elas, destaca-se o mármore, o granito propriamente dito, o diorito, e o gnaiss, comercialmente conhecidos por mármore e granito. O estado do Espírito Santo é o principal pólo de rochas ornamentais do país instalado na região de Cachoeiro de Itapemirim.

Processamento da cerâmica argilosa prensada

A prensagem é a operação de conformação baseada na compactação de um pó granulado ou massa contida no interior de uma matriz rígida ou de um molde flexível, através da aplicação de pressão. A operação compreende três etapas ou fases: (1) preenchimento da cavidade do molde, (2) compactação da massa e (3) extração da peça.

O processo de conformação transforma um sistema não-consolidado num corpo definido, consolidado e apresentando uma particular geometria e microestrutura. A seleção do processo de conformação para um produto específico é dependente do tamanho, da forma e tolerâncias dimensionais permitidas no projeto, os requisitos das características da microestrutura, reprodutibilidade, produtividade e investimento. Por razões de produtividade e eficiência em produzir peças com tamanho e formas bastante variados, a conformação por prensagem é o processo de conformação mais utilizado (MOREIRA *et. al*, 2005).

2 - MATERIAL E MÉTODOS

A matéria-prima utilizada foi coletada na jazida da empresa Cerâmica Stilbe, localizada no município de Campos dos Goytacazes-RJ. Essa mesma massa é utilizada para confecção dos blocos estruturais, tijolos e lajes em cerâmica vermelha. O resíduo de granito foi coletado na empresa Decolores Mármore e Granitos, na cidade de Cachoeiro de Itapemirim-ES. O resíduo de granito utilizado é do processo de serragem com fio diamantado, diferente da tradicional técnica de serragem com granalha (partículas de ferro)

Foram avaliados nesta pesquisa três materiais: argila forte, argila fraca e resíduo de granito. Todas as misturas foram queimadas nas temperaturas de 850°C e 1050°C, a uma tensão de compressão para moldagem de 61,0 kgf/cm², tensão característica das máquinas industriais (15 ton) encontradas no mercado para fabricação de blocos em solo-cimento. Também foram realizados verificação do comportamento da microestrutura dos materiais envolvidos através do microscópio eletrônico de varredura, além da análise térmica e composição química.

Definidos os três pontos do simplex através do estudo da umidade de prensagem. A umidade no processo influencia no fluxo e acomodação do material no molde, aumentando ou diminuindo a densidade inicial antes da compactação. Quando se aumenta a umidade, a densidade do material antes de compactá-lo é diminuída, porém a umidade da mistura é responsável também pela lubrificação entre as partículas, o que favorece no momento da aplicação da carga de compactação.

A figura 01 apresentam o molde utilizado na compressão e os corpos de prova queimados. Posteriormente foram queimados a 850°C e 1050°C. Para configurar uma proporção de 1:1 (diâmetro x altura) afim de ficar o mais próximo possível do ensaio descrito pela NBR 10834, onde o bloco é cortado ao meio e feito um prisma para o ensaio a compressão, todas as misturas mantiveram esta proporção.



Figuras 01. Molde utilizado e corpos de prova queimados

A Tabela 1 apresenta os percentuais de cada mistura

Tabela 1. Percentuais usados e número de corpos de prova utilizados

	Argila FO (forte)	Argila FR (fraca)	Resíduo	Nº Corpos de Prova	Prensagem correspondente
A	100%	0%	0%	20	P15T
B	0%	100%	0%	20	
C	0%	0%	100%	20	
AB	50%	50%	0%	20	
AC	50%	0%	50%	20	
BC	0%	50%	50%	20	
ABC	33,3%	33.3%	33.3%	20	

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 02 apresenta as frações dos materiais envolvidos em percentuais.

