

## **Caracterização das argilas do município de Atílio Vivácqua-ES (Characterization of the clays of the municipality of Atílio Vivácqua)**

E.B. Zanelato<sup>1,3\*</sup>; J. Alexandre<sup>1</sup>; A.R.G. Azevedo<sup>2,3</sup>; M.T. Marvila<sup>1</sup>; G.C. Xavier<sup>1</sup>; T.L. Espírito Santo<sup>1</sup>; ; G. Bruzzi<sup>1</sup>; T. Pirovane<sup>1</sup>; A.A. Siqueira<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF – Laboratório de Engenharia Civil

Avenida Alberto Lamego, 2000, Campos dos Goytacazes, RJ, Parque California, Campos dos Goytacazes, RJ

<sup>2</sup> Universidade Federal Fluminense – UFF - Departamento de Engenharia Agrícola e Meio Ambiente

Rua Passo da Pátria, 156 – Bloco D (Escola de Engenharia), São Domingos, Niterói, RJ

<sup>3</sup> Instituto Federal Fluminense – IFF – *Campus* Campos Centro

Rua Dr. Siqueira 273, Campos dos Goytacazes, RJ, Parque Tamandaré, Campos dos Goytacazes, RJ

\*ebzanelato@gmail.com

### **Resumo**

*A indústria cerâmica apresenta grande potencial de reaproveitamento de resíduos industriais na produção de blocos e telhas cerâmicas. A incorporação do resíduo não só diminui o impacto ambiental de seu descarte, mas também aumenta o desempenho das peças cerâmicas fabricadas. Dentre os resíduos com alto impacto ambiental no seu descarte e grande potencial de aplicação em cerâmica encontra-se o resíduo do corte de rocha ornamental. O resíduo já foi amplamente estudado e encontra-se sendo utilizado por cerâmicas da região, no entanto, a atual demanda das cerâmicas ainda não é superior à quantidade de resíduo gerado. O objetivo deste trabalho foi identificar e caracterizar a argila de cinco jazidas do município de Atílio Vivácqua-ES para desenvolver a atividade cerâmica neste município com grande proximidade ao polo de rocha ornamental. Os testes realizados consistem na caracterização física pelos limites de Atterberg, densidade real de grãos e tamanho de grão. A caracterização química foi realizada pelo ensaio de efluorescência de raios-X. Os resultados da caracterização foram comparados com o de outros trabalhos onde foi realizada a incorporação do resíduo com desempenho satisfatório. Os resultados indicaram semelhanças da argila de duas jazidas do município de Atílio Vivácqua com as argilas já utilizadas com incorporação de resíduo. Pode-se concluir que existe grande potencial de crescimento da atividade cerâmica na região visando também o reaproveitamento do resíduo de rocha ornamental.*

*Palavras chave: Caracterização, Argila, Atílio Vivácqua, Rocha ornamental, Resíduo.*

### **Abstract**

*The ceramic industry presents great potential of reutilization of industrial residues in the production of ceramic blocks and tiles. The incorporation of the waste not only decreases the environmental impact of its disposal, but also increases the performance of the manufactured ceramic parts. Among the residues with high environmental impact in their disposal and great potential of application in ceramic is the residue of the cut of ornamental rock. The residue has already been extensively studied and is being used by ceramics of the region, however, the current demand of the ceramics is still not higher than the amount of residue generated. The objective of this work was to identify and characterize the clay of five deposits of the municipality of Atílio Vivácqua-ES to develop the ceramic activity in this municipality with great proximity to the ornamental rock pole. The tests performed consist of the physical characterization by the limits of Atterberg, real grain density and grain size. The chemical*

*characterization was performed by the X-ray efflorescence assay. The results of the characterization were compared with those of other studies where the incorporation of the residue with satisfactory performance was performed. The results indicated similarities of the clay of two deposits of the municipality of Atílio Vivácqua with the clays already used with incorporation of residue. It can be concluded that there is great potential of growth of the ceramic activity in the region aiming also the reutilization of the ornamental rock residue.*

*Keywords: Characterization, Clay, Atílio Vivácqua, Ornamental Rock, Residue.*

## **INTRODUÇÃO**

O setor da construção civil tem apresentado grande crescimento nos últimos anos que colocou o Brasil entre os países com maior área construída em andamento. O desenvolvimento tem sido observado em todas as regiões. Dentre os fatores que promoveram o crescimento, os atrativos industriais podem ser destacados.

O setor de rochas ornamentais é um dos impulsionadores da economia nacional, e apresenta grande concentração deste mercado no sul do Espírito Santo. Os municípios de Castelo e principalmente Cachoeiro de Itapemirim se apresentam como o maior polo do setor de rocha ornamental do país.

Apesar dos grandes avanços que este mercado apresenta e de sua importância na economia, o processamento da rocha ornamental gera um resíduo em forma de lama. Este resíduo é gerado principalmente nas etapas de corte e polimentos dos blocos.

