

## ESTUDO DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DA ARGILA PELA ADIÇÃO DE MISTURA DE REJEITOS INDUSTRIAIS NA PRODUÇÃO DE CERÂMICOS \*

Priscila Soares Freitas<sup>1</sup>  
Stephane Paula Celestino<sup>2</sup>  
Angel Rafael Arce Chilque<sup>3</sup>

### Resumo

Este trabalho teve por objetivo estudar a substituição parcial da Argila pela adição de mistura de Rejeitos Industriais na produção de matéria prima Cerâmica, com a finalidade de melhorar a qualidade de 11 grupos de tijolos cerâmicos produzidos anteriormente no trabalho de pesquisa – “Estudo comparativo de misturas de rejeitos industriais para produção de matéria prima cerâmica a partir do aproveitamento de resíduos” (OLIVEIRA; VIEIRA, 2013). Foi dada continuidade à pesquisa anterior incluindo o melhoramento das técnicas de compactação, utilizando dispositivos medidores de pressão e diminuindo também as operações realizadas manualmente, mecanizando-as. O estudo envolveu a realização de ensaios de caracterização química e granulométrica da escória, lama, argila, aditivos, compactação e modelagem da mistura, queima, absorção de água, cálculo de porosidade aparente, absorção de água e características geométricas dos tijolos confeccionados e determinação de resistência à compressão dos mesmos. Os tijolos permaneceram secando ao ar livre por 15 dias, seguido de secagem em estufa por 24h a 50°C, posteriormente introduzidos no Forno Mufla por 24h, inicialmente 2h a 200°C e por mais 22h a 600°C. Os resultados demonstraram que 4 grupos atenderam a NBR8491, as operações executadas neste trabalho permitiram a obtenção de produtos com melhores características técnicas com resultados satisfatórios na resistência à compressão em potencial diminuição de defeitos.

**Palavras-chave:** Aditivos; cerâmica; escória; lama.

### STUDY OF THE PARTIAL REPLACEMENT OF THE CLAY FOR ADDITION OF MIXTURE OF INDUSTRIAL REJECTS IN THE PRODUCTION OF CERAMICS

#### Abstract

The objective of this work was to study the partial substitution of clay by the addition of mixture of industrial waste in the production of ceramic raw material, with the purpose of improving the quality of 11 groups of ceramic bricks previously produced in the research work - "Comparative study of mixtures of industrial tailings for the production of ceramic raw material from the use of waste "(OLIVEIRA; VIEIRA, 2013). The previous research was continued, including the improvement of the compaction techniques, using pressure measuring devices and also reducing the operations performed manually, mechanizing them. The study involved chemical and granulometric characterization of slag, sludge, clay, additives, compaction and modeling of the mixture, burning, water absorption, calculation of apparent porosity, water absorption and geometric characteristics of the prepared bricks and determination of resistance to compression. The bricks were dried in the open air for 15 days, followed by drying in an oven for 24h at 50°C, then introduced in the Mufla Furnace for 24h, initially 2h at 200°C and for a further 22h at 600°C. The results showed that 4 groups attended NBR8491, the operations performed in this work allowed to obtain products with better technical characteristics with satisfactory results in the compressive strength in potential decrease of defects.

**Keywords:** Additions; ceramics; slag; mud.

<sup>1</sup> *Bacharel em Engenharia Metalúrgica, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, Minas Gerais, Brasil.*

<sup>2</sup> *Graduanda em Engenharia Metalúrgica, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, Minas Gerais, Brasil.*

<sup>3</sup> Prof. Dr. Es Sciences Paris VI, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, MG, Brasil.

## 1 INTRODUÇÃO

Devido aos grandes avanços tecnológicos e da globalização a utilização dos recursos minerais, tornou-se centro das preocupações relativas a proteção ambiental. Com o aumento vertiginoso do consumo de bens e serviços, as indústrias se vêm obrigadas a produzir cada vez mais e em consequência mais recursos naturais são extraídos causando danos irreparáveis ao meio ambiente [1].

De fato, as empresas estão se conscientizado de modo a exercerem suas atividades, de maneira sustentável, porém, ainda assim, grandes desafios são encontrados no aprimoramento desta atividade. Um desafio expressivo, sem dúvida, é o controle e destino dos resíduos gerados pelas indústrias de extração e beneficiamento de minérios [2].

Os resíduos decorrentes das atividades de extração mais preocupantes são as lamas, e os decorrentes do beneficiamento as escórias. Assim uma atividade com o propósito de aproveitar tais rejeitos, seria uma maneira de produzir novas matérias-primas utilizáveis e ainda contribuir com a preservação ambiental.