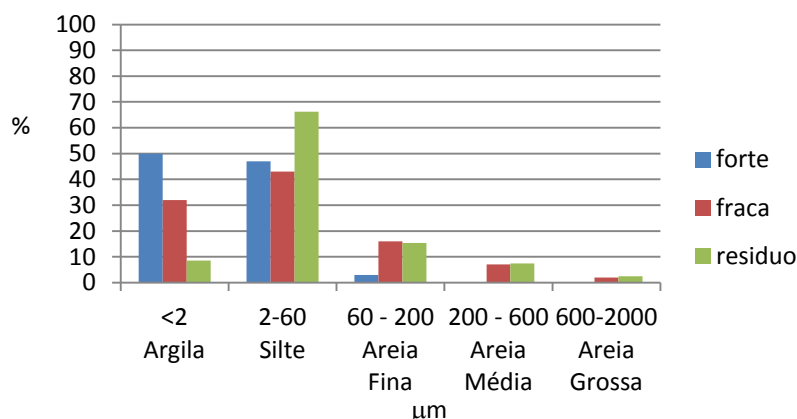


Figura 02. Tamanho das partículas

A *argila forte*, nome normalmente usado por ceramistas, devido às propriedades do material, já que estes possuem elevados teores de fração argila, diferente da *argila fraca*, onde a proporção de fração argila é muito inferior.

As figuras 3a, 3b e 3c, apresentam os difratogramas de raios-X das argilas “forte” FO, “fraca” FR e resíduo de granito RES. Observa-se que as argilas FO e FR apresentaram composição mineralógica similar com a presença de picos de difração da caulinita $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, quartzo (SiO_2), mica muscovita ($\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e gibsita ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$). Nota-se também picos de baixa intensidade, estes picos de difração podem estar associados aos minerais do grupo dos piroxênios e à montmorilonita, respectivamente.

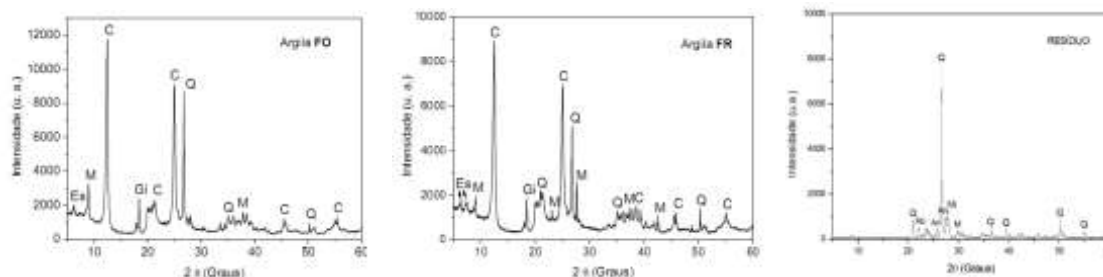


Figura 03. Difratogramas de raios-X das matérias-primas. C = caulinita; Q = quartzo; M = mica muscovita; H = hematita; Mm = mineral micáceo; Mi = microclina; FPI = feldspato plagioclásio, An = Anortita, Ab = Albita

A presença de gibsita em ambas as argilas indica que nem toda a alumina (Al_2O_3) esteja na estrutura dos argilominerais. A gibsita é um mineral que contribui para aumentar a perda ao fogo e refratariedade das argila. A

caulinita é o argilomineral presente no caulim e em muitas argilas utilizadas para fabricação de produtos cerâmicos destinados à construção civil. Este mineral é responsável pelo desenvolvimento da plasticidade e apresenta comportamento de queima refratário. O quartzo se constitui na principal impureza presente nas argilas, atuando como matéria prima não plástica e inerte durante a queima. A mica muscovita é um mineral com morfologia lamelar que pode ocasionar o aparecimento de defeitos nas peças cerâmicas. Desde que apresente tamanho de partícula reduzido, a mica muscovita pode atuar como fundente devido à presença de óxidos alcalinos. A Tabela 2 apresenta a composição química das matérias primas envolvidas. Como característica da região, as argilas são predominantemente constituídas de SiO_2 e Al_2O_3 . Através da relação $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, observa-se que a argila FO possui maior quantidade de caulinita e menor quantidade de quartzo em comparação com a argila FR.

Tabela 2. Composição química das matérias-primas (% em peso)

Matérias-primas	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	K_2O	SO_3	TiO_2	CaO	MnO	PF
Argila Fraca	46,72	35,34	9,46	3,27	2,42	1,73	0,78	0,109	7,60
Argila Forte	45,99	37,39	9,87	2,65	1,40	1,80	0,60	0,072	11,90
Resíduo	53,09	17,24	10,31	5,69	1,93	1,65	9,72	0,161	1,34

O elevado valor de óxido de ferro, superior a 3%, nas duas argilas proporciona uma colocação avermelhada após a queima. O óxido de cálcio presente nas argilas está geralmente associado à calcita, CaCO_3 . Nas argilas a presença de CaO é baixo, porém o resíduo possui elevado teor, cerca de 9.72%. Os óxidos alcalinos são fundentes muito ativos e tem como finalidade a formação de fase líquida, necessária para a consolidação das partículas, nas argilas os teores de (K_2O) são inferiores aos encontrados no resíduo. Estes óxidos se encontram formando compostos como os feldspatos, minerais micáceos como a mica muscovita, presentes nas matérias primas investigadas.

