

## CONFEÇÃO DE MOLDE DE GESSO, INCORPORAÇÃO DO RESÍDUO PÓ DE ACIARIA NA MASSA CERÂMICA E REPRODUÇÃO DA ESTATUETA O LAÇADOR PELA TÉCNICA DE COLAGEM DE BARBOTINA.

Ana B.H. Flores<sup>a</sup>, Annelise K. Alves<sup>a,b</sup>, Fabio P. da Silva<sup>a</sup>, Wilson Kindlein Junior<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup>Programa de Pós-Graduação em Design, Escola de Arquitetura e Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

<sup>b</sup>Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

\* anafloresatelier@gmail.com

### RESUMO

*O presente trabalho descreve a confecção de molde de gesso a partir de um protótipo, a incorporação do resíduo pó de aciaria na massa cerâmica e a reprodução, para fins de pesquisa científico-tecnológica, da estatueta “O Laçador” pela técnica de colagem de barbotina, exemplificando a possibilidade de integração da ação do designer de produto com o engenheiro de materiais. Por fim, também foi objetivo contribuir com a preservação da memória coletiva de um monumento que é patrimônio histórico e cultural, bem como resgatar a memória do grande escultor gaúcho Antonio Caringi, nome a ser lembrado junto ao monumento “O Laçador”.*

Palavras-chave: molde de gesso, colagem de barbotina, pó de aciaria, patrimônio histórico.

### INTRODUÇÃO

O monumento *O Laçador* está inserido na lista de bens culturais a serem preservados como patrimônio histórico, podendo assim reforçar a ideia de memória e identidade da comunidade, embora muitos exemplares do patrimônio histórico sejam invisíveis ao olhar dos passantes. *O Laçador*, estátua em bronze com 4,45 m de altura com pedestal em concreto com 2,20 m de altura, que repousa sobre elevação paisagística denominada coxilha do Sítio do Laçador, é bem visível na

principal entrada da capital gaúcha, mas quantos porto-alegrenses poderiam dizer quem é o autor desta escultura? Ou em que momento esta obra foi criada? Sabe-se que o pelotense Antonio Caringi, quando chegava a Porto Alegre perguntava ao taxista que o conduzia quem era o autor daquele monumento e, nestes momentos, ficava decepcionado com a resposta do seu condutor, pois para seu desgosto, seu nome não era associado à obra por ele criada em gesso, em 1954, e fundida em bronze em 1958 (CARTILHA, 2010; AMARAL, 2005; TEIXEIRA, 2005).

Paralelo às questões de memória e patrimônio, este trabalho investigou, para fins de ensino e pesquisa científico-tecnológica, a possibilidade de fundição da estatueta *O Laçador* pela técnica de colagem de barbotina utilizando-se ainda da incorporação do resíduo pó de aciaria em argila refratária. Pó de aciaria ou pó de aciaria elétrica são os resíduos sólidos coletados nos sistemas de filtros e exaustão do forno elétrico a arco na produção do aço, sendo composto geralmente por diferentes óxidos metálicos, tais como FeO, ZnO, PbO, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e CdO, entre outros, e classificado pela norma técnica brasileira (ABNT NBR 10004:2004) como Resíduo Perigoso - Classe I.

Cabe esclarecer que a incorporação do resíduo pó de aciaria em argila refratária foi testada em trabalho prévio quanto à segurança ambiental através de ensaios de lixiviação e de solubilização conforme determinam, respectivamente, a ABNT NBR 10005:2004 e a ABNT NBR 10006:2004 (FLORES, 2012).

## MATERIAIS E MÉTODOS

A digitalização tridimensional (3D) do monumento *O Laçador* foi feita pelo Laboratório de Design e Seleção de Materiais (LdSM/UFRGS) que utilizou um Scanner 3D a Laser Móvel (Konica Minolta, modelo 3D Vivid 9i). A seguir o modelo virtual 3D da estátua foi modelado no *software* Geomagic Studio. Este modelo virtual 3D escalado para uma estatueta de 25 cm de altura foi exportado em formato STL para uma impressora 3D (ZCorporation, modelo Spectrum Z510 Full Color System), do Instituto Nacional de Tecnologia, no Rio de Janeiro, onde a estatueta *O Laçador* foi prototipada em gesso endurecido com resina (FLORES, 2012).

