

## Incorporação da cinza do eucalipto em massa de cerâmica vermelha

S.I. Pereira<sup>1</sup>, M. Peterson<sup>2</sup>, A. Zaccaron<sup>3\*</sup>, V.S. Nandi<sup>4</sup>, P. Fernandes<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Tecnologia em Cerâmica e Vidro - Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC, Av. Universitária 1105, Criciúma, SC, 88806-000, Brasil, silvia\_izaura@hotmail.com;

<sup>2</sup> Parque Científico e Tecnológico - IPARQUE, Rod. Gov. Jorge Lacerda, 3978 - Universitário, Criciúma - SC, 88806-000, Brasil, mpe@unesc.net;

<sup>3</sup> Laboratório de Cerâmica Vermelha - LABCER, AV Celeste Recco 414, Morro da Fumaça, SC, 88830-000, Brasil, alexandrezaccaron@hotmail.com;

<sup>4</sup> Programa de Pós Graduação em Ciências e Engenharia de Materiais - PPGCEM, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, R. Eng. Agrônomo Andrei Cristian Ferreira, s/n - Trindade, Florianópolis - SC, 88040-900, Brasil, vitorsnprof@gmail.com;

<sup>5</sup> Engenharia Cerâmica - Centro Universitário Barriga Verde - UNIBAVE, Av Valdemar Kleinubing 150, Cocal do Sul, SC, 88845-000, Brasil, fernandes.paulo@ua.pt.

(Recebido em 17/04/2015; revisado em 14/09/2015; aceito em 10/03/2017)  
(Todas as informações contidas neste artigo são de responsabilidade dos autores)

### Resumo:

O presente estudo propõe avaliar a possibilidade da adição da cinza proveniente da queima da lenha de eucalipto em uma formulação típica de cerâmica, cujo objetivo visa caracterizar a cinza e as matérias primas padrão para posterior adição no processo de produção, criando uma nova alternativa de matéria-prima de uso cerâmico, uma chance de transformar problemas ambientais em oportunidades tecnológicas e econômicas. A cinza pode atuar como um fundente e pode contribuir para melhorar as propriedades de queima através da redução da porosidade pela formação de fase líquida. Foram realizados ensaios de espectrometria de fluorescência de raios-x para a caracterização das possíveis fases presentes, também foi analisada por balanço de massa a quantidade de cinza gerada no processo de queima em cada ciclo, após caracterização química da cinza e matéria-prima ocorreu à etapa de estudo da adição de cinza nas matérias primas padrão do processo produtivo.

**Palavras-chave:** Cerâmica vermelha, lenha, cinza, caracterização.

### Abstract:

This study aims to evaluate the possibility of adding ash from the burning of eucalyptus firewood in a typical formulation of ceramics, which goal is to characterize the ash and the pattern raw materials for later addition in the production process, creating a new alternative of ceramic use, a chance to turn environmental problems into technological and economic opportunities. The ash can act as a flux and can help improving the burning properties by reducing the porosity by the formation of liquid phase. It were perfomed assays of fluorescence spectrometry x-rays to characterize the possible present phases, it was also analyzed by mass balance the amount of ash generated in the combustion process in each cycle, after chemical characterization of gray and raw material occurred at study step of adding ash into the standard raw materials in the production process.

**Keywords:** Red ceramics, firewood, ash, characterization.

## 1. Introdução

A região sul do estado de Santa Catarina, principalmente os municípios de Morro da Fumaça, Sangão e Içara se destacam como grandes produtores de telhas e tijolos com base de argila no estado, apresentando assim uma forte introdução na economia regional. O setor cerâmico iniciou suas atividades em pequenas propriedades e a partir dos anos

70 com a implantação da BR101, e a ligação dos estados do Paraná e Rio Grande do Sul alavancaram o setor.

O crescimento do setor refletiu diretamente nas questões ambientais, onde o aumento de empresas e de fabricação de produtos fez com que houvesse uma procura maior por material argiloso e insumos energéticos. A atividade por si só já é considerada poluidora e degradante se realizada sem seguir a legislação, e por muitos anos assim que foi efetuada

\*Email: alexandrezaccaron@hotmail.com (A. Zaccaron)

por muitos anos, atacando diretamente o meio ambiente nas questões de efluentes gasosos e passivos ambientais [1,2].