Assim a escória e a lama igualmente problemáticas em termos econômicos e ambientais são resíduos com características distintas que podem oportunizar seu reaproveitamento quando prensadas em conjunto [3].

A presente pesquisa tem como objetivo dar continuidade ao trabalho de, Oliveira; Vieira (2013), substituindo parcialmente o elemento não renovável, em caso, a argila, e utilizar preferentemente os rejeitos industriais, visando o emprego da junção destes na fabricação de tijolos cerâmicos, matéria prima para a construção civil. Á estas misturas serão acrescentadas aditivos, com o objetivo de melhorar as características necessárias ao produto cerâmico, como: resistência a compressão, absorção a água e porosidade, conforme normas da ABNT.

Outros objetivos são melhorar as técnicas empregadas no trabalho anterior, em particular a compactação, utilizando prensa hidráulica munida de manômetro; nos produtos otimizados, verificar a influência de aditivos: Carvão Mineral Pulverizado, Cal Hidratada, Talco e Gipsita; no comportamento da plasticidade de massas e nas propriedades físicas dos corpos produzidos.

Pretende-se também, com a utilização desses resíduos Escória de Alto Forno e Lama de Minério de Ferro, contribuir na redução de impactos negativos e no aperfeiçoamento da sustentabilidade ambiental.

## 2 METODOLOGIA

A pesquisa realizada nesse estudo foi do tipo bibliográfica, experimental e exploratória. A metodologia se resume então, a uma pesquisa bibliográfica geral e planejamento dos trabalhos; obtenção das amostras; tratamento das amostras; (compactação e modelagem da mistura dos rejeitos industriais (escória e lama) com os aditivos (talco, gipsita, cal hidratada e carvão mineral pulverizado) com a argila, bem como a sua queima em forno específico, segundo controles de teores de granulometria, temperatura, percentuais de mistura, para então verificação dos resultados; além dessas etapas foram realizados testes em laboratórios devidamente equipados, os quais acontecerem prioritariamente na própria Universidade (Unidade João Monlevade) e em laboratórios de outras instituições que apoiaram o projeto, onde foram feitos os ensaios físicos (absorção a água) e

mecânicos (compressão e porosidade) nos tijolos fabricados, seguindo as normas da ABNT.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais que foram empregados na pesquisa são os rejeitos industriais Escória de Alto-Forno e Lama de Minério de Ferro; em adição aos aditivos Carvão Mineral Pulverizado, Cal Hidratada, Talco e Gipsita, além da Argila (recurso não renovável) o qual teve sua substituição parcial na formulação dos blocos cerâmicos.

Os equipamentos que foram usados são: moinho de bolas; britador de mandíbula; peneirador vertical; estufa; forno mulfla; prensa hidráulica; e máquina de ensaio de compressão.

#### 3.1 Composição química da Escória de Alto Forno, Lama de Mineração e Argila

A escória utilizada nos procedimentos da pesquisa foi cedida pela siderúrgica Arcelor Mittal unidade de João Monlevade. A mesma é designada granulada, devido ao tipo de resfriamento com jatos de água. A Tabela 1 apresenta sua composição química.

Tabela 1 – Composição química da Escória de Alto-Forno (% em peso de base seca)

Composição	FeO	MgO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MnO	H <sub>2</sub> O
(%)	0,50	6,19	35,60	10,80	44,50	0,48	6,90

A lama empregada, foi fornecida pela Samarco Mineração unidade de Mariana-MG. Sendo proveniente do Underflow Espessador. A Tabela 2 exemplifica a composição química da lama.

Tabela 2 – Composição química da Lama do Espessador

Composição	Fe	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P	PPC	MnO <sub>2</sub>
(%)	50,77	18,24	2,68	0,104	6,14	0,14

A argila foi cedida pela empresa CIMENTOS LIZ, localizada na cidade de Vespasiano–MG, a sua composição química está apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 – Composição química da Argila

Composição	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	CaO	MnO	K <sub>2</sub> O
(%)	40,91	25,87	0,60	11,79	0,16	1,74	-	0,69

#### 3.2 Preparação das matérias-primas

##### 3.2.1 Escória de Alto Forno

Após a obtenção da amostra de escória, foi realizado a secagem natural, seguido de destorroamento e feito a sua moagem em moinho de bolas. Posteriormente foi realizado o peneiramento. Processo que teve o intuito de utilizar uma fração mais fina da escória. Grupo 4 e 5 passantes na peneira de #400; Grupo 8 e 9 passantes na peneira de #325; Grupo 10 e 11 passantes na peneira de #200.

