

RECOMPOSIÇÃO DE ESCULTURA EM MÁRMORE POR MEIO DE IMPRESSÃO 3D

RESTORATION OF MARBLE SCULPTURE THROUGH 3D PRINTING

Vitória da Silva Freitas

Graduação em Conservação e Restauração, 7º período, UFRJ
Período PIBIC ou PIBITI/CETEM: março a agosto de 2023
freitasvitoria803@gmail.com

Marceli do Nascimento da Conceição

Orientadora, química, D.Sc.
mconceicao@cetem.gov.br

Roberto Carlos da Conceição Ribeiro

Orientador, engenheiro químico, D.Sc.
rcarlos@cetem.gov.br

RESUMO

A arte funerária em rochas ornamentais data aproximadamente do século XIX, mesmo período em que foi construído o Cemitério São Francisco de Paula no bairro do Catumbi na cidade do Rio de Janeiro, que conta com diversas esculturas em mármore, líz e gnaisse facoidais, dentre outros, que representam enorme beleza sacra. Tais esculturas, além das ações intempéricas como chuvas ácidas e maresia, sofrem drasticamente pela ação humana, devido aos furtos de objetos metálicos que acarretam danos irreversíveis à parte pétreo. O presente trabalho tem como objetivo a restauração volumétrica de parte de uma asa de uma escultura de um anjo do cemitério supracitado por meio de impressão 3D em pó, uma vez que não se encontram mais escultores de pedras no Brasil. Dessa forma, foram realizadas análises, química (FRX) e mineralógica (DRX), determinações de dureza e colorimetria na escultura para servir de base para geração da asa nas mesmas condições por meio da impressão 3D. Os resultados indicaram que a escultura é constituída de mármore de Carrara, com dureza entre 200 e 400HLD, apresentando padrão colorimétrico de luminosidade em torno de 70°. A asa então foi confeccionada utilizando-se uma mistura de pós de mármore de Carrara com a composição de 29% de 0,85 mm; 43% de 0,106 mm, 14% 0,180 mm e 14% da resina epoxídica, pois apresentou resultado de luminosidade em torno de 70° e dureza superior a 400 HLD, assegurando sua reprodução em impressora 3D, permitindo sua reintegração à escultura seguindo-se os princípios da conservação e restauração, uma vez que há compatibilidade de materiais, reversibilidade, além da reestruturação da instância estética da escultura e a preservação de seu valor histórico e sentimental.

Palavras-chave: arte funerária, rochas ornamentais, conservação.

ABSTRACT

The funerary art in ornamental rocks dates from approximately the 19th century, the same period in which the São Francisco de Paula Cemetery was built in the Catumbi neighborhood in the city of Rio de Janeiro, which has several sculptures in marble, líz and facoidal gneisses, among others. , which represent enormous sacred beauty. Such sculptures, in addition to weathering actions such as acid rain and sea air, suffer drastically from human action, due to the theft of metallic objects that cause irreversible damage to the stone part. The present work aims

at the volumetric restoration of part of a wing of a sculpture of an angel from the aforementioned cemetery by means of 3D powder printing, since there are no more stone sculptors in Brazil. In this way, chemical (FRX) and mineralogical (DRX) analyses, hardness determinations and colorimetry were carried out on the sculpture to serve as a basis for generating the wing under the same conditions through 3D printing. The results indicated that the sculpture is made of Carrara marble, with a hardness between 200 and 400HLD, with a colorimetric standard of luminosity greater than 70°. The wing was then made using a mix of Carrara marble powders with a composition of X% 0.85 mm; X% 0.106, X% 0.180 mm and X% of the epoxy resin, as it presented a result of luminosity greater than 70° and hardness greater than 400 HLD,) ensuring its reproduction in a 3D printer, allowing its reintegration into the sculpture following the principles of conservation and restoration, since there is compatibility of materials, reversibility, in addition to the restructuring of the sculpture's aesthetic instance and the preservation of its historical and sentimental value.

Keywords: funerary art, ornamental rocks, conservation.

1. INTRODUÇÃO

As rochas ornamentais são muito utilizadas em elementos arquitetônicos como fachadas, pisos e pias, geralmente em granitos, arenitos, ardósias e mármore. Dentre suas aplicações, destaca-se a arte funerária, que é o termo designado para esculturas confeccionadas para ornamentar cemitérios, inclusive envolvendo sepulturas e lápides, que, por meio de sua iconografia buscam trazer conforto para aqueles que ali lamentam perdas (BATISTA, 2009).