A destinação deste resíduo é um grande problema ambiental para estas empresas, visto que não podem ser descartadas na natureza. Atualmente o resíduo é descartado em aterros, no entanto, apresenta alto custo e representam uma poluição ambiental ainda que é controlada.

O reaproveitamento de resíduos como forma de destinação é a opção de menor impacto ambiental e que vem sendo estudada por diversos trabalhos. O reaproveitamento do resíduo de rocha ornamental não só apresenta diminuição do impacto ambiental, mas também melhora no desempenho dos materiais como por exemplo argamassas [1], concretos [2], blocos cerâmicos [3] e telhas [4]. Vale ressaltar que no caso das telhas, onde os requisitos técnicos estabelecidos por norma são mais exigentes, só foi possível atender a norma utilizando a incorporação de 15% do resíduo de rocha ornamental no trabalho em questão.

Considerando a viável e eficiente destinação do resíduo de rocha ornamental em peças cerâmicas, faz-se necessário o incentivo da produção dessas peças em locais próximos de onde o resíduo é gerado. O incentivo a produção cerâmica nesta região é fundamental para que seja



## MATERIAIS E MÉTODOS

Na primeira etapa do trabalho foi realizada o mapeamento do município para busca de jazidas de argila na região. Foram coletadas informações de cerâmicas da região, dados geológicos e coleta de dados com habitantes locais.

Após a fase de coleta de dados, foram definidos cinco pontos de jazidas de argila a serem estudados conforme Figura 2.



Figura 1 – Mapeamento e definição dos locais de coleta da argila.

A caracterização das argilas foi feita em duas etapas, física e química. A caracterização física foi composta pelos ensaios de análise granulométrica, limites de Atterberg e densidade real dos grãos.

A análise granulométrica foi executada seguindo as recomendações da norma NBR 7181 [5]. A fração retida do material na peneira de abertura 0,074mm (ABNT #200) foi classificada por peneiramento. A fração passante do material na peneira foi classificada por sedimentação. Para execução do ensaio de sedimentação foi utilizada substância hexametáfosfato de sódio, material com ação defloculante. Para classificar o solo foi utilizado o padrão de Casagrande (1942) – Unified Soil Classification System.

O material utilizado nos limites de Atterberg foi destorroado e passado na peneira de abertura 0,42mm (ABNT #40). O ensaio de Limite de plasticidade foi realizado de acordo com a NBR 7180 [6], enquanto o limite de liquidez foi realizado de acordo com a NBR 6459 [7].

A determinação da densidade real dos grãos foi realizada conforme a NBR 6457 [8] e NBR 6458 [9], onde foi utilizado o picnômetro.

Foi possível verificar os elementos químicos constituintes de cada material pela determinação da composição química dos materiais e suas respectivas quantidades. O ensaio utiliza o método da Espectroscopia de Energia Dispersiva de Raios X (EDX), no equipamento SHIMADZU EDX 700.

Após a caracterização os dados foram comparados com a de outros pesquisadores que já realizaram a incorporação do resíduo, além de verificar se a argila possui parâmetros adequados para produção de massas cerâmicas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A granulometria dos materiais pode ser verificada na Tabela 1.

Tabela 1 – Granulometria dos solos.

Amostra	Porcentagens Granulométricas							Sílte	Argila
	Pedregulho			Areia					
	Grosso	Médio	Fino	Grossa	Média	Fina			
Arg. A	-	-	-	0,2	0,9	8,4	27,9	62,6	
Arg. B	-	-	-	4,0	3,8	17,9	61,7	12,6	
Arg. C	-	-	-	2,7	3,5	19,9	59,4	14,5	
Arg. D	-	-	-	1,5	1,9	10,7	59,1	26,8	
Arg. E	-	-	-	1,4	2,3	9,5	55,1	31,7	

As argilas B e C apresentam fração areia consideravelmente altas, sendo 25,7% e 26,1% respectivamente. A argila D também apresenta fração areia considerável de 19,1%. Já as argilas A e E apresentam baixa porcentagem de fração argila, 9,5% e 13,2% respectivamente. A porcentagem de fração areia obtida nas argilas B, C e D indicam uma provável baixa plasticidade e difícil moldagem das argilas para utilização em peças cerâmicas, principalmente levando em conta a fração sílte que também é alta. Já nas argilas que apresentam baixa fração areia, a argila E apresenta considerável fração sílte, restando apenas a Argila A com distribuição granulométrica adequada.

A densidade real dos grãos e os limites de Atterberg são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Densidade real dos grãos e índices de Atterberg.