### 3.2.2 Lama de Minério de Ferro

O resíduo foi seco em estufa á 100°C durante 24 horas e processado em moinho de bolas do mesmo modo que a escória, objetivando frações finas da amostra.

### 3.2.3 Argila

Após sua coleta, esta foi transportada para o laboratório de tratamento de minérios da Unidade João Monlevade, onde foi colada na estufa por 2 horas a uma temperatura de 50°C para remover sua umidade e evitar que o material grudasse no moinho de bolas; sendo destorroada; seguidamente de moagem e peneiramento, obtendo-se assim um material com partículas finas. O material utilizado na formulação das massas foi no passante de #200.

## 3.3 Formulação das massas cerâmicas

Inicialmente foi definida a composição dos diferentes grupos de misturas com intuito de avaliar o desempenho final do tijolo em função dos teores de escória e lama.

O grupo 1 constitui no grupo de controle, servindo dessa forma de base de comparação com os demais tijolos fabricados com os diferentes teores de resíduos e aditivos. Para todos os grupos foi fabricada uma quantidade de quatro tijolos, visando a realização posterior dos ensaios destrutivos e não destrutivos. O planejamento de experimentos pode ser visualizado na Tabela 4.

Tabela 4 – Definição dos grupos

Grupo	Argila (%)	Lama (%)	Escória (%)	Carvão (%)	Cal Hidratada (%)	Talco (%)	Gipsita (%)
1	100	-	-	-	-	-	-
2	-	90	-	10	-	-	-
3	-	90	-	-	-	10	-
4	20	60	10	10	-	-	-
5	20	60	10	-	-	10	-
6	-	85	-	-	15	-	-
7	-	85	-	-	-	-	15
8	65	-	20	-	15	-	-
9	65	-	20	-	-	-	15
10	60	10	10	-	10	-	10
11	60	10	10	10	-	10	-

A escória de alto-forno foi beneficiada no passante de #200, #325 e #400, a Tabela 5 mostra as porcentagens das misturas e o passante (mesh #) correspondente do material.

Tabela 5 – Mesh (#) utilizado no beneficiamento da escória

Grupo	Argila (%)	Lama (%)	Escória (%)	Carvão (%)	Cal (%)	Talco (%)	Gipsita (%)	mesh (#)
4	20	60	10	10				#400
5	20	60	10			10		#400

8	65		20		15			#325
9	65		20				15	#325
10	60	10	10		10		10	#200
11	60	10	10	10		10		#200

### 3.4 Conformação, secagem e queima dos corpos de prova

Utilizou-se uma prensa hidráulica munida de manômetro com capacidade de 10 toneladas. O molde utilizado nos experimentos foi fabricado pela empresa ESMETAL LTDA. A dimensão final do tijolo depende do tamanho do molde, normalizado pela ABNT para tijolos maciços. Essa normalização é apresentada pela NBR 7170 (ABNT, 1983).

Para cada formulação dos blocos cerâmicos, foi aplicado uma pressão de 4 toneladas para prensagem dos corpos de prova. Com os corpos de prova moldados e prensados, permaneceram secando ao ar livre por 15 dias, seguidamente, introduzidos na estufa, permanecendo por 24 horas a uma temperatura de 50°C.

A água deve ser eliminada de forma gradual para evitar tensões e conseqüentemente defeitos [4].

A etapa de secagem é fundamental, pois peças introduzida excessivamente úmidas no forno sofrem uma evaporação brusca, que podem gerar uma série de tensões na peça, levando a uma redução da resistência pela formação de fissuras e trincas [5].

Logo depois de retirados da estufa, os tijolos foram introduzidos no forno mufla do laboratório, para ocorrer a queima. Primeiramente os tijolos permaneceram por 2 horas no forno mufla a uma temperatura de 200°C, depois dessa etapa a temperatura foi aumentada para 600°C, permanecendo nesta faixa por mais 22 horas.

A finalidade da queima em cerâmica é transformar um material friável num objeto resistente através da ação do calor, sendo um processo que envolve o aquecimento do material a altas temperaturas. Durante a queima, transformações físicas e químicas possuem relação complexa na obtenção das propriedades finais [5].

## 4 RESULTADOS

### 3.1 Índice de Absorção de Água

Para o tijolo maciço não há norma técnica que determina o ensaio, dessa maneira foi estipulado realizar o teste tendo como base a NBR 8491 (ABNT, 1984) e a NBR 8492 (ABNT, 1984).

Seguindo os parâmetros fixados, inicialmente determinou-se a massa seca dos corpos de prova, sujeitando estes, a secagem em estufa a 105°C. Depois dessa determinação, os corpos de prova foram inseridos em uma bacia, seguidamente preenchido com água à temperatura ambiente, em volume suficiente para mantê-los inteiramente imersos, como pode ser visto na Figura 1, os quais permaneceram nestas condições por 24 horas.



