

DESENVOLVIMENTO DE MASSA CERÂMICA COM INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DE MINERAÇÃO DE LÍTIO E CHAMOTE PARA BLOCOS MACIÇOS PENSADOS E SINTERIZADOS

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.804112520036>

Data de aceite: 01/07/2025

Eduardo Lourenço Pinto

Universidade do Vale do Jequitinhonha e
Mucuri
Teófilo Otoni – MG
<https://orcid.org/0000-0003-4584-586X>

Flávio Alchaar Barbosa

Universidade do Vale do Jequitinhonha e
Mucuri
Teófilo Otoni – MG
<https://orcid.org/0000-0001-8478-5105>

Geraldo da Face Rocha

Universidade do Vale do Jequitinhonha e
Mucuri
Teófilo Otoni – MG
<https://orcid.org/0009-0006-2716-7136>

Karen Viana Soares

Universidade do Vale do Jequitinhonha e
Mucuri
Teófilo Otoni – MG
<https://orcid.org/0009-0007-3495-0919>

RESUMO: Esta pesquisa tem por objetivo avaliar a utilização do chamote, material proveniente de tijolos cerâmicos defeituosos, argila e areia obtida de rejeitos de mineração de Lítio, na fabricação de novos tijolos cerâmicos. Para isso

foram confeccionados corpos de provas variando a quantidade desses materiais na argila e sendo avaliadas as propriedades tecnológicas de retração linear de secagem, retração linear de queima, absorção d'água e densidade aparente. Os resultados mostraram que esses materiais quando adicionados em certas quantidades podem ser utilizados, mostrando benéfico uma vez que diminui a retirada de matéria-prima argila do meio ambiente, e substitui a outra parcela por rejeitos passivos, melhorando a qualidade dos produtos cerâmicos.

PALAVRAS-CHAVES: Argila, areia, chamote, tijolo cerâmico.

DEVELOPMENT OF CERAMIC MASS WITH INCORPORATION OF LITHIUM MINING WASTE AND CHAMOTTE FOR PRESSED AND SINTERED SOLID BLOCKS

ABSTRACT: This research aims to evaluate the use of chamotte, a material derived from defective ceramic bricks, and sand obtained from lithium mining waste in the manufacture of new ceramic bricks. For this purpose, test specimens were prepared by varying the amount of these materials in the clay and evaluating the technological properties of linear drying shrinkage, linear firing

shrinkage, water absorption and apparent density. The results showed that these materials, when added in certain quantities, can be used, proving beneficial since it reduces the removal of raw clay material from the environment, and replaces the other portion with passive waste, improving the quality of ceramic products.

KEYWORDS: Clay, sand, chamotte, ceramic brick.

INTRODUÇÃO

Atualmente, na região do Vale do Mucuri, em Minas Gerais, Brasil, existem empresas que realizam a exploração do solo para a extração de Lítio. Esta cadeia produtiva na busca do lítio verde, gera resíduos sólidos que resultam suas disposições em aterros, gerando custos para seu descarte em pilhas secas e podem impactar negativamente o meio ambiente.

Outrossim, reitera-se a presença de várias olarias que é significativa na região. Essas olarias se destacam na produção de tijolos, seja vazado ou maciços que são comercializados localmente ou para lojas de materiais que atendem cidades vizinhas. Cada olaria possui sua própria forma de concepção da massa cerâmica seguida de queima dos corpos cerâmicos que podem ser desde a utilização de madeiras de eucalipto ou biomassa de eucalipto. As argilas, principal matéria prima dos tijolos, possuem características interessantes e importantes para os produtos cerâmicos, sendo uma delas a hidroplasticidade. Quando adicionado a uma quantidade adequada de água, elas podem ser moldadas em formas requeridas. Além disso, ao ser queimada elas se fundem ou derretem, o que permite manter a forma moldada (CALLISTER; RETHWISCH, 2016). Por essas razões, a argila é a matéria-prima mais importante para cerâmicas, mas sua exploração descontrolada causa impactos ambientais.

