

Moldagem de Peças Cerâmicas com Barbotina de Argila Vermelha, a partir do Processo de manufatura Aditiva

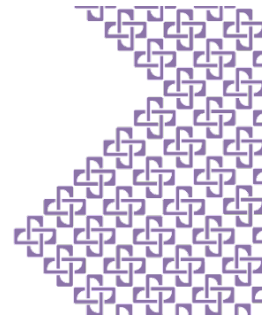
VICTOR DE OLIVEIRA, Mateus; Graduando; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina mateus.vo@aluno.ifsc.edu.br

MENDES SIELSKI, Isabela; Doutora; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina isabela@ifsc.edu.br

Resumo

O artigo apresenta os resultados de uma pesquisa realizada dentro do Programa de Educação Tutorial do CST Design de Produto, do Instituto Federal de Santa Catarina Câmpus Florianópolis, cujo objetivo foi desenvolver barbotinas a partir da argila vermelha local encontrada na região da Grande Florianópolis, que obtivesse características para a produção da cerâmica aliada a tecnologia de impressão 3D e ao processo cerâmico da colagem em moldes de gesso. Como resultado obteve-se quatro peças confeccionadas a partir do processo mencionado e desenvolvidas com fórmulas de barbotinas, utilizando as argilas da Terra Fraca (Palhoça-SC) e Argila do Tatá (São José-SC). As peças cerâmicas após o processo de secagem passaram pela sinterização em alta e baixa temperatura - 1200°C e 950°C. Alcançou-se com a pesquisa utilizar as argilas vermelhas locais na formulação de barbotinas, diminuindo o custo da produção para uso no Laboratório de Cerâmica/IFSC, no âmbito do ensino, da pesquisa e extensão.

Palavras-chave: cerâmica, barbotina, impressão 3D.



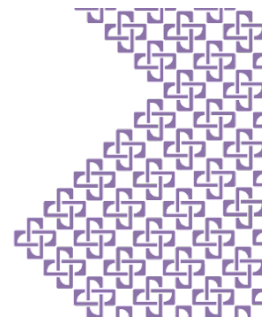
Abstract

The article presents the results of a research carried out within the Tutorial Education Program of CST Product Design, of the Federal Institute of Santa Catarina Campus Florianópolis, whose objective was to develop slips from the local red clay found in the Greater Florianópolis region, to obtain characteristics for the production of ceramics combined with 3D printing technology and the ceramic process of gluing in plaster molds. As a result, four pieces were made from the mentioned process and developed with slip formulas, using clays from Terra Fraca (Palhoça-SC) and Argila do Tatá (São José-SC). After the drying process, the ceramic pieces underwent sintering at high and low temperatures - 1200°C and 950°C. The research achieved the use of local red clays in the formulation of slips, reducing the cost of production for use in the Ceramics Laboratory/IFSC, in the context of teaching, research and extension.

Keywords: ceramic, slip, 3D printing.

1 Introdução

A cerâmica é uma técnica milenar, que até hoje possui processos que acompanham a história da humanidade. Desde o período nômade, descobriu-se a transformação da matéria prima essencialmente pelas mãos, e com o passar dos tempos a descoberta de outras tecnologias auxiliaram na reprodutibilidade dos objetos. Os moldes são parte dessas descobertas, que até hoje são utilizados nas empresas do setor cerâmico. O processo de colagem em barbotina permite a reprodução de objetos em larga escala. Tal processo necessita além da confecção dos moldes em gesso, uma argila líquida adequada, denominada barbotina.