**Figura 1** – Corpos de prova imersos em água á temperatura ambiente  
**Fonte:** Pesquisa Aplicada (2017).

Segundo a NBR 8491 (ABNT, 1984), os valores individuais do índice de absorção de água não devem ser superiores a 22%. Este índice é determinado pela equação 1:

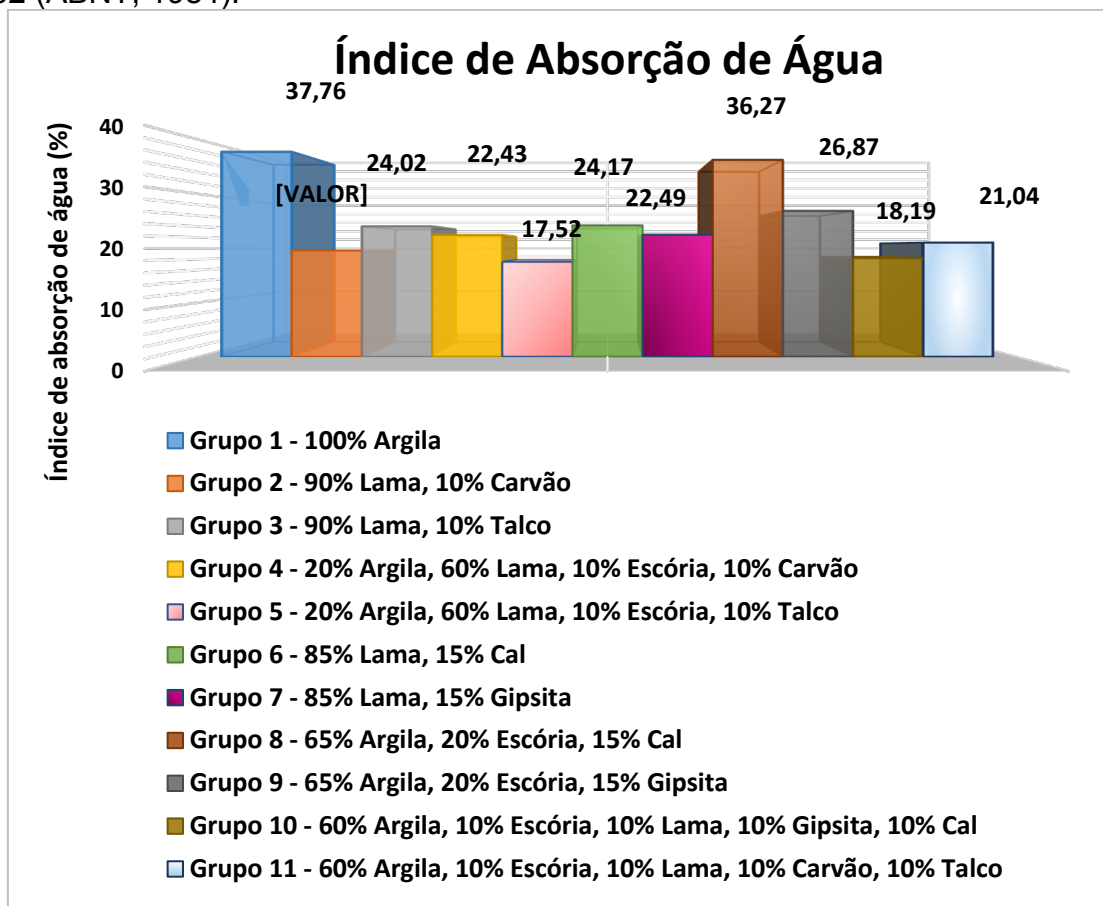
$$AA (\%) = \frac{m_u - m_s}{m_s} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

$m_u$  corresponde a massa úmida do corpo de prova, e

$m_s$  representa a massa seca do corpo de prova, expressa em gramas.

Os resultados do índice de absorção de água são demonstrados na Figura 2. Pode-se inferir que todos os grupos de mistura apresentaram resultados melhores comparando com o grupo 1 “padrão” (100% argila) 37,76%, porém, só os grupos 2 (90% lama, 10% carvão), 5 (20% argila, 60% lama, 10% escória, 10% talco), 10 (60% argila, 10% escória, 10% lama, 10% gipsita, 10% cal) e 11 (60% argila, 10% escória, 10% lama, 10% carvão, 10% talco) atenderam a especificação da NBR 8492 (ABNT, 1984).