O Ministério Público Estadual e demais entidades intervieram com as condições que o setor trabalhava e firmaram um Termo de Ajustamento de Conduta – TAC, a fim de regularizar o setor, tanto nas questões ambientais quanto na padronização dos produtos, com o propósito de regularização junto ao órgão de controle ambiental, Fundação do Meio Ambiente – FATMA e Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, em conformidade com a legislação vigente [3].

Apesar de ser vista pela sociedade como uma atividade altamente poluidora, o processo produtivo de cerâmica vermelha pode ser uma grande aliada às questões ambientais, uma vez que a matéria prima utilizada possui potencial para utilização e valorização de diferentes resíduos que geridos da maneira correta, proporcionam ganhos considerável na fabricação de peças cerâmicas [4].

O próprio processo produtivo das “olarias” gera resíduo, nos quais se destacam: as quebras de produto final e as cinzas do processo de combustão. As quebras são resíduos decorrentes das perdas do produto acabado após a queima que só podem ser reaproveitados como matéria prima após sofrer um processo de moagem, classificando se como um resíduo inerte. As cinzas obtidas da combustão da lenha predominantemente de eucalipto também classificando como um resíduo inerte é especialmente rico em cálcio, sendo composta por carbonato de cálcio, apresenta aglomerados de partículas esféricas e porosos e com tamanho médio de 0,15 mm [5].

Estudos apontam que a cinza pode atuar como um fundente e pode contribuir para melhorar as propriedades de queima através da redução da porosidade pela formação de fase líquida [5].

A proposta deste estudo visa adicionar as cinzas geradas pela queima do produto, na preparação da massa visando diminuir o impacto ambiental, além de ser criada uma nova alternativa de matéria-prima de uso cerâmico uma oportunidade de transformar problemas ambientais em oportunidades tecnológicas e econômicas.

O uso de resíduos industriais incorporados às massas argilosas como matéria - prima alternativa, quando realizada com sucesso pode melhorar a qualidade do produto final e contribuir para minimizar o impacto ambiental.

## 2. Materiais e Métodos

Foi utilizada a cinza proveniente da queima da lenha de eucalipto (*Eucalyptus*) do processo industrial de manufatura de cerâmica vermelha, localizada no município de Sangão no sul de Santa Catarina/Brasil, para a realização da etapa de balanço de massa, formulação e também de caracterização química.

A coleta da cinza foi realizada em grelhas existentes no forno logo após o ciclo de queima, totalizando 174 kg de cinza advindas de seis fornalhas; na empresa este ciclo é realizado vinte quatro vezes durante o mês totalizando 4,176 kg de cinza gerada/mês.

A caracterização física da matéria prima em conjunto com adição de cinza foi realizado no laboratório de cerâmica vermelha - LABCER na cidade de Morro da Fumaça. As amostras foram recebidas, identificadas e colocadas em um ambiente para preservar suas características. Foram retiradas três amostras de argilas diferentes com 100 g (PU) de diferentes pontos para formular a massa padrão e poder determinar a umidade (Tabela 1).

Tabela 1. Determinação de umidade.

Nº.	Peso úmido	Peso seco	Umidade
1	100g	81,5g	18,5%
2	100g	79,9g	20,1%
3	100g	82,0g	18,0%

A metodologia utilizada neste trabalho segue métodos de ensaios específicos para a caracterização de matérias primas de cerâmica vermelha, conforme normas NBR 15270-1:05 e NBR 15270-3:05 [6,7]. Os ensaios realizados foram: umidades de extrusão das massas, retração linear de secagem –RLs (%), perda ao fogo – P.F (%), retração linear de queima –RLq (%), absorção de água – AA (%) e a resistência à flexão (MPa).

Foram preparados 40 corpos de prova da massa padrão e separadas 20 kg (seco) para cada amostra, onde foram preparadas cinco formulações adicionando a massa seca os percentuais de 0,1%; 0,5%; 1%; 2% e 5% de cinza, conforme indicado na Tabela 2.