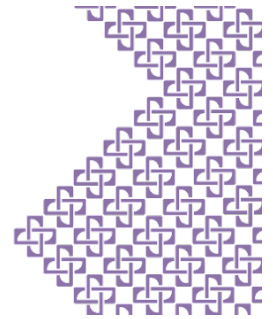


Mesmo que a colagem de barbotina seja uma técnica antiga, estudos são feitos a toda hora inovando a massa cerâmica e possibilitando novas características para o produto final. Além disso, Jorge Colla, (2004, pp 3 e 4.) aponta que a colagem é um processo utilizado para formação de peças cerâmicas com formas complexas. Este método originado entre os anos de 1700 a 1740 vem emergindo como uma das principais técnicas utilizadas na indústria cerâmica, tanto para produção de peças tradicionais como para o desenvolvimento da cerâmica avançada.

Uma de suas principais características é a capacidade de obtenção de peças com formato complexo e homogeneidade na sua microestrutura. O processo envolve basicamente uma suspensão de matérias primas cerâmicas na forma de pó em meio líquido e um molde poroso. A suspensão conhecida como barbotina, é inserida no molde que removerá o líquido através da ação de seus capilares conferindo o formato da cavidade do molde à peça.

Com o avanço do desenvolvimento tecnológico em vários setores, observam-se diversos procedimentos cerâmicos que foram sendo modificados, principalmente para atender às novas demandas das empresas, visando a otimização dos processos, para maior produtividade e a melhoria na qualidade dos produtos. Um aporte importante nesta direção está o processo de manufatura aditiva, a impressão 3D, que além de reduzir os tempos e os custos do desenvolvimento de produtos, propicia a confecção de peças com formas mais complexas.

Os resultados da pesquisa que se apresenta, são parte do projeto maior “Manufatura aditiva aliada à modernização da produção cerâmica e suas aplicabilidades”, que teve como principal objetivo fortalecer a pesquisa dentro do CST de Design de Produtos promovendo a inovação e a modernização na prototipagem de produtos cerâmicos. (Edital nº 48/2019/PROPI/PROEX , IFSC Campus Florianópolis).



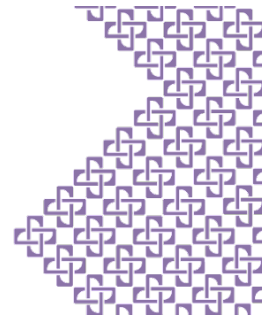
E utilizando de dois tipos de argila vermelha da região da Grande Florianópolis-SC (Palhoça e São José) obteve-se quatro fórmulas cerâmicas, resultando em uma matéria prima de mais baixo custo, para a produção de projetos de design no âmbito do ensino, da pesquisa e extensão do Curso Superior de Tecnologia em Design de Produto-IFSC. Garantindo a execução de peças de maior complexidade a partir dos formatos obtidos no método de impressão 3D.

2 Os Tipos de Argila

O que compõem as argilas são formações de pequenos cristais, sendo compostos por um mineral chamado caulinita (um argilo-mineral de alumínio hidratado) cuja a composição aproximada é de 47% de sílica (SiO_2), 39% de alumina (Al_2O_3) e 14% de água (H_2O). As argilas mais usadas são argilas vermelhas, as argilas brancas de louça e majólica, argila de grés, porcelana e as argilas refratárias.

As argilas também são classificadas em primárias e secundárias. As primárias são conhecidas por serem argilas retiradas do seu local de origem também chamadas de argilas residuais. As secundárias são produzidas através de decomposição de rochas devido ao intemperismo superficial, sendo arrastada pela água da chuva, pelos ventos ou pelas geleiras. Durante esse transporte sofre uma seleção natural de seus componentes e tamanho, indo se depositar em praias, lagos, mares ou formando desertos, requerendo uma lavra seletiva devido ao alto teor de impurezas e variáveis na composição química (JAMES, cit em GABBAI, p. 64). As argilas vermelhas, base para a pesquisa realizada, são consideradas argilas secundárias.