Tais esculturas, expostas ao tempo, sofrem a ação do intemperismo verificando-se eflorescências e crostas negras que alteram o aspecto e estrutura das rochas. Atrelado a isso se observa ainda a ação do vandalismo para roubo de peças metálicas que degradam a parte pétreas dos monumentos de forma irreparável, pois já não se encontram escultores que possam reconstitui-las (SANTOS E RIBEIRO, 2021).

A impressão 3D é uma alternativa para reposição de parte dessas obras de arte uma vez que se pode associar o pó da mesma rocha da escultura com uma resina pré-determinada e confeccionar a volumetria que se quer recompor utilizando-se o programa específico das impressoras 3D com o modelo tridimensional que se quer reproduzir, preservando as instâncias estéticas e históricas da obra (CONCEIÇÃO et al., 2018).

2. OBJETIVO

O presente trabalho teve como objetivo realizar a reintegração volumétrica de uma asa em uma estátua de anjo localizada no em uma sepultura do Cemitério da Ordem Terceira de São Francisco de Paula, no bairro do Catumbi, RJ, por meio de impressão 3D.

3. METODOLOGIA

3.1. Mapeamento de Danos

A escultura foi avaliada por meio de inspeção visual para determinação dos danos com base no Glossário ICOMOS.

3.2. Análises, Química e Mineralógica

Foram realizadas análises, química e mineralógica, utilizando-se um fragmento da escultura, por meio de fluorescência de raios-X (FRX) e difração de raios-X (DRX) e também avaliação em lupa.

3.3. Determinação de Cor e Brilho

Para determinação da cor e do brilho utilizou-se um equipamento *Guide Sphere Gloss* da marca *BYK* obtendo valores correspondentes às cores nos eixos a, b e L, além do brilho (G). Tal análise foi realizada na escultura *in loco* e nas composições no laboratório para a reprodução de parte do monumento.

3.4. Avaliação de Dureza

Determinou-se a dureza média da rocha utilizando a sonda D acoplada ao equipamento *Equotip 550 Leeb* da marca *Proceq* em diversas regiões da escultura.

3.5. Preparação dos Compósitos

Após a determinação do tipo de rocha da escultura foram preparadas 10 formulações, como apresentado na Tabela 1, contendo Mármore de Carrara comercial que foi cominuído, peneirado e separado em alíquotas retidas em 0,85 mm, 0,106 mm, 0,180 mm e passante em 0,180 mm.

Tabela 1: Composição % das amostras.

Amostras	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Resina	5g	5g	5g	5g	4g	4g	3g	5g	5g	5g
>0,85mm	25g	20g	15g	10g	25g	20g	20g	0g	0g	0g
>0,106mm	5g	5g	10g	15g	5g	5g	5g	0g	0g	30g
>0,180mm	0g	30g	0g							
<0,180mm	0g	5g	5g	5g	0g	5g	5g	30g	0g	0g

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Mapeamento de Danos

Na Figura 1 estão apresentados os principais danos encontrados na escultura, observando-se arenização, perdas de massa, principalmente metade da asa direita, biodeterioração, eflorescências e crostas negras.



Figura 1: Monumento analisado e local de captação de dados.

4.2. Análises Química e Mineralógica

A caracterização química indicou que a escultura apresenta cerca de 50% de CaO e 50% perda por calcinação, configurando se tratar de um Mármore e corroborado nos resultados de difração de raios-X que identificou um pico intenso de calcita e a presença de gipsita oriunda da ação da poluição de enxofre, onde o mesmo reage com o cálcio da calcita e o transforma em CaSO₄ (gipsita). A avaliação macroscópica e em lupa determinaram que se trata de uma Mármore de Carrara.

4.3. Colorimetria

Os resultados colorimétricos do anjo na situação que se encontrava indicaram valores de L inferiores à 50°, confirmando a presença de crostas negras. Após limpeza com detergente neutro o valor de luminosidade encontra-se em torno de 70°, valor este típico de um mármore exposto aos raios-UV, sem polimento.