Este protótipo foi então utilizado como matriz na confecção de um único molde de gesso (apenas para fins de pesquisa científica e tecnológica no escopo da

dissertação de mestrado em Design de Ana B. H. Flores – PGDesign/UFRGS/2012) pelo artista plástico Volnei Petiz, proprietário da antiga fábrica porto-alegrense Biscuit Volpetiz, atualmente desativada. O gesso utilizado foi o gesso comum também denominado Gesso de Paris, que é sulfato de cálcio semidesidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Para a confecção de um molde de gesso poroso, de modo a absorver a água da barbotina, foi utilizado 1000 ml de água para 1250 g de gesso conforme recomendam Fournier (2000), Gale (2001) e Mattison (2003). Sabão líquido foi utilizado para desmoldar o protótipo e isolar os taceos entre si.

Na primeira fundição, através da técnica de colagem de barbotina, foi utilizada a porcelana Biscuit Volpetiz de modo a testar a funcionalidade do molde de gesso. A seguir, fez-se a formulação e colagem de barbotinas incorporadas com até 30% em peso do resíduo pó de aciaria. Os ensaios para determinação das curvas de defloculação foram realizados em viscosímetro rotacional (Brookfield, DV-II+), que mede a viscosidade através do torque necessário para rotacionar uma ponta de prova (*spindle*) imersa na amostra em uma velocidade constante (ZEGARRA, 2007). Após homogeneização de 70% em peso de pó de argila e 30% em peso de pó de aciaria, em agitador com hélice (Fisatom, 713 A), foi acrescentado 40%, 45% e 50% em peso de água, constituindo-se assim três barbotinas, cada uma com as seguintes concentrações de defloculante: 0; 0,2; 0,4; 0,6 e 0,8% em peso de silicato de sódio neutro (Farmaquímica). A taxa de cisalhamento utilizada foi  $0,7 \text{ s}^{-1}$ . Devido à dificuldade de escoamento da barbotina incorporada com 30% em peso do resíduo pó de aciaria, seguiu-se a pesquisa com teores de 20, 15, 10 e 5% em peso do referido resíduo. Após o processo de secagem, iniciado em temperatura ambiente e finalizado em estufa a  $80^\circ\text{C}$  por 24 h, as estatuetas foram sinterizadas a  $1220^\circ\text{C}$  em forno elétrico (SKUT), com taxa de aquecimento de  $2^\circ\text{C}/\text{min}$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A prototipagem da estatueta *O Laçador*, que foi confeccionada com 25 cm de altura, também permitiu a comparação com as estatuetas encontradas no comércio local, livres interpretações da obra de Caringi realizadas por artistas/artesãos, conforme mostra a Figura 1.



Figura 1. (a) estatueta encontrada no comércio local e (b) protótipo da estatueta *O Laçador*.

Para a confecção do molde de gesso, inicialmente foi feito um molde de silicone que foi então preenchido com poliuretano expandido. Esta tentativa foi frustrada, pois a espuma não alcançou detalhes como os dedos das mãos ou a ponta do tirador (aventail da indumentária gaúcha). Uma segunda tentativa foi feita vertendo-se gesso no molde de silicone, mas novamente os detalhes da figura não foram preenchidos. A seguir os antebraços, as mãos e a ponta do tirador foram confeccionados em cera, servindo então de positivo para o molde do gesso da estatueta que finalmente resultou em um total de 14 taceiros. A primeira fundição foi realizada com porcelana Biscuit Volpetiz ainda disponível no moinho de bolas no antigo galpão da fábrica, de modo a testar o molde de gesso, conforme mostra a Figura 2.