Não sendo diferente das empresas mineradoras, as olarias por outro lado geram resíduos sólidos provenientes da quebra de tijolos que podem ter vários fatores como: erros de queima, umidade excessiva, manipulação inadequada que pode ser queda ou vibrações durante o transporte, materiais de baixa qualidade. Gouveia e Spoto (2009), explicam que dentre os principais defeitos dos materiais cerâmicos estão as trincas causadas pela retração, geradas pelo alto teor de umidade e a proporção inadequada das argilas. Cerca de 10% desses materiais são perdidos durante a fabricação.

Estudos mostram que outros materiais podem ser adicionados nas argilas para melhorar suas propriedades na fabricação de blocos cerâmicos, dentre esses temos os chamotes, que são rejeitos obtidos de tijolos que são quebrados durante a fabricação ou transporte, o chamote ao ser incorporado à massa cerâmica pode apresentar benefícios no processo de secagem contribuindo para uma melhoria da massa cerâmica (SILVA; SOARES, 2020). A adição de uma porcentagem de chamote na produção de novos tijolos é um dos meios utilizados para diminuir o descarte dos resíduos ao meio ambiente e a exploração das argilas, isso conseqüentemente diminui os problemas ambientais,

entretanto deve ser sinterizado em temperaturas maiores para o desenvolvimento de reações de sinterização (VIEIRA, 2004). Pesquisas mostraram que a adição desse material pode melhorar características dos tijolos cerâmicos, como a diminuição do teor de plasticidade da argila, redução de trincas causada pela retração durante a sinterização. De acordo com Gouveia (2008) o chamote auxilia no processo de secagem, melhoramento do grau de empacotamento e a morfologia das partículas, porém necessita-se, no entanto, de uma otimização na mistura chamote-argila com o intuito de atender as normas atuais e qualidade do produto.

Ademais, estudos também mostram que a areia em certas proporções, pode beneficiar a fabricação do material. Queiroz *et al.* (2010) e Sales *et al.* (2002) utilizaram esse material incorporado na massa cerâmica e concluíram que o material contribuiu para a redução da absorção de água, melhorou a trabalhabilidade da massa e as propriedades físicas e mecânicas. Queiroz *et al.* (2010) também explica que por ser um material não plástico, ela controla a plasticidade da massa, facilita a etapa de secagem e diminui de perda da massa durante a queima.

Neste sentido, a presente pesquisa avalia o potencial técnico da utilização destes resíduos gerados pelas empresas mineradoras e resíduos gerados pelas olarias devido a peças de cerâmicas quebradas, incorporando-os na massa cerâmica. O intuito deste trabalho é confeccionar uma massa cerâmica que substitua parcialmente a argila com resíduos provenientes da olaria e da mineração de Lítio. Sendo uma alternativa na confecção de uma cerâmica sustentável, que possa reduzir o consumo da matéria-prima que é a argila utilizada na confecção de blocos, além de utilizar e agregar valor a estes rejeitos que são muitas vezes descartados ao meio ambiente ou são colocados em depósitos a seco.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

Os materiais utilizados foram obtidos conforme a disponibilidade da região, sendo listados abaixo.

Chamote

O chamote foi obtido de tijolos cerâmicos danificados coletados em uma olaria localizada na cidade de Itambacuri, situada na região do Vale do Mucuri, em Minas Gerais, Brasil. Vale ressaltar que a fabricação dos tijolos na olaria ocorre de forma artesanal, sem nenhum controle tecnológico, sendo sinterizados em fornos a biomassa de eucalipto. Logo, após a coleta, os tijolos foram levados ao laboratório de Materiais e triturados em um triturador elétrico e em seguida peneirados em #65 mesh ABNT, obtendo assim o chamote, Figura 1.