A perda ao fogo (PF) ocorre principalmente devido à perda de água de constituição dos argilominerais, desidratação de hidróxidos, oxidação de matéria orgânica e decomposição de carbonatos.

As curvas ATD/TG das argilas estão apresentadas na Figura 4. Observa-se as curvas de TG/DTG para as argilas FO e FR, simultaneamente. Nas temperaturas iniciais de aquecimento ocorrem perdas de massa de 3,3 e 2 % para as argilas FO e FR, respectivamente. Esta perda de massa inicial é atribuída à eliminação de água de umidade. Entre as temperaturas de 250 e 275°C ocorre uma reação endotérmica devido à eliminação de água de hidróxidos com perdas de massas de 5,2 e 2,1% para as argilas FO e FR, respectivamente. As maiores perdas de massa, 10,1% para argila FO e 5,1% para a argila FR, estão associadas com a desidroxilação da caulinita, pico endotérmico a aproximadamente 480°C.

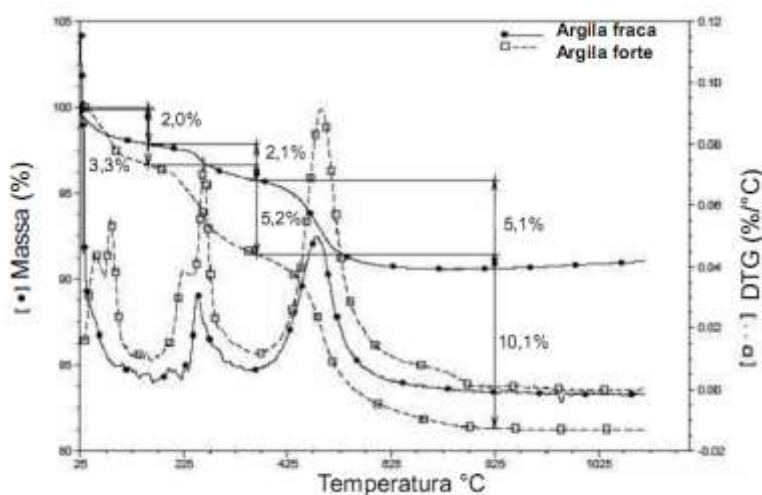
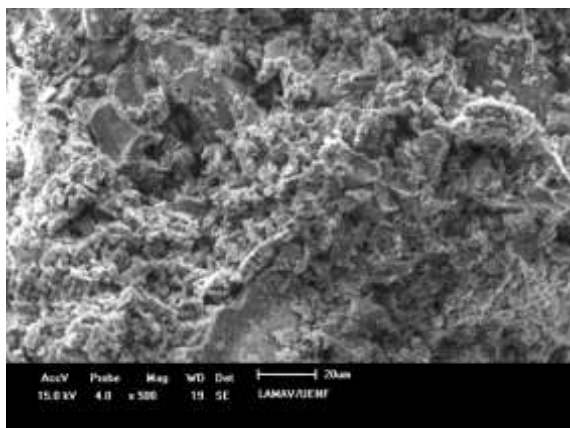
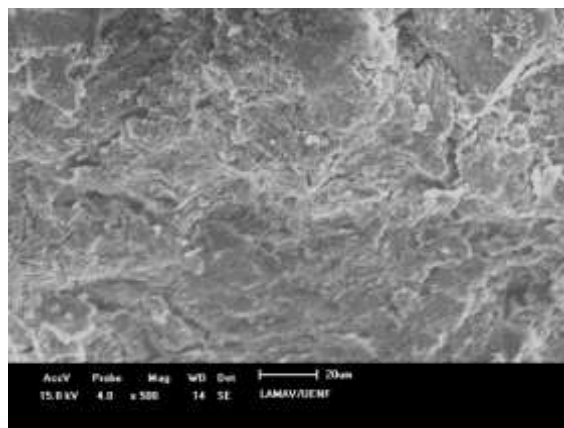