Algumas argilas que se inserem no contexto da argila vermelha são as Argilas do Tatá, proveniente de São José-SC e a Argila da Terra Fraca, da localidade Palhoça-SC são dois tipos



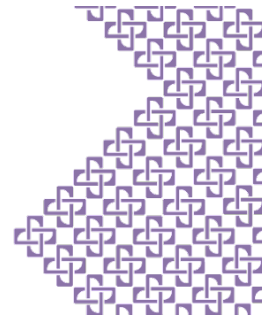
de argilas da região da Grande Florianópolis. A Cerâmica Açoriana Tatá, de propriedade de Eliatar Silva, é uma grande olaria que mantém a tradição da louça de barro em Florianópolis e em São José (produzida em São José e comercializada no Mercado Público e na olaria em Barreiros), preservando esse importante aspecto da identidade cultural e reforçando a produção da arte popular e do artesanato.

Já a argila de Palhoça da Terra Fraca se insere na região a muito tempo atrás: “Quando chegaram a São José da Terra Firme, nos idos de 1750, os oleiros açorianos começaram a moldar cerâmica. Por mais de dois séculos, os fornos das olarias queimaram argila retirada do bairro Roçado. Os trabalhos funcionaram até 1960, ano em que os proprietários dos terrenos deixaram de vender a matéria prima aos ceramistas. A construção civil ditou a mudança. Como saída para manter a fabricação de peças, os oleiros passaram a comprar argila de Palhoça. Como a qualidade não era a mesma, o apelido foi inevitável: Terra Fraca.” Oliveira (2013).

Estas são as argilas empregadas no Laboratório de cerâmica do IFSC Câmpus Florianópolis, com trabalhos principalmente elaborados em técnicas manuais e torno. O uso da moldagem de barbotina em gesso, aliada a manufatura aditiva traz novas oportunidades de reaproveitamento no Laboratório com novas formulações e aplicações.

3 Materiais e Métodos

O estudo é fruto da pesquisa no PET DESIGN IFSC (2019-2021) e aborda dois momentos: a pesquisa bibliográfica, que buscou aprofundar nos temas referentes a cerâmica, sua origem e tipologia, assim como conhecer a barbotina e seus processos, e a pesquisa

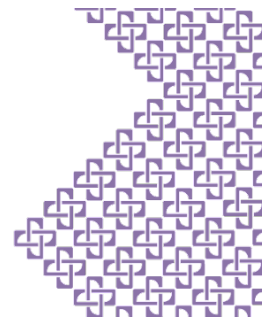


aplicada, na qual foram desenvolvidas, a partir dos conhecimentos adquiridos, quatro tipos de barbotinas.

Foram estudados autores que compartilhavam de métodos similares aos procedimentos utilizados na pesquisa. E a partir de Maria Gabriella Teixeira Oliveira (2018), sua pesquisa foi utilizada como referência para a etapa de procedimento experimental “Produção de peças cerâmicas pela técnica de colagem de barbotina utilizando argila da região de Jacobina”, juntamente com o trabalho do Prof. Dr. Fernando S. Ortega (2016) “Conformação fluida de materiais cerâmicos”.

A pesquisa também seguiu as orientações de Chavarria (2004) quanto a preparação das pastas cerâmicas, os testes de encolhimento, porosidade, temperatura de maturação, confecção dos moldes de gesso e a colagem de barbotina no molde. As fórmulas para barbotina também tiveram como base Chiti (2011), que em seu livro apresenta fórmulas de pastas e barbotinas que partem da base de argilas brancas, das quais foram adaptadas para as argilas vermelhas empregadas nos testes da pesquisa.