**Figura 2** – Gráfico de Resultados do índice de absorção de água  
**Fonte:** Pesquisa Aplicada (2017)

## 4.2 Influencia da porosidade



Para a obtenção da porosidade aparente, o procedimento baseia-se na determinação da massa da amostra seca ( $M_s$ ), das massas úmidas ( $M_u$ ) e imersa ( $M_i$ ), segundo a fórmula da Balança de Arquimedes, equação 2.

$$P_{ap} = \left( \frac{M_u - M_s}{M_u - M_i} \right) \times 100 \quad (2)$$

Onde:

$P_{ap}$  é a porosidade aparente,

$M_u$  a massa úmida,

$M_s$  é a massa seca e,

$M_i$  é a massa imersa no líquido.

O experimento foi feito em duplicata, desse modo o grupo com o menor índice de absorção de água, grupo 5 (20% argila, 60% lama, 10% escória, 10% talco), foi o grupo que apresentou o menor índice de porosidade, (Tabela 6) resultado este que está condizente com a literatura consultada [4].

Tabela 6 – Porosidade (%)

Grupo	Corpo de prova	Massa imersa (g)	Porosidade aparente (%)	Porosidade média (%)
1	1	800,00	66,67	67,26
	2	800,00	67,86	
2	1	1374,00	42,77	42,01
	2	876,40	41,24	
3	1	1085,80	67,14	59,30
	2	1532,90	51,45	
4	1	1217,40	61,66	57,10
	2	1004,40	52,53	
5	1	859,00	27,56	36,93
	2	900,00	46,30	
6	1	1700,00	87,63	61,00
	2	707,60	34,37	
7	1	1155,00	57,82	58,66
	2	707,60	59,49	
8	1	910,20	67,67	67,06
	2	806,80	66,44	
9	1	1056,00	62,67	63,01
	2	953,00	63,35	
10	1	1005,50	40,86	39,97

	2	1186,30	39,07	
11	1	1034,70	42,63	55,72
	2	960,10	68,82	

O gráfico da Figura 3 correlaciona o aumento da absorção de água em função da porosidade calculada.