Figura 1- Chamote

Areia

A areia utilizada foi obtida de uma mineração de Lítio na região do Vale do Mucuri – MG/Brasil. Para o experimento o material utilizado foi a parcela retida na #65 mesh, Figura 2.



Figura 2- Areia de rejeito de exploração de lítio.

Argila

A argila também foi obtida na mesma olaria em que se obteve o chamote. Na obtenção da argila, secou-se o material em temperatura ambiente, em seguida foi destorroada e peneirada e coletado o material passante na #100 mesh.



Figura 3- Argila

MÉTODOS

Design of Experiments

Iniciou-se os trabalhos modelando um estudo visando a obtenção dos dados experimentais aplicando a metodologia *Design of Experiments* (DOE). Posteriormente, os materiais foram submetidos a processos de beneficiamento e separação. Foram conformados 26 corpos de prova, com variação na proporção de argila, chamote e areia, conforme indicado na Tabela 1, mantendo-se constante o volume de água em 3 ml para todas as amostras. As amostras foram submetidas a pesagens e medições dimensionais nos diferentes estágios do experimento: condição inicial (verde), pós-secagem em estufa e após o processo de sinterização. Com essas análises, foi possível determinar parâmetros como retração linear, índice de absorção de água e densidade aparente dos corpos de prova.

Protótipo	Materiais			Variáveis do Processo		
	Argila (%)	Chamote (%)	Areia (%)	Temperatura (°C)	Pressão (MPa)	Tempo (min.)
TM-1	0,34	0,28	0,38	1050,0	30	52,5
TM-2	0,34	0,28	0,38	1050,0	30	52,5
TM-3	0,30	0,40	0,30	1000,0	40	45
TM-4	0,50	0,20	0,30	1100,0	40	45
TM-5	0,30	0,40	0,30	1000,0	40	60
TM-6	0,30	0,40	0,30	1000,0	20	45
TM-7	0,25	0,25	0,50	1100,0	20	60
TM-8	0,50	0,20	0,30	1100,0	20	45
TM-9	0,34	0,28	0,38	1050,0	30	52,5
TM-10	0,34	0,28	0,38	1050,0	30	52,5
TM-11	0,30	0,20	0,50	1000,0	40	45
TM-12	0,50	0,20	0,30	1100,0	20	45
TM-13	0,34	0,28	0,38	1050,0	30	52,5
TM-14	0,25	0,25	0,50	1100,0	20	60
TM-15	0,30	0,40	0,30	1100,0	40	45
TM-16	0,50	0,20	0,30	1000,0	40	60
TM-17	0,30	0,20	0,50	1000,0	20	45
TM-18	0,30	0,40	0,30	1000,0	20	45
TM-19	0,50	0,20	0,30	1000,0	20	60
TM-20	0,50	0,20	0,30	1000,0	20	60
TM-21	0,25	0,40	0,35	1100,0	20	60
TM-22	0,34	0,28	0,38	1050,0	30	52,5
TM-23	0,30	0,20	0,50	1000,0	40	60
TM-24	0,30	0,40	0,30	1100,0	40	60
TM-25	0,50	0,20	0,30	1100,0	40	60
TM-26	0,30	0,20	0,50	1100,0	40	45

Tabela 1- DOE (Desenho Experimental da Mistura)

Conformação dos corpos de provas

A conformação dos corpos de prova foi feita através de uma prensa hidráulica utilizando uma matriz de conformação metálica aplicando força uniaxial variando entre 3, 4 e 6 tf. A Figura 3 ilustra os 26 corpos de provas conformados e identificados, TM-1 a TM-26, eles foram confeccionados com um peso de 30g adicionando 3 ml de água, variando a porcentagem dos materiais conforme os resultados do DOE. Com todos os corpos de provas confeccionados, ainda no estado verde, foram medidas suas dimensões (comprimento, largura, espessura e massa) utilizando paquímetro digital e balança de precisão, respectivamente.