A partir dos autores citados, desenvolveu-se o procedimento experimental conforme segue. As argilas para elaboração dos testes da barbotina vermelha (Argila Tatá e Argila Vermelha da Terra Fraca) foram adquiridas na região da grande Florianópolis: Palhoça (Terra Fraca) e São José (Cerâmica Açoriana Tatá), assim como as outras matérias-primas. Através de método manual, foram moídas e peneiradas as argilas utilizando malha de tamanho 80 para obtenção do pó. Foram efetuados testes com a argila, silicato de sódio (defloculante), “0,3 a 0,5% de silicato por peso da argila seca” (Paulo James, em Gabbai. pp. 78) e incluídas outras matérias-primas (feldspato, caulim, carbonato sódico, talco, quartzo) em diferentes porcentagens (Fig.1). Com a massa em estado plástico, se efetuaram os testes de secagem, encolhimento e queima, utilizando “amostras de forma retangular, de 15x3x0,5cm.” (Chavarria, p. 35). Também realizou-se testes de retração das peças após os



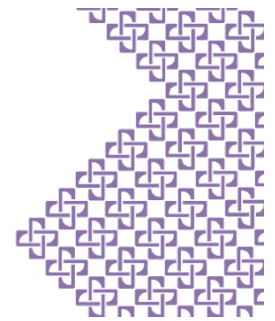
processos de secagem e queima. As fórmulas foram elaboradas seguindo os passos indicados por Chiti (2011) para alta e baixa temperatura, como demonstra a tabela abaixo:



	SILICATO DE SÓDIO	ARGILA SECA EM PÓ	CAOLIN	FELDSPATO	QUARTZO	TALCO	CARBONATO DE CÁLCIO
ARGILA TERRA FRACA ALTA TEMPERATURA 1200°C	0,4%	50%	20%	20%	10%	X	X
ARGILA TERRA FRACA BAIXA TEMPERATURA 950°C	0,4%	55%	20%	15%	X	X	10%
ARGILA TÁTA ALTA TEMPERATURA 1200°C	0,5%	50%	20%	15%	X	15%	X
ARGILA TÁTA BAIXA TEMPERATURA 950°C	0,3%	50%	20%	15%	X	10%	5%

Figura 1: Tabela das Fórmulas (Acervo do autor)

Empregou-se a seguinte fórmula como base dos testes 1000 g de pasta a seco, 400 a 800 cm³ de água, 1 a 4 g de carbonato sódico e 1 a 6 cm³ de silicato sódico assim como Chavarria (2004) propõe. E procedeu-se por meio de observação e comparação de acordo com as variações das quantidades dos elementos adicionados, ou seja, selecionou-se as variáveis que seriam capazes de influenciar, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto segundo Gil (2002) no método da pesquisa experimental. Para a moldagem em gesso, primeiramente foi desenvolvido um modelo na



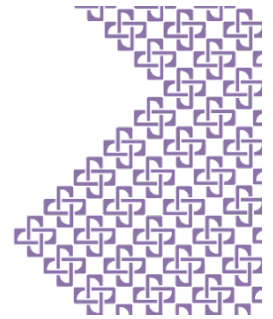
impressora 3D pelo professor Dr Roberto Pistorello (Design/IFSC), integrado a pesquisa: Manufatura aditiva aliada à modernização da produção cerâmica e suas aplicabilidades (*EDITAL Nº 48/2019/PROPI/PROEX Câmpus Florianópolis*). Tendo o modelo impresso, seguiu-se a confecção do molde em gesso utilizando gesso estuque, na relação gesso/água de 55/45 como cita Chavarria (2004). Com o molde de gesso concluído, verteu-se a barbotina em seu interior de forma contínua até preencher. O molde ao absorver a umidade do líquido, permitiu descer o nível do mesmo. Continuou-se então preenchendo até formar a espessura desejada. Após este processo colocou-se o molde em posição invertida sobre duas ripas de madeira em um recipiente durante aproximadamente 15 min, para a saída do excesso da barbotina do interior do molde.