Figura 04. Análise térmica da argila fraca e forte

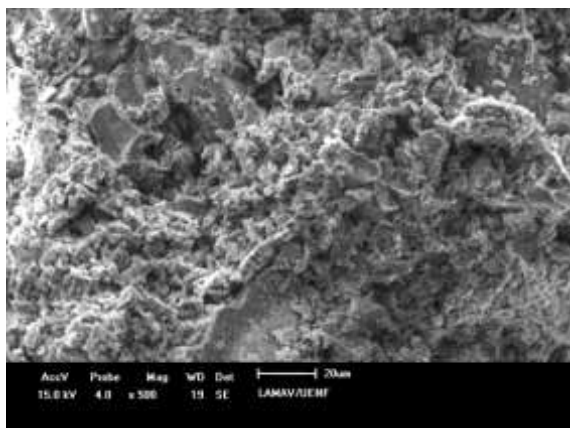
As figuras 5a, 5b e 5c, representam as microestruturas das matérias primas do estudo, queimadas a 850°C e a 1050°C, do resíduo, da argila forte e da argila fraca respectivamente.



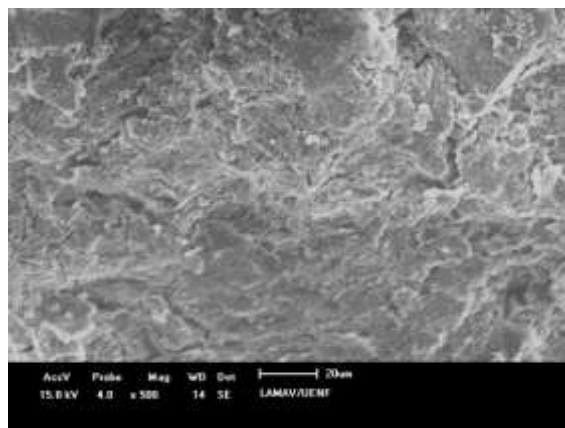
Resíduo 850°C



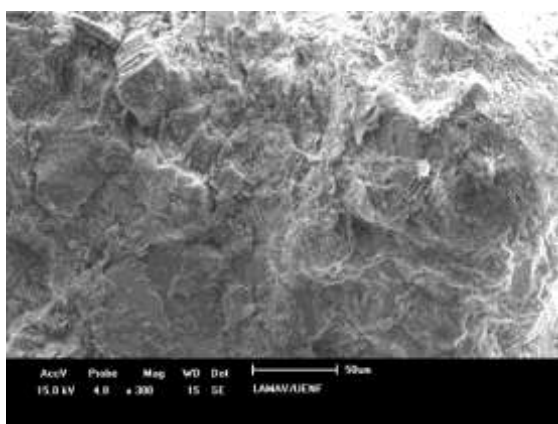
Resíduo 1050°C



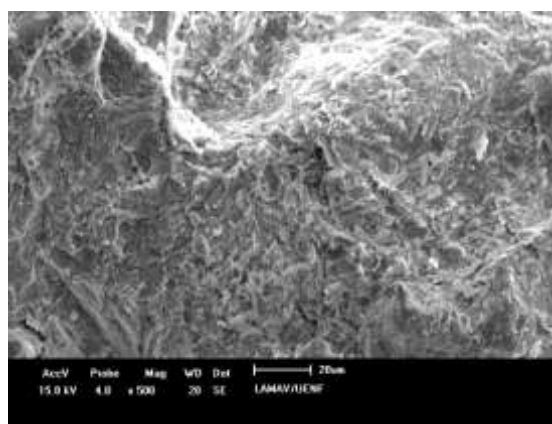
Resíduo 850°C



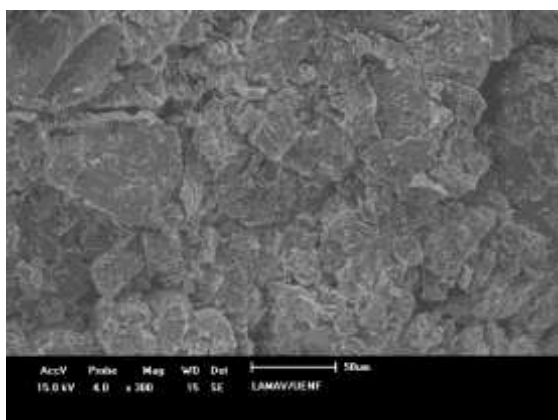
Resíduo 1050°C



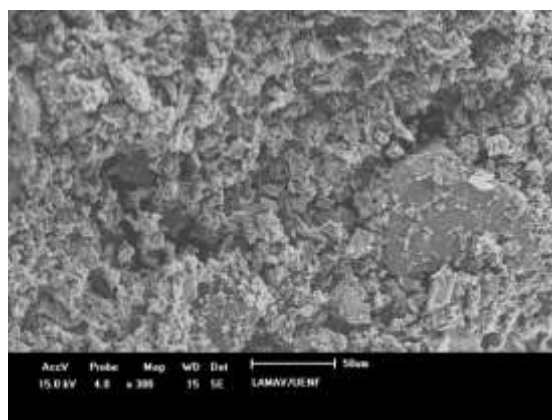
Argila forte 850°C



Argila fraca 1050°C



Argila fraca 850°C

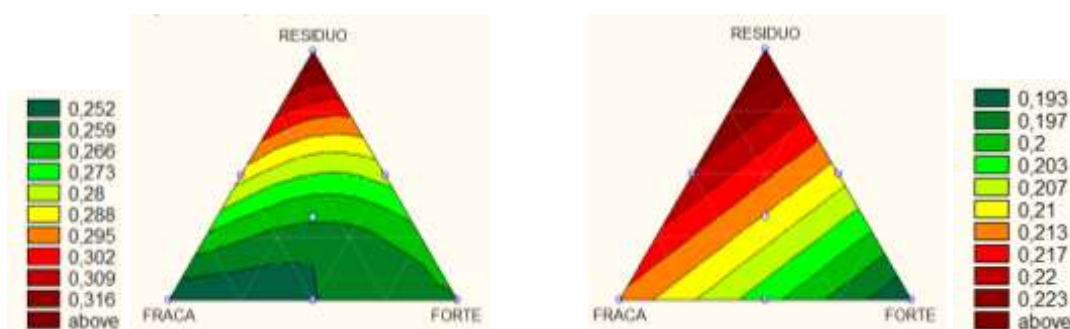


Argila fraca 1050°C

Figura 05 - microestrutura das matérias primas queimadas

O resíduo, possui superfície altamente porosa na temperatura de 850°C, diminuída sensivelmente quando queimado a 1050°C onde acontece formação de mais fase líquida nesta etapa que a anterior. A argila forte, porosa lamelar