Tabela 2. Nomenclatura das amostragens

Amostra	Padrão	Padrão + 0,1% cinza	Padrão + 0,5% cinza	Padrão + 1% cinza	Padrão + 2% cinza	Padrão + 5% cinza
Nome	STD	F1	F2	F3	F4	F5

Todas as amostras preparadas foram submetidas a um chapeamento em laminador laboratorial (marca Bertan) com uma abertura de 2 mm. Os corpos de prova foram conformados por extrusão em uma maromba laboratorial (marca Natreb modelo 01), vácuo de 25 in.Hg, de dimensões 30x15x120 mm. Após conformação, foram pesados em uma

balança (marca Marte, modelo AC10K, S=0,1 g) e medidos com paquímetro (precisão de 0,02 mm), posteriormente preservados em estufa (com resistência elétrica, marca DeLeo, nº2211 modelo 8) a 110 °C ± 5°C por 24 horas. Em seguida, submetidos à queima com uma taxa de aquecimento de 3 °C por min-1 com ciclo de queima de 24 horas atingindo uma

temperatura de 950 °C em um forno mufla elétrico (marca Quimis mod.Q.318.D.35.T).

Após queima, as amostras foram submersas em um recipiente com água por 24 horas a temperatura ambiente, para obter a sua absorção de água.

Para obter a resistência a flexão, foram utilizada 30 amostras de cada formulação em uma máquina universal de ensaios (marca EMIC modelo DL-20.000), para avaliar sua carga de ruptura o equipamento opera com velocidade constante de 30 mm/min e limite de força de 9000 N.

A análise química das matérias primas foi realizada no laboratório do SENAI de Criciúma-SC em um espectrômetro de fluorescência de raios X (Philips modelo PW 2400).

### 3. Resultados e Discussão

Na Tabela 3 é apresentada a composição química das matérias-primas utilizadas. As argilas apresentam como constituintes básicos os óxidos de silício, alumínio e ferro. O elevado teor de óxido de silício (SiO<sub>2</sub>) é devido à presença de quartzo (SiO<sub>2</sub>) e outros minerais argilosos e não-argilosos que possuem o silício na sua composição química. O óxido de

alumínio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) geralmente está associado ao argilomineral caulinita (Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(OH)<sub>4</sub>). O óxido de ferro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) fornece a tonalidade vermelha às peças assim como o óxido de titânio (TiO<sub>2</sub>) podem proporcionar variação de tonalidade após queima. Os óxidos de cálcio (CaO) e de magnésio (MgO) que geralmente são provenientes da calcita, dolomita e gipsita, têm efeito fundente. O óxido de sódio (Na<sub>2</sub>O) e o de potássio (K<sub>2</sub>O) tem um efeito fundente intenso e são, geralmente, provenientes dos feldspatos. A cinza apresentou óxido de cálcio (CaO) (40,10%), óxido de silício (SiO<sub>2</sub>) (8,87%) o óxido de potássio (K<sub>2</sub>O) (9,75%) magnésio (MgO) (6,15%) e como valores de maiores proporções, como os outros componentes tendo percentuais inferiores a 4%, foi também detectado na cinza enxofre e cloro. Valores de P e Mn meramente orientativo.

A Tabela 4 mostra os resultados das análises físicas realizadas nos materiais sintetizados obtidos com a inserção de 0,1%; 0,5%; 1%; 2% e 5% de cinza na matéria prima padrão. Análises físicas, realizadas em cada amostra estudada, tais como: umidades de extrusão das massas, retração linear de secagem, perda ao fogo, retração linear de queima (RLq), absorção de água (AA) e a resistência à flexão.