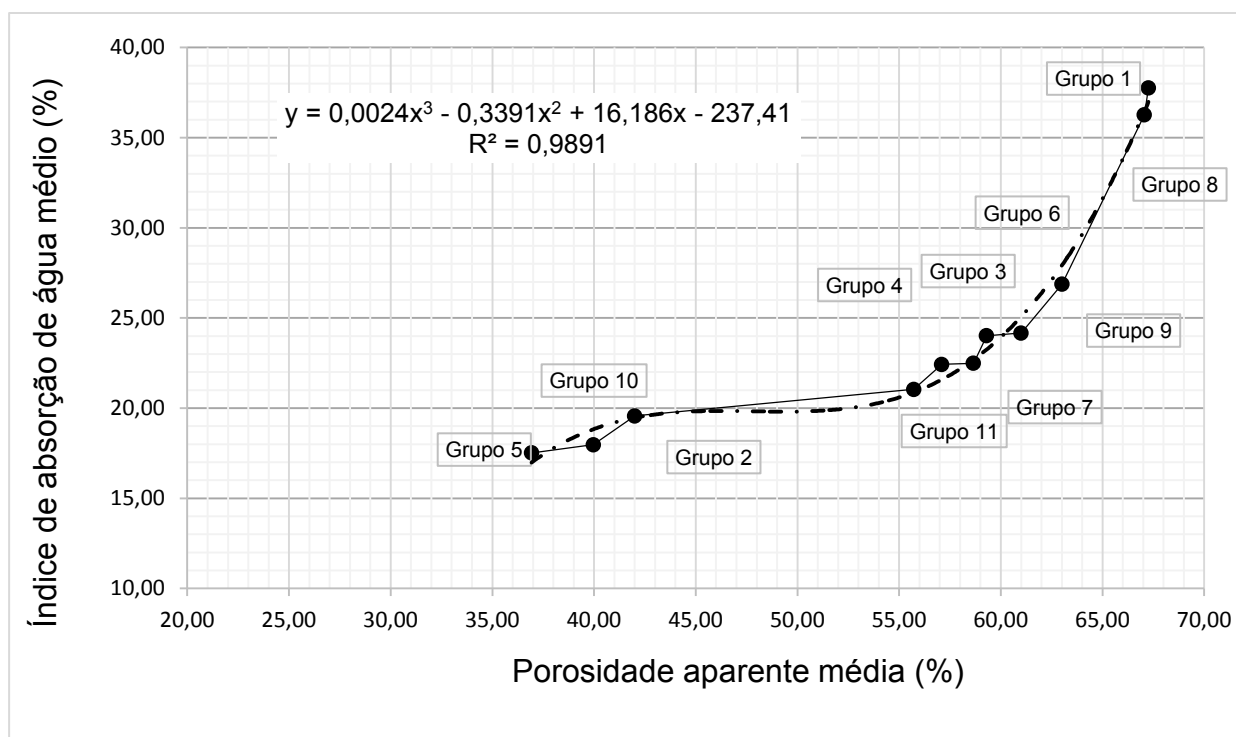
**•#400**  
% argila = 20%  
**4 e 5**

**•#325**  
% argila = 65%  
**8 e 9**

**•#200**  
% argila = 60%  
**10 e 11**

**Grupo 5** (20% argila, 60% lama, 10% escória, 10% talco) **36,93%**

**Grupo 5** é o grupo que apresentou o **menor índice de porosidade** e o melhor índice de absorção de água.



**Figura 3** – Gráfico da correlação entre o coeficiente da absorção de água e porosidade  
**Fonte:** Pesquisa Aplicada (2017)

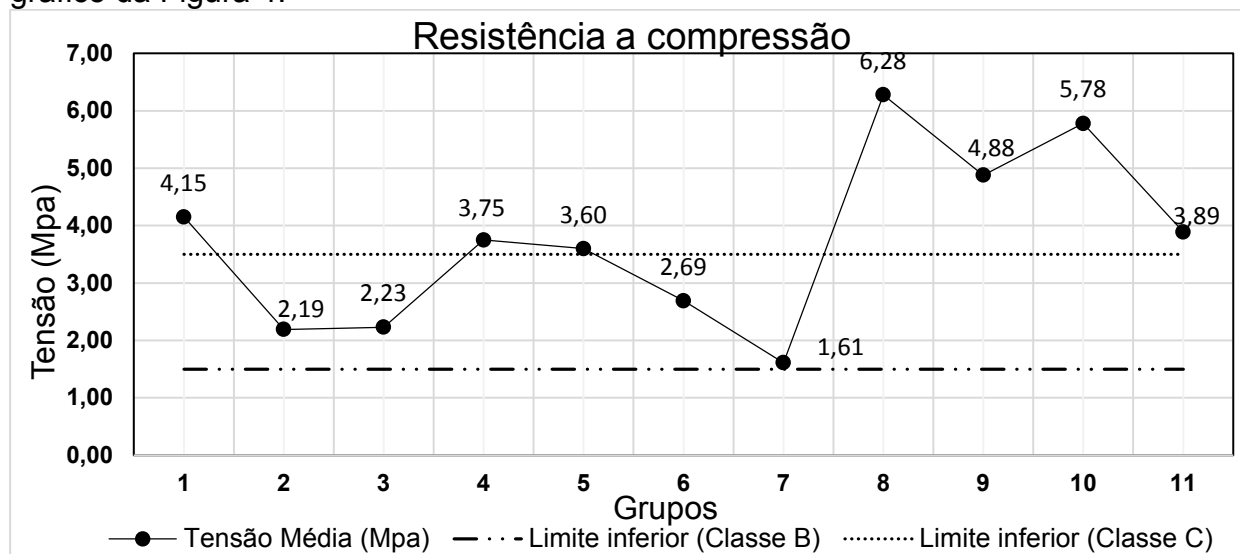
Nota-se a partir deste gráfico uma alta relação da absorção de água com a porosidade. O coeficiente de determinação  $R^2$  relativamente alto (0,9891) confirma essa alta relação entre as variáveis. Demonstrando que 10% do valor da absorção de água não depende desta variável. O que evidencia que a técnica operacional empregada nesta pesquisa foi boa.

#### 4.3 Determinação da resistência a compressão mínima

Para determinação da resistência a compressão, os tijolos prensados e queimados seguem a NBR 6460 (ABNT, 1983). O teste de resistência a compressão dos tijolos



foi processado na UNIFEI campus Itabira. Os resultados estão evidenciados no gráfico da Figura 4.