Figura 3 - Corpos de provas conformados

Secagem em estufa

Após a conformação foi realizado a secagem das peças em estufa laboratorial com temperatura de 105°C durante uma semana; sendo medidas a geometria de cada peça e suas massas antes da sinterização.

Sinterização

A seguir foram realizadas as sinterizações em forno mufla com temperatura de 1000°, 1050° e 1100°C, com uma taxa de aquecimento/resfriamento de 1°C/min e patamar de 45, 52,5 e 60 minutos, a Figura 4 ilustra os corpos de provas após sinterização. Com isso é possível medir a retração linear de queima. Zaccaron *et al.* (2014) explica que a retração linear de queima consiste na variação das dimensões após a queima devido a saída de gases de decomposição e densificação do material.



Figura 4 - Corpos de provas após sinterização.

Análise do índice de absorção de água

O próximo passo foi a análise do índice de absorção de água, medida através da diferença da massa seca e a massa úmida do corpo de prova. Para isso, os corpos de prova foram deixados imersos em água durante 24 horas, sendo que nas primeiras 2 horas a água se encontrava a 100°C (Figura 5) conforme NBR 6480. Logo após foi retirado o excesso de umidade das peças com um pano e elas foram pesadas novamente. A água se infiltra no corpo de prova através da capilaridade quando imersos nela, infiltrando-se nos poros, gerando um ganho de massa.



Figura 5 - Análise do índice de absorção de água.

Ensaio da densidade aparente

Por último foi realizado o ensaio de densidade aparente. Para isso foi utilizado uma balança hidrostática que é um instrumento que utiliza o princípio de Arquimedes para determinar a densidade de um objeto, seja sólido ou líquido. Ela mede a força de empuxo exercida por um fluido sobre um corpo imerso, permitindo o cálculo da densidade com base no peso do objeto imerso no fluido (ZACCARON et al, 2014). Vale ressaltar que os corpos de provas estavam saturados antes da pesagem.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção, são apresentados os principais resultados da pesquisa, proporcionando uma análise dos dados coletados e sua relevância para os objetivos do estudo. Os resultados na Tabela 2, evidenciam tendências e padrões que contribuem para uma compreensão sobre o tema abordado, permitindo uma discussão crítica sobre suas implicações e potenciais aplicações.

Protótipo	Propriedades Físicas					
	R.L.(%)	A.A.(%)	M.E.A (g/ cm ³)	Com.Inicial (mm)	Com. Estufa. (mm)	Com.Sinte. (mm)
TM-1	3,1268	14,6684	1,8784	70,68	70,7	68,47
TM-2	2,9699	16,2328	1,8169	70,71	70,73	68,61
TM-3	2,9653	16,8010	1,8291	70,82	71,09	68,72
TM-4	2,9933	11,3389	1,9936	70,49	70,5	68,38
TM-5	3,2454	16,7235	1,8372	70,87	70,91	68,57
TM-6	3,0650	20,6970	1,7147	70,8	78,78	68,63
TM-7	2,5921	13,9708	1,8662	70,6	70,58	68,77
TM-8	3,1947	13,3628	1,9147	70,43	70,45	68,18
TM-9	3,1834	14,4920	1,8845	70,68	70,68	68,43
TM-10	3,0325	14,8059	1,8639	70,57	70,6	68,43
TM-11	1,7144	14,0438	1,8865	70,58	70,59	69,37
TM-12	3,1485	13,8234	1,9090	70,51	70,48	68,29
TM-13	3,0835	14,9116	1,8765	70,7	70,69	68,52
TM-14	2,9345	13,1212	1,9222	70,54	70,53	68,47
TM-15	4,7155	13,3143	1,9480	70,83	70,84	67,49
TM-16	2,7388	12,7614	1,9678	70,47	70,43	68,54
TM-17	1,6738	15,3993	1,8298	70,5	70,51	69,32
TM-18	3,2354	19,9784	1,7387	70,78	70,76	68,49
TM-19	2,6084	15,9416	1,8427	70,54	70,49	68,7
TM-20	2,6835	15,6551	1,8605	70,43	70,4	68,54
TM-21	4,5461	16,7304	1,8349	70,83	70,84	67,61
TM-22	2,9707	15,7722	1,8376	70,69	70,69	68,59
TM-23	1,9558	13,3445	1,9225	70,56	70,51	69,18
TM-24	4,5904	13,3164	1,9593	70,8	70,79	67,55
TM-25	3,0483	10,4771	2,0494	70,53	70,5	68,38
TM-26	2,5819	11,0628	1,9838	70,49	70,49	68,67