da matriz aluminossilicato. A interconectividade da porosidade é uma característica da cerâmica argilosa, e a argila fraca tem como característica a refratariedade comum nas argilas de Campos dos Goytacazes, o que dificulta a redução da porosidade e a fase líquida formada não é suficiente para eliminar a porosidade aberta, sendo está muito porosa. A figura 06 representa as superfícies obtidas pelo método de misturas simplex onde avaliou a absorção d'água e a figura 07 a superfície de resposta da resistência à compressão ambas as peças moldadas a uma carga de compressão de 15 toneladas.

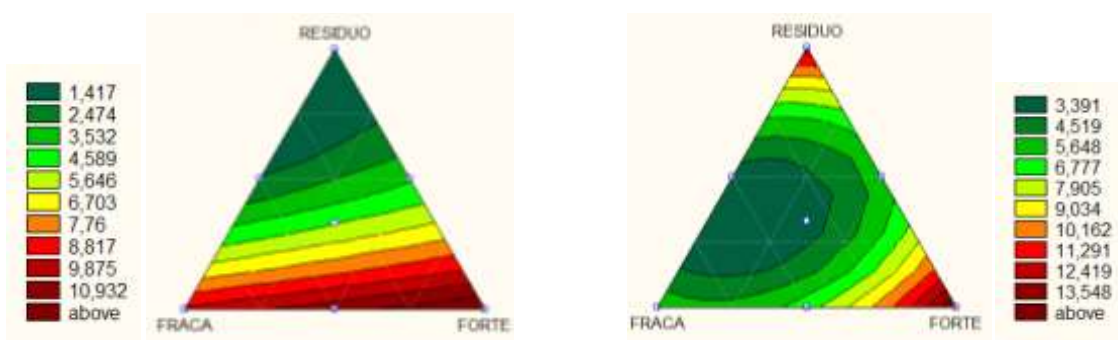


a) queima 850°C

b) queima 1050°C

Figura 06 - Absorção d'água: melhores superfícies de resposta

Observa-se que a temperatura de queima muda as propriedades da absorção d'água onde para a queima a 850°C os melhores resultados foram obtidos para a argila fraca, enquanto na queima a 1050°C os melhores resultados foram para a argila forte.