Figura 2. Primeira fundição e os 14 taceiros que compõem o molde de gesso da estatueta.

A Figura 3 mostra os tacelos referentes à base e as pernas da estatueta. Constatou-se que esta parte da estatueta deve ser fundida de forma maciça com 12 horas de antecedência para que tenha tempo suficiente para secar e endurecer, suportando assim o peso das demais partes do corpo. A Figura 4 mostra a abertura dos tacelos referentes aos antebraços e à ponta do tirador da estatueta *O Laçador*



Figura 32. Abertura dos tacelos referentes à base e pernas da estatueta *O Laçador*



Figura 43. Abertura dos tacelos referentes aos antebraços e à ponta do tirador da estatueta *O Laçador*

A primeira fundição da estatueta comprovou a funcionalidade do molde de gesso, mas por outro lado evidenciou a dificuldade de confecção manual das esporas e das extremidades da faca, uma vez que não foi viável a confecção de tacelos para estes diminutos e delicados detalhes devido às dimensões da estatueta que, medindo 25 cm de altura, caracteriza-se como um bibelô. A Figura 5 mostra a estatueta a verde e a ausência das esporas e das extremidades da faca.

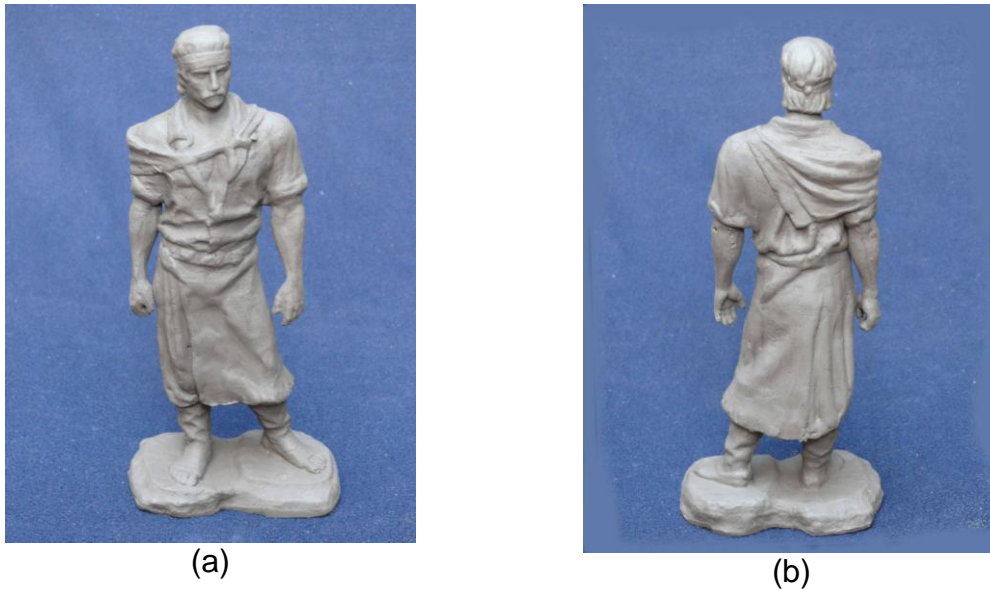


Figura 54. (a) Vista frontal e (b) vista posterior da estatueta *O Laçador a verde*.

A seguir foi testada a capacidade de defloculação da argila incorporada com o resíduo pó de aciaria para a fundição por colagem de barbotina da estatueta. Os ensaios referentes às curvas de defloculação foram realizados após homogeneização de 70% em peso de pó de argila com 30% em peso de pó de aciaria. A esta mistura de pós foi acrescentada 40, 45 e 50% em peso de água, constituindo-se assim três barbotinas, cada uma com diferentes teores de defloculante. Optou-se pela barbotina com 70% em peso de pó de argila e 30% em peso de resíduo pó de aciaria, acrescida de 50% em peso de água e 0,2% de silicato de sódio neutro, formulação que apresentou menor viscosidade (800 cP) quando comparada com as demais barbotinas, conforme mostra a Figura 6.