Tabela 2-Propriedades físicas obtidas no processo

Durante a confecção da peça cerâmica, foram medidos em cada etapa do processo seu comprimento verde, comprimento após a estufa e comprimento após a sinterização. Ao fazer uma análise estatística dos comprimentos das peças, o Teste de Friedman mostrou que os comprimentos diferem após cada etapa. O teste de comparação múltiplas mostrou que o comprimento sinterizado diferem dos comprimentos verde e após estufa, mas esses não diferem entre si.

A Figura 6, concerne dados referentes a composição das misturas elaboradas e a implicação quanto sua densidade aparente a seco. Percebe-se que ao reduzir a areia de rejeito, quanto o chamote, na composição da massa cerâmica, há um aumento na densidade a seco. A argila, sobressaindo na mistura pode prover uma melhor conformação à peça cerâmica, possibilitando um empacotamento melhor das partículas, uma vez que utilizou a mesma quantidade de água para a confecção de todas as misturas.

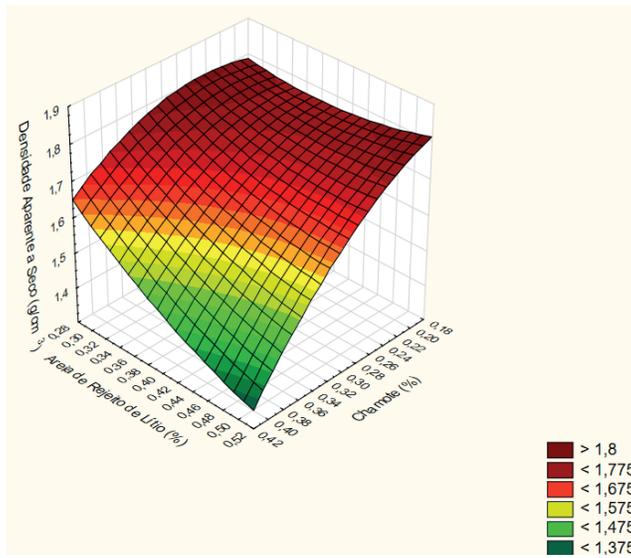


Figura 6 - Densidade aparente a seco da composição da massa cerâmica

A Figura 7, possui dados referentes a retração linear de queima (%) em função da Temperatura em que cada composição de massa cerâmica ao qual foi sinterizada. O aumento da retração linear está relacionado com o aumento da temperatura de sinterização. Observa-se em um ponto específico do gráfico que houve um aumento da retração linear (%), mesmo mantendo constante a temperatura. Através da Figura 8 pode se observar com o aumento de ambos os rejeitos (areia de mineração e chamote) em detrimento da quantidade de argila a massa cerâmica ao ser sinterizada apresenta uma retração linear de queima maior. O que pode refletir sobre a Figura 7 é que não só a temperatura é responsável pelo aumento da retração linear, quanto também a fração não plástica na formação das peças cerâmicas.