a) queima 850°C

b) queima 1050°C

Figura 07 - Absorção d'água: melhores superfícies de resposta

Nas superfícies apresentadas pelas misturas observa-se valores referentes a resistência mecânica das peças, onde variaram na temperatura de queima de 850°C de 1.4MPa a 10,9MPa, quanto maior foi a quantidade de resíduo, menor a resistência, porém nas adições de argilas forte e fraca os valores foram maiores, já a 1050°C as configurações ficaram alteradas, isso se deve a melhor fase líquida dos materiais utilizados, principalmente do resíduo em altas temperaturas.

4 - CONCLUSÃO

Adições do resíduo de granito na mistura, proporcionam estabilidade e redução de custos na extração e produção das peças, agregando valor a um subproduto descartado em muitas vezes inadequadamente no meio ambiente. A metodologia do uso simplex mostrou-se eficiente minimizando erros e tempo de análise, fazendo combinações das misturas através de métodos estatísticos. As superfícies encontradas pelo simplex possibilitaram avaliações precisas e de interpretações consistentes. A umidade das misturas apresentadas pelo simplex é diferenciada pela temperatura de queima, já que quando submetida a 850°C, quanto maior o percentual de resíduo, mais absorção a peça possui, já na queima a 1050°C, a presença do resíduo melhorou as condições da absorção d'água. Em relação à compressão, as misturas apresentadas pelo simplex destacou o aumento da resistência quando com proporções menos elevadas de resíduo para queima a 850°C, porém na queima a 1050°C apresentou pontos com elevados valores.

5 - AGRADECIMENTOS

À CAPES e a FAPERJ, pelo apoio financeiro ao pós-doutorado. À UENF juntamente com os Laboratórios de Materiais Avançados e de Engenharia Civil.

6 – REFERÊNCIAS

- PEDROTI, L. G. (2007). Estudo de conformidades em relação à ABNT de blocos cerâmicos prensados e queimados. Dissertação de Mestrado em

Estruturas -Campos dos Goytacazes- RJ. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF.

- PHILIPPI, Junior, A. 1999. Agenda 21 e resíduo sólido. Resid'99: Seminário Sobre

resíduos Sólidos. São Paulo, ABGE, p. 15-2.

- I. P. Falcão, A. S. Júnior, Anais das Jornadas Ibero-americana de Materiais de Construção, Madri, Espanha (2001) p. 1-9.

- C. M. F. VIEIRA, S. N. MONTEIRO, Tile & Brick International, Freiburg – Alemanha, 18, p. 152-157. 2002

- MOREIRA, J. M. S.; MANHÃES, J. P. V. T.; HOLANDA, J. N. F. Reaproveitamento de resíduo de rocha ornamental proveniente do Noroeste Fluminense em cerâmica vermelha. Revista Cerâmica. Ed. 51, p 180-186. 2005.

SIMPLEX NETWORK MODELING FOR PRESS-MOLDED CERAMIC BODIES INCORPORATED WITH GRANITE WASTE

Abstract

Extrusion of a clay body is the most commonly applied process in the ceramic industries for manufacturing structural block. Nowadays, the assembly of such blocks through a fitting system that facilitates the final mounting is gaining attention owing to the saving in material and reducing in the cost of the building construction. In this work, the ideal composition of clay bodies incorporated with granite powder waste was investigated for the production of press-molded ceramic blocks. An experimental design was applied to determine the optimum properties and microstructures involving not only the precursors compositions but also the press and temperature conditions. Press load from 15 ton and temperatures from 850 to 1050°C were considered. The results indicated that varying mechanical strength of 2 MPa to 20 MPa and varying water absorption of 19% to 30%.

Key words: granite powder waste, simplex, pressed