Tabela 3. Análise química, em óxidos, das matérias primas

Óxidos Presentes	Argila F-03	Argila F-06	Argila F-08	Cinzas
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,53	18,2	22,77	1,67
CaO	0,06	0,13	0,14	40,10
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,39	2,73	1,76	0,34
K <sub>2</sub> O	0,14	0,39	0,72	9,75
MgO	0,24	0,40	0,39	6,15
MnO	0,01	0,01	0,01	1,11
Na <sub>2</sub> O	0,04	0,04	0,10	1,50
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,02	0,04	0,04	4,02
SiO <sub>2</sub>	81,34	69,84	62,24	8,87
TiO <sub>2</sub>	1,02	1,61	1,20	0,04
Perda Fogo	4,11	6,62	10,13	21,30

Tabela 4. Caracterização física da formulação padrão em detrimento da adição das cinzas

Propriedades	Amostras					
	STD	F1	F2	F3	F4	F5
Umidade (%)	23	21	21,4	20,6	18,3	19,6
Retração de Secagem (%)	6,58	6,2	6,2	6,2	5,4	4,6
Perda fogo (%)	11	11,5	8,9	8,3	8,9	8
Retração de Queima (%)	4,6	3,8	1,7	2,2	1,3	1,7
Absorção de Água (%)	7,1	9,2	12,4	10,3	13	13,1
Resistência à Flexão (MPa)	14,1	9,6	5,5	9,1	8,21	7,72

Em função das proporções de cinza observa-se que as formulações F1, F2 e F3 mais se aproximaram da massa padrão (STD) em relação à retração de secagem. No entanto, para as características de retração de queima e resistência mecânica a flexão, os valores foram mais baixos, aumentando assim a absorção de água, isto ocorre devido ao elevado teor de cálcio na cinza que durante o processo de sinterização libera CO<sub>2</sub>, formando maior quantidade de poros em sua microestrutura [8, 9, 10].

Conforme Figura 1, a retração de secagem em relação à massa padrão (STD) teve uma significativa redução após a adição de 2% de cinza (F4). Essa diferença mostra que quanto maior o percentual de resíduo incorporado à massa, menor foi a retração durante a secagem. Esse fenômeno ocorre, pois a cinza se mantém inerte durante o processo de secagem da peça. Um fator positivo para esse resultado é que quanto menor a retração, menor a possibilidade de trinca nas peças [11].

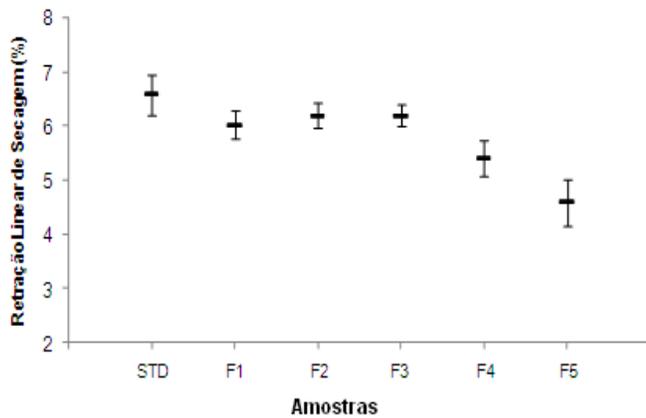


Figura 1. Retração Linear de Secagem das formulações

Conforme a Figura 2 é possível observar que no ensaio de perda ao fogo as amostras padrão (STD) e F1 se mantiveram marginalmente iguais, e a partir da F2 até F5, observa-se através do seu desvio padrão, que estatisticamente não houve alteração na perda de massa.

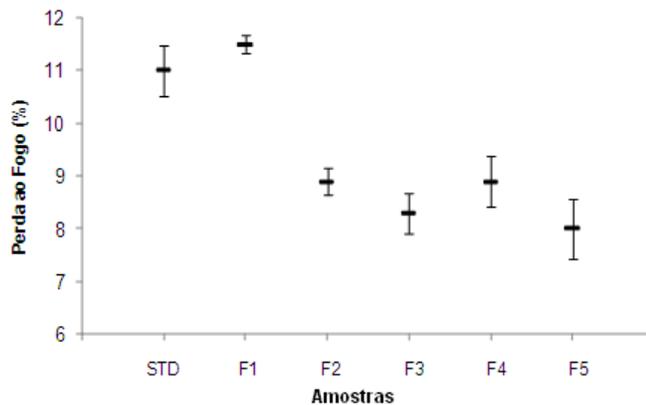


Figura 2. Perda ao Fogo das formulações

A Retração Linear de Queima diminuiu com a adição de cinza a partir de 0,5% (F2) com um desvio padrão médio de 0,38 conforme mostra a Figura 3 em relação à formulação padrão (STD). O motivo da variação acerca da adição de cinza na formulação pode ser explicado pelo fato do resíduo se manter inerte durante o processo de queima.