A abertura do molde efetuou-se com a peça em consistência suficiente para manter-se em pé sem se deformar. Para a obtenção das características das barbotinas foram medidas:

- 1-Densidade: Utilizando medidas de 100ml das barbotinas já homogeneizadas e aplicando a seguinte fórmula, encontrou-se a densidade, onde: $r = \text{densidade (g/cm}^3\text{)}$; $m = \text{massa da barbotina (g)}$; $v = \text{volume da barbotina (cm}^3\text{)}$; Como Jorge Colla (2004) cita em seu artigo.
- 2-Viscosidade: “Para medir a viscosidade, podemos usar um copo de plástico, fazer um furo no fundo, e enchendo o copo com a suspensão podemos medir o tempo que leva a barbotina a escoar.” (NICA, 2021).

Nas fórmulas foram medidas 100ml das barbotinas já homogeneizadas e seguindo o procedimento indicado acima, mediu-se o tempo de escoamento das barbotinas através da cronometragem do tempo - nesse caso utilizamos um furo de 0,3mm de diâmetro - necessário para que toda barbotina que preenchia o copo fluísse de seu interior.

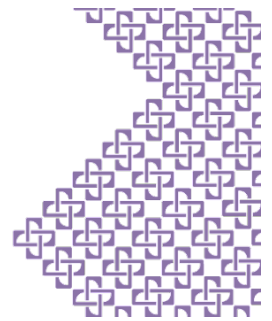
- 3-Deformação: A observação da deformação nas peças foi efetuada antes e depois da retirada do molde.
- 4-Espessura: A medição foi obtida através do uso de um paquímetro no topo de cada peça, após completa secagem das mesmas.
- 5-Sinterização ou queima- Com os elementos adicionados às



massas preparadas, as peças foram submetidas a diferentes temperaturas. Duas peças em baixa temperatura de 950°C (Argila da Terra Fraca e Argila do Tatá) e duas peças em alta temperatura de 1.200°C (Argila da Terra Fraca e Argila do Tatá) em forno elétrico. 6-Retração: cada peça retirada do molde ainda úmida, voltou-se a introduzir quando seca a fim de medir seu grau de encolhimento.

4 Resultados e Discussões

Foram agregados às argilas vermelhas da Terra Fraca e do Tatá (Grande Florianópolis-SC) os anti-plásticos como feldspato, quartzo, carbonato de cálcio, talco a fim de diminuir a retração das massas, os fundentes de alta e baixa temperatura como carbonato de cálcio e feldspato e o defloculante silicato de sódio para obter a suspensão da barbotina. A quantidade de água recomendada teve variação que resultou em diferentes densidades entre as barbotinas testadas. O tempo no molde variou de acordo com a umidade (água) o que levou mais do que os 15min recomendados quando utiliza-se a argila branca (mais anti-plástica, menos aderente ao molde). Após o processo de elaboração das fórmulas de barbotina, sua produção, moldagem, secagem e queima pode-se observar os resultados nas tabelas que seguem:



**INSTITUTO FEDERAL
Catarinense**

Tabela dos Resultados

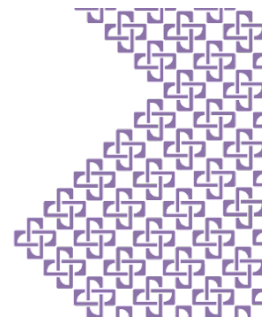
	DENSIDADE	VISCOSIDADE	DEFORMAÇÃO	ESPESSURA
ARGILA TERRA FRACA ALTA TEMPERATURA 1200°C	1,55 (g/cm ³)	55s	Não houve	2mm
ARGILA TERRA FRACA BAIXA TEMPERATURA 950°C	2,071 (g/cm ³)	30s	Não houve	1mm
ARGILA TÁTA ALTA TEMPERATURA 1200°C	1,42 (g/cm ³)	47s	Não houve	1,5mm
ARGILA TÁTA BAIXA TEMPERATURA 950°C	1.6 (g/cm ³)	55s	Não houve	2,5mm

Figura 2: Tabela de Resultados (Acervo do autor)