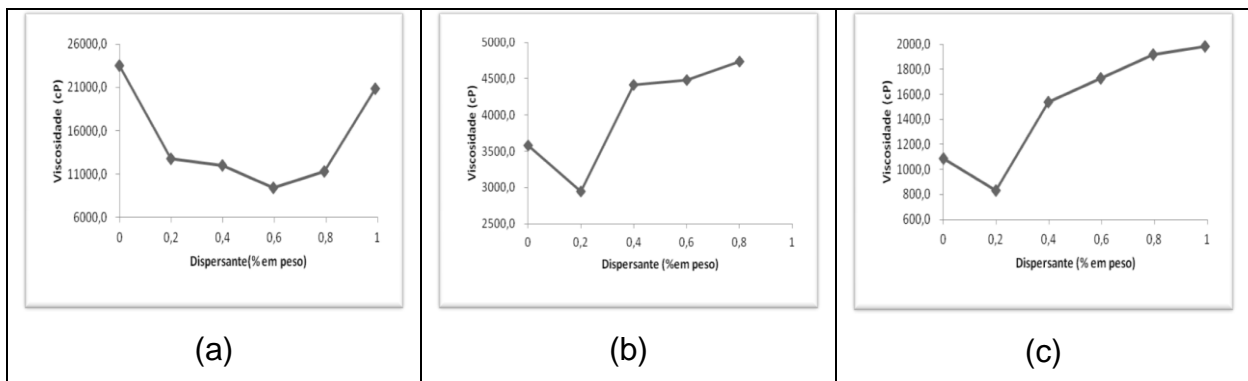


Figura 6. Curva de defloculação da barbotina com (a) 40% em peso de água; (b) 45% em peso de água; (c) 50% em peso de água.

A seguir foi realizado teste prático de fundição com barbotina incorporada com 30% em peso de pó de aciaria em molde de gesso referente a uma figura geométrica (15 x 10 x 10 cm) com orifício (respiro) maior que o molde da estatueta. Apesar da baixa viscosidade, esta barbotina não apresentou suficiente escoamento para viabilizar a fundição, sendo acrescida de mais água até totalizar 100% em peso de água. Quando vertida, esta nova formulação de barbotina foi floculando e escorrendo aos borbotões. A Figura 7 mostra o resultado desta fundição: peça com paredes grossas e a presença de grandes rachaduras na peça antes mesmo do seu desprendimento dos tacelos.

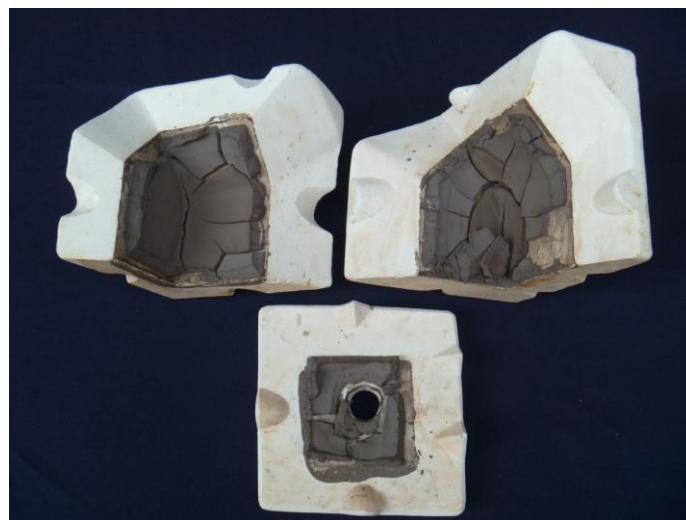


Figura 75. Resultado do teste da barbotina incorporada com 30% em peso de pó de aciaria vertida em molde de gesso resultando em uma peça com paredes grossas e rachadas.