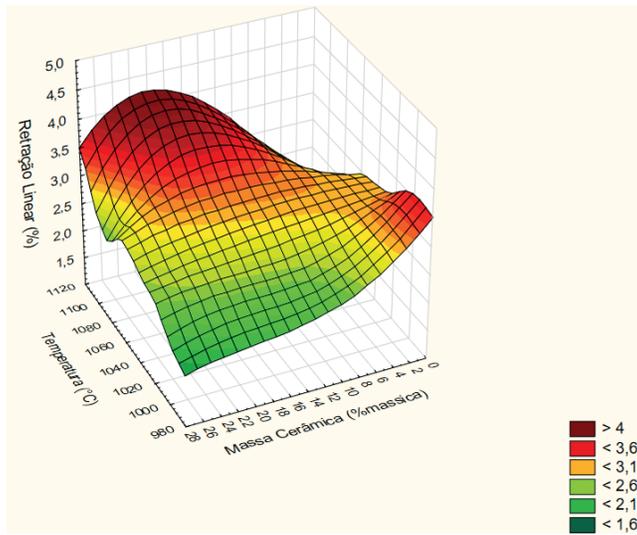


Figura 7 - Retração linear de queima das composições

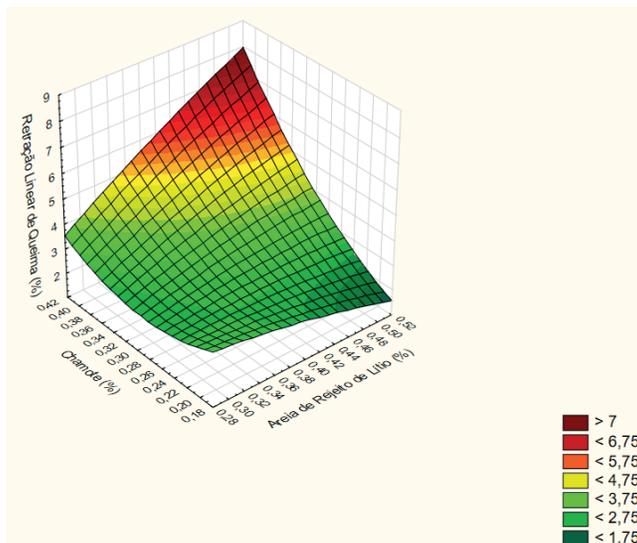


Figura 8 - Retração linear de queima das composições (%mássica)

Analisando a Figura 9 é possível fazer algumas observações, nota-se que ao adicionar uma porcentagem maior de chamote à massa cerâmica, constata-se que há um acréscimo na absorção de água. Segundo Gama *et al.* (s.d.) ao acrescentar materiais não plásticos à mistura cerâmica isso pode ocasionar uma compactação não tão eficiente da massa cerâmica, segundo os autores o chamote incorporado à massa cerâmica age como um material inerte, atuando como um retardador de fase líquida, impossibilitando o preenchimento dos poros e com isso a densificação do material cerâmico. Nota-se um

aumento da absorção de água com o aumento da areia, deve-se levar em consideração que esta areia é um rejeito de mineração, não uma areia que contém grande quantidade de quartzo. Em escala laboratorial, deve-se levar em consideração que todas as composições que foram confeccionadas e sinterizadas mantiveram -se dentro do limite máximo estipulado de 20% pela NBR 15310 de 02/2009.