**INSTITUTO FEDERAL
Catarinense**

	Terracota Escura	Terracota	Terracota Clara	Laranja Claro
ARGILA TERRA FRACA ALTA TEMPERATURA 1200°C	RETRAÇÃO NO MOLDE (SECAGEM) 10%	RETRAÇÃO DA PEÇA QUEIMADA 10%	COR DA PEÇA QUEIMADA Terracota	RETRAÇÃO NA PLACA (SECAGEM) 10%
ARGILA TERRA FRACA BAIXA TEMPERATURA 950°C	10%	10%	Laranja Claro	10%
ARGILA TÁTA ALTA TEMPERATURA 1200°C	10%	10%	Terracota Escura	10%
ARGILA TÁTA BAIXA TEMPERATURA 950°C	5%	5%	Terracota Clara	5%

Figura 3: Tabela de Resultados II (Acervo do autor)



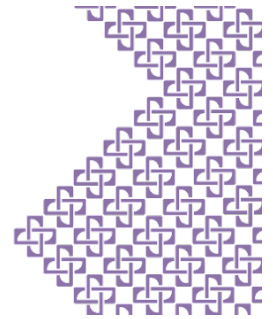
As argilas vermelhas empregadas nesta pesquisa, possuem alto grau de plasticidade por possuir óxido de ferro em sua composição, porém foram corrigidas para a produção das barbotinas. Destacaram-se alguns parâmetros que devem levar-se em conta para a preparação de próximas formulações e/ou correções das aqui pesquisadas. A imagem a seguir mostra as peças finalizadas juntamente com o modelo impresso 3D, suas cores podem ser associadas na tabela (Fig.3):



Figura 4: Peças finalizadas e matriz impressa 3D (Acervo do autor)

Primeiro ponto como resultado das quatro fórmulas: o baixo grau de encolhimento das mesmas, devido a porcentagem de anti-plásticos agregados à massa (Fig.1) o que não gerou deformação antes ou depois da queima (950 e 1200°C), o que é um fator positivo por tratar-se de peças de formato complexo oriundas da impressão 3D. As porcentagens de silicato de sódio empregados nas fórmulas (de 0,3% a 0,5%) deveu-se ao emprego das argilas vermelhas que por possuírem alta plasticidade, necessitam maior porcentagem de defloculante, segundo Chiti (2011).

O depósito da barbotina em camadas sobre o molde de gesso forma a espessura da peça, tendo relação com a quantidade de água, com a defloculação, viscosidade e com o tempo da moldagem. O resultado da pouca espessura das peças, deve-se a alguns fatores, como a relativa umidade do molde e a baixa viscosidade das barbotinas, recomendando-se novos testes. As peças foram testadas em alta e baixa temperatura - 1200 e 950°C, obtendo como resultado as peças de alta temperatura com cores terrosas mais acentuadas e menos

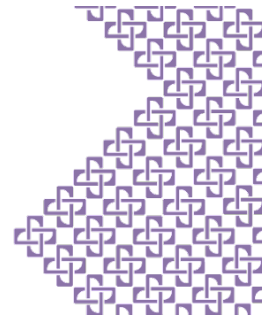


porosas (Fig.4), tratando-se de uma massa de grês, impermeável e compacta. Já as peças de baixa temperatura apresentaram cores terrosas claras e mais porosas sendo que nas fórmulas com base da Argila Tatá apresentaram superfície mais lisa, e a da Palhoça com superfície mais áspera, devido a maior quantidade de areia presente na argila-base.

A matriz oriunda da manufatura aditiva - impressão 3D, mostrou-se eficiente para a realização do molde em gesso. Porém foram realizadas experiências de diminuição do seu tamanho visando facilitar o ângulo de saída da peça em barbotina. (Fig. 4). Quanto a superfície mostrou-se um tanto áspera, necessitando lixar as peças saídas do molde após sua completa secagem, antes da queima.