Uma possível explicação para o não escoamento da referida barbotina poderia ser a tendência em geral das suspensões em flocular “*devido à subida da força iônica do meio*” (COSTA, 2009, p.13), fenômeno que poderia ter ocorrido pelo aporte de íons presentes no resíduo pó de aciaria. Segundo Catafesta et al. (2007) além da viscosidade, o escoamento da barbotina depende, entre outros fatores, da presença de aditivos e impurezas, da distribuição do tamanho de partículas, da área superficial, do pH da suspensão, da concentração de sólidos e do tipo de molde que pode ser de gesso ou de resina. Evidencia-se assim a necessidade de aprofundar estudos sobre a reologia destas barbotinas em trabalhos futuros.

Não tendo sido possível fundir a estatueta *O Laçador* com a barbotina incorporada com 30% em peso do resíduo, a seguir foi testada formulação com 80% em peso de

pó de argila e 20% em peso do resíduo pó de aciaria, acrescida de 100% em peso de água e 0,2% em peso de silicato de sódio neutro. Contudo, esta formulação também não apresentou adequado escoamento, necessitando a utilização de uma seringa para injeção da barbotina e vibração manual do molde de gesso da estatueta e ainda assim determinou defeitos nas peças fundidas conforme mostra a Figura 8.



Figura 86. Defeitos em peça fundida com incorporação de 20% em peso de pó de aciaria.

Prosseguindo-se a investigação quanto ao escoamento, foram testadas barbotinas incorporadas com 15, 10 e 5% em peso de pó de aciaria, acrescidas de 100% em peso de água e 0,2% em peso de silicato de sódio neutro. A redução do resíduo facilitou o escoamento das barbotinas no molde de gesso, mas manteve-se a necessidade de injeção com seringa e vibração manual do molde. Após o processo de secagem, as estatuetas a verde foram levadas ao forno (Figura 9).



Figura 97. Estatuetas *O Laçador* a verde dentro do forno elétrico.



Conforme mostra a Figura 10, na abertura do forno elétrico após o processo de sinterização das estatuetas a 1220°C, observou-se que:

- Permaneceram na posição ortostática duas peças fundidas com a porcelana Biscuit Volpetiz (indicadas com a letra P) e três peças fundidas com barbotina incorporada com 5% em peso do resíduo pó de aciaria (indicadas com o número 5).
- Deformaram-se e não permaneceram na posição ortostática as demais peças fundidas com barbotinas incorporadas com 10, 15 e 20 em peso do resíduo (indicadas respectivamente com os números 10, 15 e 20). Este resultado deve-se a deformações ocorridas principalmente na perna direita que é a perna de apoio da estatueta *O Laçador*, evidenciando-se assim o ponto mais suscetível na geometria da peça.



Figura 108. Abertura do forno após sinterização a 1220°C: (P) peças fundidas com a porcelana Biscuit Volpetiz; peças fundidas com barbotinas incorporadas com (5) 5% em peso; (10) 10% em peso; (15) 15% em peso; (20) 20% em peso do resíduo pó de aciaria.

A Figura 11 mostra um exemplar de cada barbotina sinterizada a 1220°C. As peças fundidas com a porcelana Biscuit Volpetiz não apresentaram deformação, resultado esperado visto que esta barbotina era sinterizada a 1280°C na antiga fábrica Biscuit Volpetiz. Observa-se também que as peças fundidas com barbotinas incorporadas com o resíduo pó de aciaria apresentaram deformações proporcionais à concentração do resíduo, fato que indica a ação fundente do referido resíduo.