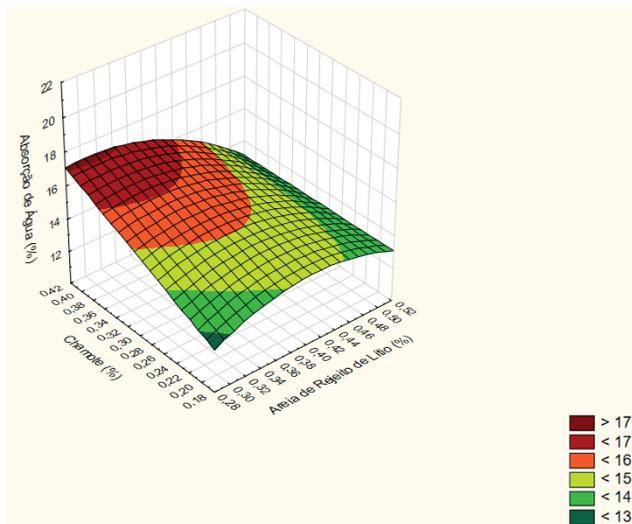


Figura 9 – Absorção de água das composições

CONSIDERAÇÕES FINAIS

À medida que aumenta a quantidade de materiais não plásticos na massa cerâmica, consequentemente diminui a quantidade de argila a ser adicionada ao corpo de prova cerâmico. Isso, causa uma diminuição da densidade aparente seca do material, este ao sofrer uma conformação mecânica, haverá uma compactação não tão eficiente devido à quantidade de rejeitos, fazendo com que possua grande quantidade de vazios.

Ao fazer este estudo foi possível observar que todos os corpos de prova cerâmico encontram-se dentro da norma técnica NBR 15310 de 02/2009, o chamote mostrou-se interessante ao ser utilizado, pois mesmo havendo um aumento de absorção de água ao aumentar a quantidade de chamote, ainda sim, mostrou-se que certa forma eficiente dentro das porcentagens utilizadas. A areia, utilizada neste trabalho, aparenta características finas que é do próprio processo industrial, mas, ao mesmo tempo, denotando traços escuros misturados junto com o material fino. Isso, pode ser explicado por testemunhos de rocha, obtidos pela própria empresa onde se denota a presença de pegmatito. Finalmente, os resultados indicaram promissor a utilização do chamote e da areia advinda do processo industrial, mostrando benéfico uma vez que diminui a retirada de matéria-prima argila do meio ambiente, e substitui a outra parcela por rejeitos passivos, melhorando a qualidade do produto cerâmico.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15310: Componentes cerâmicos – Telhas – Terminologia, requisitos e métodos de ensaios.** Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

CALLISTER, W. D.; RETHWISCH, D. G. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução.** 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

GOUVEIA, F. P. **Efeito da incorporação de chamote (resíduo cerâmico queimado) em massas cerâmicas para a fabricação de blocos de vedação para o Distrito Federal: um estudo experimental.** 2008. 111 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) -Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

GOUVEIA, F. P.; SPOSTO, R. M. **Incorporação de chamote em massa cerâmica para a fabricação de blocos: Um estudo das propriedades físico-mecânicas.** Cerâmica 55, p. 237-243. Universidade Estadual do Norte Fluminense. Rio de Janeiro, 2009.

MONTEIRO, S. N.; SALES H. F.; SOARES, M. P.; VIEIRA, L. F. T. **Influência da adição de areia nas propriedades tecnológicas de massa cerâmica vermelha.** Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências dos Materiais. p. 1027-1033, 2002.

MONTEIRO, S. N.; QUEIROZ, L. F. T.; VIEIRA, C. M. F. **Efeito da utilização de areia no processamento e nas propriedades de cerâmica vermelha.** Cerâmica v. 56, p. 279-284, 2010.

R.R.Gama; M.T.Otani; S.J.G. Sousa; L.J.T. Petrucci; E.M.Pessanha. **Efeito da Incorporação de Chamote e da Temperatura de Queima sobre as Propriedades de uma Massa Cerâmica Vermelha da Região de Campos dos Goytacazes- R.J.** Centro Vocacional Tecnológico – Cerâmica – FAETEC-RJ, (s.d.).

SILVA, J. P. S.; SOARES, R. A. L.. **Efeito da adição de chamote nas propriedades tecnológicas do adoquim.** Cerâmica Industrial. n 1413-4608, 2020.

VIEIRA, C. M. F.; SOUZA, E. T. A.; MONTEIRO; S. N. **Efeito da incorporação de chamote no processamento e microestrutura de cerâmica vermelha.** Revista Cerâmica. p. 254-260, 2004.

ZACCARON, Alexandre *et al.* **Incorporação de Chamote na Massa de Cerâmica Vermelha com Valorização do Resíduo.** Cerâmica Industrial. p. 33-39, 2014. DOI:10.4322/cerind.2017.077.