**Figura 4** – Resultados do teste de resistência a compressão (Mpa).

**Fonte:** Pesquisa Aplicada (2017)

Compreende-se que todos os grupos de mistura com exceção do Grupo 7 (85% Lama, 15% Gipsita) atenderam a especificação exposta na norma NBR 8492<sup>1</sup> (ABNT, 1984), situando entre as classes B e C da atribuída norma. Observa-se no gráfico, que os grupos que exibem a maior resistência a compressão foram os grupos 8 (65% argila, 20% escória e 15% cal hidratada) com a escória no passante de #325 e 10 (60% argila, 10% lama, 10% escória, 10% cal hidratada e 10% gipsita) com a escória no passante de #200, o que demonstra que a escória de alto forno moída é propícia para esta propriedade, além do uso do aditivo “cal hidratada” presente em ambos, o que evidencia que seu uso é propício para esta propriedade pois a cal confere as massas cerâmicas plasticidade e durabilidade as peças, onde obtivemos tijolos mais resistentes. Já os grupos que incluíam altas porcentagens de lama de minério de ferro e um aditivo, como os grupos 2 (90% lama e 10% carvão), 3 (90% lama e 10% talco), 6 (85% lama e 15% cal hidratada) e 7 (85% lama e 15% gipsita) se assemelham nos valores das resistências, situando entre as classes da norma, demonstrando que seu uso não afeta a resistência a compressão dos tijolos maciços, tendo potencial na formulação dos mesmos.

## 5 DISCUSSÃO

A substituição parcial da argila pelos materiais estudados é em geral propícia, visto que o grupo 5 (20% argila, 60% lama, 10% escória, 10% talco) apresentou o melhor índice de absorção de água equivalente a 18,60%. Dos 11 grupos formulados, 4 estiveram a baixo de 22%, os quais foram o grupo 2 (90% lama, 10% carvão), 19,57%, grupo 5 (20% argila, 60% lama, 10% escória, 10% talco) 18,60%, grupo 10 (60% argila, 10% escória, 10% lama, 10% gipsita, 10% cal) 18,19% e grupo 11 (60% argila, 10% escória, 10% lama, 10% carvão, 10% talco) 21,04% atenderam a especificação da NBR 8492 (ABNT, 1984).

<sup>1</sup> NBR 8492 (ABNT, 1984) – A amostra ensaiada não deve apresentar a média dos valores de resistência a compressão menor do que 2,0 Mpa (20 Kgf /cm<sup>2</sup>) nem valor individual inferior a 1,7 Mpa (17 Kgf/ cm<sup>2</sup>) com idade mínima de 7 dias.

Os demais, os grupos 4 (20% argila, 60% lama, 10% escória, 10% carvão) 22,43% e o grupo 7 (85% lama, 15% gipsita) 22,49% também apresentaram um índice de absorção de água bons, visto que, arredondando valores, dão 22% o que está de acordo com a NBR 8491 (ABNT, 1983).

Nas misturas escolhidas e otimizadas, analisou-se a influência dos aditivos “Carvão Mineral Pulverizado e Talco” em comparação aos tijolos fabricados com o uso da “Cal Hidratada e Gipsita”. Com base nos dois testes realizados (absorção d’água e porosidade) os aditivos que apresentaram os melhores índices foram “Carvão Mineral Pulverizado e o Talco”; presentes na maior parte dos grupos, Grupo 2 (90% lama, 10% carvão), 19,57%, Grupo 5 (20% argila, 60% lama, 10% escória, 10% talco) 18,60% e Grupo 11 (60% argila, 10% escória, 10% lama, 10% carvão, 10% talco). Evidenciando que para estas duas propriedades, o uso desses aditivos se mostrou bastante eficaz e indicado sua junção aos rejeitos industriais, Escória de Alto Forno e Lama de Minério de Ferro. Os aditivos melhoraram os valores de absorção de água e porosidade; o Grupo 5 (20% argila, 60% lama, 10% escória, 10% talco), com granulometria da escória (#400) apresentou o melhor índice de absorção de água e porosidade; mostrando que o controle de granulometria é de extrema importância influenciando na qualidade do produto final.

Para a resistência a compressão as adições dos resíduos também foi satisfatória e eficaz, os grupos 8 (65% argila, 20% escória e 15% cal) 6,28 Mpa, escória no passante de #325 e 10 (60% argila, 10% lama, 10% escória, 10% cal e 10% gipsita) 5,78 Mpa, escória no passante de #200, são as adições que apresentaram a maior resistência a compressão. Esta melhora está associada com os meios de beneficiamento que as matérias primas em questão foram submetidas (moagem e peneiramento) dos materiais empregados, bem como a adição de aditivos. Isto demonstra a importância de se trabalhar com granulometria mais controlada. Os grupos 9 (65% argila, 20% escória e 15% gipsita) 4,88 Mpa, 5 (20% argila, 60% lama, 10% escória e 10% talco) 3,60 Mpa e 11 (60% argila, 10% lama, 10% escória, 10% carvão e 10% talco) 3,31 Mpa, obtiveram resistências mecânicas satisfatórias.