Figura 119. Exemplos das diferentes barbotinas após sinterização a 1220°C: (P) porcelana Biscuit Volpetiz e barbotina incorporada com (5) 5% em peso; (10) 10% em peso; (15) 15% em peso; (20) 20% em peso do resíduo pó de aciaria.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A primeira fundição da estatueta sinterizada, com a porcelana Biscuit Volpetiz a 1220°C, comprovou a funcionalidade do molde de gesso bem como a viabilidade de confecção da estatueta *O Laçador* pela técnica de colagem de barbotina, um dos objetivos deste trabalho. Neste sentido, comprovou-se também a possibilidade de requalificação da estatueta *O Laçador* através da pesquisa de tecnologia 3D com Scanner a Laser Móvel, da prototipagem em impressora 3D e da fundição da estatueta na técnica de colagem de barbotina. A incorporação do resíduo pó de aciaria na barbotina, outro objetivo deste trabalho, comprometeu proporcionalmente o escoamento das barbotinas durante o processo de fundição e causou a

deformação das peças quando sinterizadas a 1220°C, indicando a natureza fundente do resíduo pó de aciaria. Evidencia-se assim a necessidade de mais investigações para o aproveitamento do referido resíduo como coproduto da aciaria.

A realização desta pesquisa acadêmica que contou com a colaboração de colegas, professores e outros profissionais, contribui para visibilidade e preservação do monumento *O Laçador* e com a memória do grande estatuário gaúcho, Antonio Caringi, uma vez que o modelo virtual 3D e o protótipo da estátua *O Laçador* foram disponibilizados para a Prefeitura Municipal de Porto Alegre/RS.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, Paulo César B. do. **100 Anos de Antonio Caringi** - Apresentação. Folder da exposição realizada no Salão Alberto Pasqualini, Palácio Piratini, Porto Alegre, de 23 de agosto a 2 de setembro de 2005.

CARTILHA de monumentos inseridos em praças e parques de Porto Alegre: conhecendo o passado e preservando o futuro. Porto Alegre: SMAM; Departamento de Monumentos, 2010. 32p. il.

CATAFESTA, J.; ANDREOLA, R.; PEROTTONI, C.A.; ZORZI, J.E. Colagem da Barbotina de Aluminas Submicrométricas Comerciais. **Cerâmica**, São Paulo, v. 53, n. 325, jan/mar 2007.

COSTA, Marisa Célia da Silva Resende da. **Reciclagem de Caco Chacotado em Pastas de Porcelana de Cozedura Rápida para Utilização Industrial**. 2009. 63p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Cerâmica e do Vidro. Escola de Engenharia, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2009.

FLORES, Ana Berenice Hubner. Design, Território e Tecnologia 3D na Preservação Cultural em Suporte Material Sustentável: Estudo de Caso do Monumento “O Laçador”. 2012. 177p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Design (PGDesign). Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

FOURNIER, Robert. **Illustrated Dictionary of Practical Pottery**. 4. ed. Londres: A & C Black, 2000. 362p. il.

GALE, John. **Pottery**. Londres: TY Books, 2001. 120p. il.

MATTISON, Steve. **The Complete Potter**. Nova Iorque: Barron's, 2003. 224p. il.

TEIXEIRA, Paulo César. Uma Estátua para Caringi. **Aplauso**, Porto Alegre, v. 65, p.12-15, jun. 2005.

ZEGARRA, Jorge Rodolfo Escalante. Avaliação de Misturas Produzidas com Ligantes Asfálticos Peruanos Convencional PEN 60/70 e Modificados por Polímero SBS tipo I 60/60 e PG 76-22. 2007. 234p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Infra-Estrutura de Transportes. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade Federal de São Paulo, São Carlos, 2007.

FABRICATION OF PLASTER CAST, INCORPORATION OF WASTE EAF DUST IN THE CERAMIC MASS AND REPRODUCTION OF THE STATUETTE "O LAÇADOR" BY SLIP CASTING TECHNIQUE.

#### ABSTRACT

*This paper describes the fabrication of plaster cast from a prototype, incorporating EAF dust residue in the ceramic mass and the reproduction, for purposes of scientific-technological research, of the statuette "O Laçador" by slip casting technique, exemplifying the possibility of integrating the action of the product designer with the materials engineer. Finally, we also aim to contribute to the preservation of the collective memory of a monument which is historical and a cultural heritage, as well as rescue the memory of the sculptor Antonio Caringi, a name to be remembered by the monument "O Laçador".*

Keywords: plaster mold, slip casting, EAF dust, historical heritage.