	PESQUISA ATUAL					PEDROTI	ALMEIDA	ALEXANDRE
	Arg. A	Arg. B	Arg. C	Arg. D	Arg. E	(2007)	(2012)	(2015)
	ARGILA	ARGILA	ARGILA	ARGILA	ARGILA	ARGILA	ARGILA	ARGILA
<b>LL</b>	47,5	13,4	17,9	21,2	28,9	59,5	59	73
<b>LP</b>	20,5	7,5	10,4	12,5	15,6	30,2	32,4	28,3
<b>IP</b>	27,0	5,9	7,5	8,7	13,3	29,3	26,6	44,7
<b>Yg</b>	2,73	2,67	2,75	2,74	2,80	2,81	2,64	2,60

Os parâmetros recomendados para aplicação em cerâmica vermelha são: LL = 30 a 60%; LP = 15 a 30% e IP 10 a 30%. Verifica-se novamente que as argilas B, C e D apresentam-se incompatíveis para a produção cerâmica. A argila E apresenta-se próxima dos limites, mas não atende. A única argila mapeada que atende aos parâmetros recomendados é a Argila A.

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos na análise quantitativa dos elementos químicos presentes nos materiais estudados na pesquisa.

Tabela 3 – Composição química dos materiais.

AMOSTRA	Elementos (%)								
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	CaO	BaO	Outros
<b>Arg. A</b>	48,34	36,81	8,65	2,45	0,79	1,26	0,94	0,32	0,44
<b>Arg. B</b>	73,09	12,94	3,72	2,95	1,03	1,49	2,02	0,61	2,15
<b>Arg. C</b>	71,12	16,57	3,44	4,09	0,44	0,33	1,55	0,11	2,35
<b>Arg. D</b>	68,24	13,12	8,12	2,44	0,39	1,98	2,19	0,33	3,19
<b>Arg. E</b>	40,22	29,53	0,97	1,13	0,54	1,23	24,47	0,43	1,48

A argila A apresenta expressiva composição de óxido de silício é um forte indicativo da presença de sílica livre e de argilominerais como por exemplo a caulinita (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.2SiO<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O), argilomineral comumente verificado por pesquisadores que incorporaram o resíduo de rocha ornamental

As argilas B, C e D apresentam grande quantidade de silício sem a presença do alumínio, o que indica potencial presença de quartzo, principalmente reforçado pelos outros ensaios a grande quantidade de areia e baixa plasticidade.

A argila E, que havia se apresentado de forma próxima mas não suficiente aos parâmetros desejados para argila, apresenta a incomum quantidade de Cálcio, elemento presente também nas rochas ornamentais.

## **CONCLUSÕES**

As argilas B, C e D não apresentam parâmetros adequados para produção de massa cerâmica e não precisam passar por caracterizações mais criteriosas.

A argila A apresenta grande potencial de aproveitamento pela indústria cerâmica visto que os parâmetros obtidos são próximos a de outros pesquisadores que utilizaram o resíduo para melhora no desempenho das peças cerâmicas.

A argila E apresentou granulometria adequada e comportamento plástico fora do recomendado, mesmo que pouco.

Pode-se concluir com o trabalho que as argilas A e E apresentam potencial para utilização na formulação de massas cerâmicas e precisam ser analisadas por outros ensaios para que o mercado cerâmico a ser desenvolvido na região possa aumentar a demanda e assim o reaproveitamento do resíduo gerado pela indústria de rocha ornamental.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem as agencias de fomento, CNPQ, CAPES e FAPERJ pelo apoio financeiro a pesquisa.

## **REFERÊNCIAS**

- [1] Y. Singh, A.K.Vyas, K.I. S. A. Kabeer. Compressive Strength Evaluation of Mortars Containing ISF Slag and Marble Powder, *Materials Today: Proceedings*, Volume 4, Issue 9, 2017, Pages 9635-9639.
- [2] M. Singh, K. Choudhary, A. Srivastava, K. S. Sangwan, D. Bhunia. A study on environmental and economic impacts of using waste marble powder in concrete, *Journal of Building Engineering*, Volume 13, 2017, Pages 87-95.
- [3] M. J. Munir, S. M. S. Kazmi, Y. Wu, A. Hanif, M. U. A. Khan. Thermally efficient fired clay bricks incorporating waste marble sludge: An industrial-scale study, *Journal of Cleaner Production*, Volume 174, 2018, Pages 1122-1135.
- [4] Alexandre, J. ; Azevedo, A.R.G. ; Xavier, G.C. ; Zanelato, E.B. ; Manhaes, G.; Oliveira, G. R. . Análise da incorporação de resíduo de fio diamantado na produção de telhas. In: 59º Congresso Brasileiro de Cerâmica, 2015.

- [5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1988). ABNT NBR 7181. Solo – Análise Granulométrica Conjunta. Rio de Janeiro.
- [6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1988). ABNT NBR 7180. Solo – Determinação do Limite de Plasticidade. Rio de Janeiro.
- [7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2016). ABNT NBR 6459. Solo — Determinação do limite de liquidez.
- [8] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2016). ABNT NBR 6457. Amostras de solo - Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização.
- [9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2016). ABNT NBR 6458. Grãos de pedregulho retidos na peneira de abertura 4,8 mm - Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água.