Com base no teste de compressão realizado, os aditivos que apresentaram os melhores índices foram “Cal Hidratada e Gipsita”, presentes na maior parte dos grupos; Grupo 8 (65% argila, 20% escória e 15% cal) 6,28 Mpa, Grupo 10 (60% argila, 10% lama, 10% escória, 10% cal e 10% gipsita) 5,78 Mpa e Grupo 9 (65% argila, 20% escória e 15% gipsita) 4,88 Mpa. Os tijolos que possuíam apenas lama e um aditivo na formulação, grupo 3 (90% lama, 10% talco), grupo 6 (85% lama, 15% cal) e grupo 7 (85% lama, 15% gipsita) apresentaram trincas após a sinterização.

Os resultados da absorção de água e porosidade mostraram-se muito bons, com valores apropriados segundo a normalização brasileira NBR 8492 (ABNT, 1984), os que são condição para obter boas propriedades mecânicas, bem como o controle de granulometria (escória em #200, #325 e #400) e a argila no passante de (#200) e mecanização do processo, onde utilizamos uma prensa hidráulica a qual foi aplicada uma força de 4 toneladas em cada corpo de prova produzido.

Vale ressaltar também, que os aditivos, quando aliados a um melhor controle do estado superficial dos tijolos durante sua fabricação e controle da granulometria resultam em tijolos mais resistentes e melhores propriedades físicas (absorção de água), o que de fato pode ser comprovado por meio dos nossos experimentos.

Em relação a análise de fissuras e trincas, o comportamento do material também deve ser alvo de enfoque.

## 6 CONCLUSÃO

A metodologia e mecanismos empregados no presente trabalho, permitem concluir que os resultados alcançados foram satisfatórios, até mesmo quando comparado ao trabalho base – Estudo comparativo de misturas de rejeitos industriais para produção de matéria prima cerâmica, Oliveira ; Vieira [2] e também quando equiparado com estudos elaborados por outros autores, como Silva [1] Groenner [6] e Pinto [3].

O emprego dos aditivos (cal hidratada, gipsita, talco e carvão mineral pulverizado) influenciaram positivamente na qualidade final dos blocos cerâmicos; no comportamento da plasticidade de massas e nas propriedades físicas dos corpos produzidos (absorção de água), resultados bastante satisfatórios e propriedades mecânicas (resistência a compressão e porosidade), acarretando no aumento da resistência dos tijolos; quando comparado ao trabalho base Oliveira; Viera [2], evidenciando que a junção destes, com os resíduos industriais é indicado e viável.

Como sugestão de continuidade dos estudos se sugere a utilização de métodos estatísticos para programação de experiências. É imprescindível que estudos complementares, para caracterização estrutural do material seja realizado. Métodos como a Microscopia Óptica, Microscopia Eletrônica de Varredura – MEV e difração de Raios X, vão auxiliar na determinação das fases presentes.

## Agradecimentos

Ao Prof. D.Sc. Angel Rafael Arce Chilque, orientador deste trabalho; Ao nosso amigo o Engenheiro Metalurgista Francismar Henrique de Oliveira, colaborador da pesquisa; Ao Professor D.Sc. Carlos Augusto de Souza Oliveira e a toda equipe do laboratório de Materiais de Construção Civil da UNIFEI campus Itabira, no teste de compressão; À FAPEMIG e ao PAPq pela concessão de bolsas de Iniciação Científica; À ESMETAL LTDA pela confecção e doação do molde de aço para fabricação dos tijolos; À CIMENTOS LIZ pela doação da argila; A Ind. e Com. São José LTDA pelo talco.

## REFERÊNCIAS

- 1 SILVA, Janine Gomes da. Análise do ciclo de vida de tijolos prensados de escória de alto-forno. 2005. 260 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.
- 2 OLIVEIRA, Francismar Henrique; VIEIRA, Leandro César Silva. Estudo comparativo de misturas de rejeitos industriais para produção de matéria prima cerâmica. 2013. 64 f. Monografia (graduação em Engenharia Metalúrgica) – FaEnge – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual de Minas Gerais, João Monlevade, 2013.
- 3 PINTO, Paulo César. Investigação de Parâmetros do CCR com Incorporação de Escória Granulada de Alto Forno para Utilização como Base de Pavimentos. 2010. 197 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
- 4 PEREIRA, Marivalda Magalhães; VASCONCELOS, Wander Luiz. Processamento de cerâmicas. Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais. Universidade do Estado de Minas Gerais – UFMG, 2012.
- 5 PUREZA, Julio César Cestari. Utilização de resíduos industriais de baixa granulometria em massas cerâmicas de argila vermelha: Aspectos tecnológicos e ambientais. 2004. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

- 6 GROENNER, Patrícia Elaine Moura. Reaproveitamento do resíduo de fabricação de consumíveis para soldagem em tijolos de cerâmica vermelha. 2007. 90 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente) – Escola de Engenharia da UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.