5 Conclusão

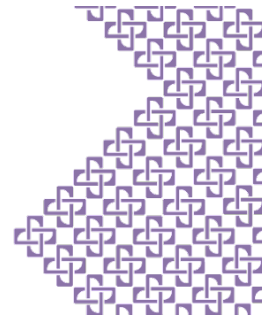
A pesquisa visou como resultado a elaboração de uma barbotina com base na argila vermelha local (Grande Florianópolis), e que alcançasse características para a conformação de peças cerâmicas no procedimento da moldagem em gesso a partir de modelos criados na tecnologia de impressão 3D. Foram selecionados dois tipos de argila local: a da Terra Fraca (Palhoça-SC) e a do Tatá (São José-SC), trazendo diversas variações nas formulações e submetidas a alta e baixa temperaturas. As fórmulas apresentaram resultados que permitem testar várias outras formas de peças a partir do método da moldagem em gesso e barbotina, empregando modelos impressos na 3D. Como objetivo da pesquisa, considera-se que as barbotinas elaboradas a partir das argilas vermelhas locais possuem características que permitem a reprodução dessas e de novas peças com diferentes funcionalidades e design, o que levaria a aprofundar a pesquisa levando em conta os usos com relação às massas cerâmicas, tais como a refratariedade, a impermeabilidade, peso, a textura, resistência. Para



tanto, o conhecimento das matérias-primas e suas propriedades são fundamentais. Questões de design como a ergonomia também levará em conta o grau de deformação e encolhimento das peças pós-queima. Portanto, as quatro fórmulas das barbotinas aqui apresentadas são passíveis de uso no Lab. Cerâmica/IFSC, o que irá diminuir os custos e gerar produções cerâmicas com base em pesquisas das argilas regionais.

5 Referências

- CHAVARRIA, Joaquim. *A cerâmica: a técnica e a arte da cerâmica explicadas de forma simples e em todos os detalhes*, Lisboa, Portugal: ESTAMPA, (2005).
- CHITI, Jorge Fernández; Condorhuasi. *Manual de Cerámica: artística y artesanal- 1ª. ed - Buenos Aires, Argentina, (2011).*
- S. ORTEGA, Prof. Dr. Fernando, *Processamento de Materiais Cerâmicos – Conformação Fluida de Materiais Cerâmicos*, São Paulo/SP, Brasil: USP, (2016).
Disponível em:
<https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4915749/mod_resource/content/0/a_post%208%20-%20conforma%C3%A7%C3%A3o%20fluida.pdf> Acesso em:
15 Maio, 2020.
- OLIVEIRA, Maria Gabriella Teixeira. *Produção de Peças Cerâmicas pela Técnica de Colagem de Barbotina Utilizando Argila da Região de Jacobina - Bahia, São Cristóvão/SE, Brasil, (2018).*
- GABBAI, Miriam. *Número e letras capitulares em cerâmica*, São Paulo/SP, Brasil: Editora CALLIS LTDA, (1978).



- COLLA, Jorge. Desenvolvimento de uma massa cerâmica para produção de peças especiais esmaltadas para revestimento através do método de colagem – Florianópolis, SC/Brasil, (2004).
- GABBAI, Miriam B. Birmann. Cerâmica - Arte da Terra; São Paulo/SP, Brasil: Callis, (1987).
- OLIVEIRA, Alessandra. Argila marca relação de São José com a tradição de olarias - Florianópolis/SC, Brasil, (2013). Disponível em:
<<https://ndmais.com.br/noticias/argila-marca-relacao-de-sao-jose-com-a-tradicao-de-olarias/>> Acesso em: 15 Maio, 2021.
- NICA. Barbotina - Porto Alegre/RS, Brasil, (2021). Disponível em:
<https://www.ufrgs.br/nica/?page_id=39> Acesso em: 23 Maio, 2021.
- GIL, Antônio Carlos. *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo/SP, Brasil: - 4. ed, Atlas, (2002).