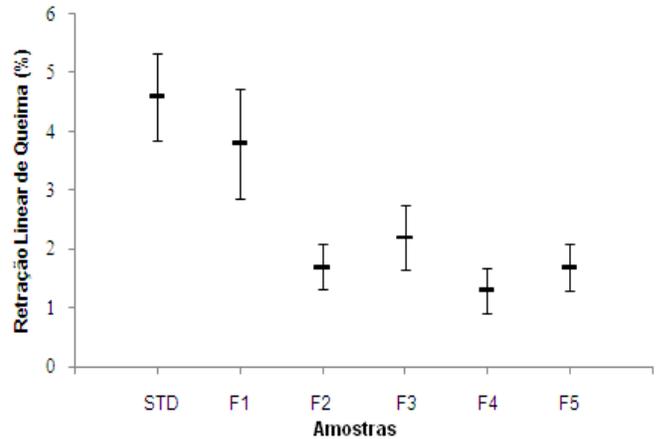


Figura 3. Retração Linear de Queima das formulações

A absorção de água teve um aumento considerável a partir da amostra com 0,1% de cinza (F1) em relação à formulação base (STD) com desvio padrão médio de 2,61 (Figura 4). Nota-se que com o acréscimo da cinza aumentam também a quantidade de poros na amostra, isto se deve ao fato da liberação do CO<sub>2</sub> durante a etapa de queima, ou seja, a absorção de água é uma propriedade física que está associada à porosidade aberta e microestrutura do material sinterizado [9].

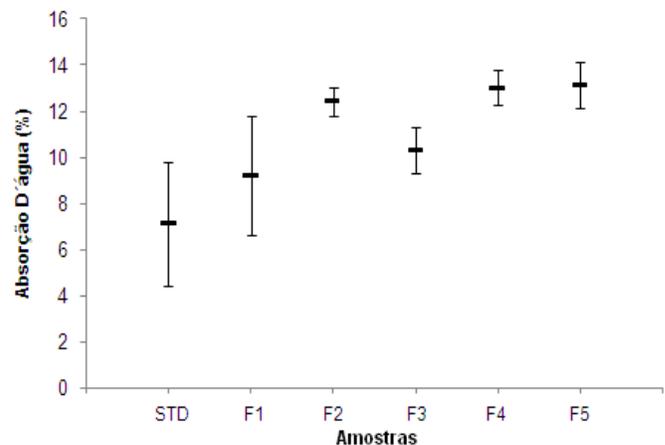


Figura 4. Absorção de água das formulações

Na Figura 5 encontram-se os resultados obtidos para a resistência mecânica à flexão em três pontos após a queima. Em função das proporções de cinza estudadas nota se a redução de resistência á flexão após o acréscimo da cinza havendo uma correlação com o aumento de absorção da água [12].

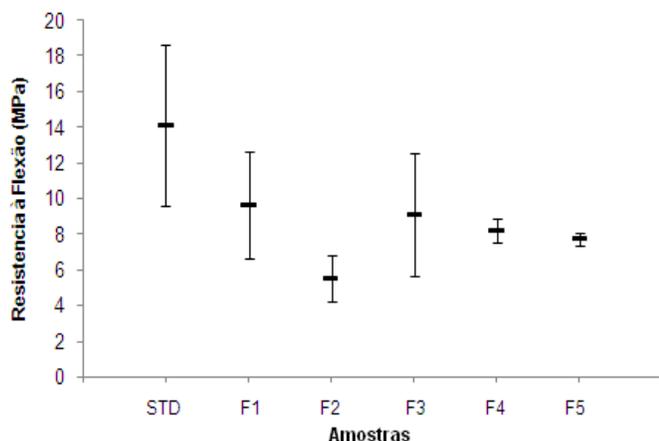


Figura 5. Resistência à Flexão das formulações (MPa)

Os resultados obtidos no teste de resistência a flexão, são apenas para avaliação entre si, devida o formato dos corpos de prova não permitirem o ensaio de compressão. A não comparação com a norma de telha (ABNT NBR 15310/2009 – no qual o teste é realizado) se dá pelo fato da matéria prima utilizada no processo ser para fabricação de blocos e o teste realizado visa à qualidade da massa padrão em função das demais formulações.