Os valores de dureza variaram de 266 HLD na perna da escultura, 262 HLD na asa e 324 HLD no tronco. Tais valores indicam a perda de resistência mecânica da rocha, pois um Carrara são apresenta valores de dureza superiores a 600 HLD. Tal situação ocorre devido ao efeito das intempéries que formaram gipsita na estrutura na escultura, que é um mineral mais frágil que a calcita.

4.4. Caracterização dos Compósitos

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados colorimétricos e de dureza de cada uma das 10 composições preparadas. Pode-se verificar que as amostras apresentaram valores de luminosidade em torno de 70°, similares ao da escultura limpa e valores de dureza que chegaram a 420 HLD. Dessa forma, escolheu-se a melhor composição aquela onde a dureza apresentou maior valor, associada à maior luminosidade. Dessa forma, as composições 1 ou 4 apresentaram os maiores valores de dureza, porém a amostra 1 apresenta valor de luminosidade ligeiramente maior, aproximando-se mais da coloração do anjo.

Tabela 2: Colorimetria e dureza dos compósitos.

Amostra	a	b	L	Dureza
<i>Amostra 1</i>	<i>0.33</i>	<i>5.68</i>	<i>68.95</i>	<i>420HLD</i>
Amostra 2	0.47	6.10	68.70	282HLD
Amostra 3	0.54	6.18	68.76	308HLD
<i>Amostra 4</i>	<i>0.26</i>	<i>6.18</i>	<i>68.06</i>	<i>429HLD</i>
Amostra 5	0.41	5.86	68.49	356HLD
Amostra 6	0.31	5.55	66.54	170HLD
Amostra 7	0.26	5.07	63.72	224HLD
Amostra 8	0.85	6.40	72.66	193HLD
Amostra 9	1.48	8.23	67.90	228HLD
Amostra 10	0.64	6.10	68.89	395HLD

4.5. Impressão 3D em Pó

Baseado nos resultados anteriores escolheu-se a composição da amostra 01 para abastecimento da impressora 3D de pó do INT utilizando-se os parâmetros de impressão da asa esquerda do anjo, que foi espelhada no sistema de impressão obtendo-se o protótipo apresentado na Figura 2, que será pinado na escultura.



Figura 2: Protótipo da asa do anjo confeccionada em impressora 3D de pó.

5. CONCLUSÕES

Pôde-se concluir a possibilidade técnica de confecção de peças escultóricas utilizando pó de rochas idênticas às rochas de esculturas que foram vandalizadas ou sofreram ações intempéricas. Tal fato é de grande importância devido à ausência de escultores de pedras, que inviabilizam a restauração, gerando grandes lacunas volumétricas. Confirmou-se que a amostra contendo 29% de rocha a 0,85 mm, 43% de rocha a 0,106 mm, 14% de rocha passante em 0,180 mm e 14% de resina apresentaram melhores resultados de dureza de cerca de 430 HLD e com condições colorimétricas semelhantes a da escultura ($L \sim 70^\circ$) assegurando sua reprodução em impressora 3D, permitindo sua reintegração à escultura seguindo-se os princípios da conservação e restauração, uma vez que há compatibilidade de materiais, reversibilidade, além da reestruturação da instância estética da escultura e a preservação de seu valor histórico e sentimental.

6. AGRADECIMENTOS

Ao CETEM pela infraestrutura, ao Cemitério São Francisco de Paula, ao CNPq pelo apoio financeiro e a toda equipe do LACON.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATISTA, H.S.A. (2009). Jardim regado com lágrimas de saudade: Morte e cultura visual da Venerável Ordem Terceira dos Mínimos de São Francisco de Paula (Rio de Janeiro, século XIX). Ceará: Prêmio Arquivo Nacional de Pesquisa.

CONCEIÇÃO, M.N.; THIRÉ, R.; RIBEIRO, R.C.C. (2018). L'utilisation de résidus minéraux avec le poly(acide lactique) (PLA) pour la fabrication additive et étude des pertes de chaleur en surface des pièces imprimées en 3D, Conférence MATERIAUX 2018, Strasbourg, França.

ICOMOS – Glossário Ilustrado das Formas de Deterioração da Pedra.

SANTOS, R.S.; RIBEIRO, R.C.C. (2021). Geração de placas informativas para monumentos constituídas de resíduos de pegmatito e resina poliuretana, XXX Jornada de Iniciação Científica do CETEM, Rio de Janeiro - RJ.