### Considerações Finais

A partir da análise em conjunto dos resultados dos ensaios realizados, pode-se afirmar a viabilidade técnica da utilização em até 5% de cinza na massa para cerâmica vermelha, com manutenção das suas características necessárias para os fins a que se destinam. Pode-se observar o aumento da quantidade de poros nas amostras, comportamento este devido a princípio ao fato da não formação da fase líquida durante a sinterização, justificando a menor resistência mecânica à flexão, maior absorção de água, menor retração linear de queima do que a massa sem cinza, porém, resultados esses que ficam dentro da margem estabelecida por norma.

Voltado às questões ambientais, o processo produtivo de cerâmica vermelha tem grande potencial de absorção de resíduos, o que promove a importância de estudos para incorporação dos mais variados resíduos na fabricação de produtos cerâmicos.

### Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq, a CAPES e a todas as empresas que colaboraram direta e indiretamente para o desenvolvimento desse trabalho.

### Referências

[1] CONSEMA - Conselho Estadual do Meio Ambiente, Resolução nº 14. Aprova a Listagem das Atividades Consideradas Potencialmente Causadoras de

Degradação Ambiental de impacto local para fins do exercício da competência do licenciamento ambiental municipal e dispõe da possibilidade dos Conselhos Municipais do Meio Ambiente definirem outras atividades de impacto local não previstas nas Resoluções do CONSEMA. Florianópolis - SC, 2012.

- [2] PROGESC - Programa de Informações Básicas para gestão Territorial de Santa Catarina: Fontes de Poluições - Criciúma - SC, 1995.
- [3] Cordova, M. V. Diagnostico Da Poluição Atmosférica No Setor Cerâmico Estrutural Do Município De Morro Da Fumaça. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) Criciúma: UNESC, 79 p. 2007.
- [4] Godinho K. O.; Holanda, J. N. F.; Da Silva, A. G. P. Obtenção e avaliação de propriedades tecnológicas de corpos cerâmicos à base de argila e vidros reciclados. *Cerâmica*, 51, p. 419-427, 2005.
- [5] Borlini, M. C.; Sales, H. F.; Vieira, C. M. F.; Conte, R. A.; Pinatti, D. G.; Monteiro, S. N. Cinza da lenha para aplicação em cerâmica vermelha parte I: características da cinza. *Cerâmica*. 51, 319, p. 192-196, 2005.
- [6] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15270-1. Componentes Cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação - Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 11p., 2005.
- [7] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15270-3. Componentes Cerâmicos Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação - Métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 27p., 2005.
- [8] Teixeira, S. R.; Souza, A. E.; Santos, G. T. A.; Peña, A. F. V.; Miguel, A. G., Sugarcane bagasse ash as a potential quartz replacement in red ceramic. *Journal of The American Ceramic Society*. Oxford: Blackwell Publishing, v. 91, n. 6, p. 1883-1887, 2008.
- [9] De Faria, K. C. P.; Gurgel, R. F.; Holanda, J. N. F. Influência da adição de resíduo de cinzas de bagaço de cana-de-açúcar nas propriedades tecnológicas de cerâmica vermelha. *Revista Matéria*, v. 17, n. 3, p.1055 - 1061, 2012.
- [10] Oliveira, J. C. S.; Lira, B. B.; Yadava, Y. P.; Silva, C. M. M.; Santos, T. W. G. Importância do carbonato de cálcio na fabricação de tijolos. *Cerâmica Industrial*, 16, 5-6, p. 34-38, 2011.
- [11] Zaccaron, A.; Galatto, S. L.; Nandi, V. S.; Fernandes. P. Incorporação de Chamote na Massa de Cerâmica Vermelha como Valorização de Resíduo. *Cerâmica industrial*, 19, 3, p. 33-39, 2014.
- [12] Oliveira, G. E.; Holanda, J. N. F., Reaproveitamento de resíduo sólido proveniente do setor siderúrgico em cerâmica vermelha. *Cerâmica* 50, 75-80, 2004.