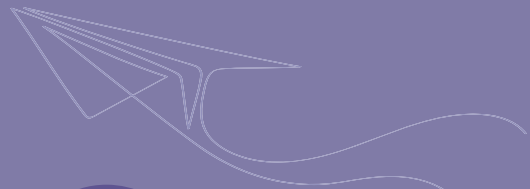


GEÍSA AIGER DE OLIVEIRA  
GUSTAVO JAVIER ZANI NÚÑEZ  
JAIRE EDERSON PASSOS

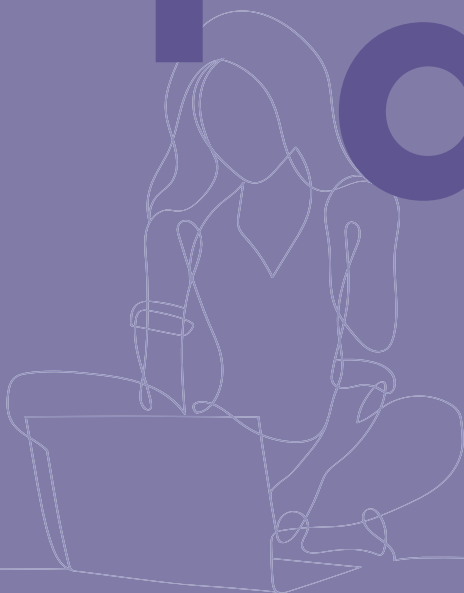
ORGANIZADORES



# Des ign pes em qui sa.

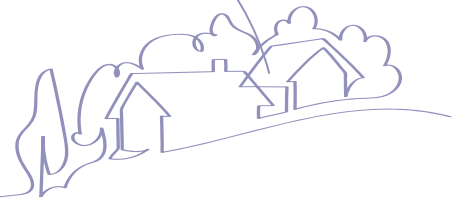
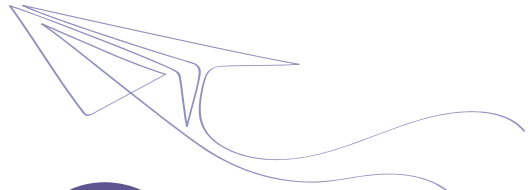


● vol. 6



GEÍSA AIGER DE OLIVEIRA  
GUSTAVO JAVIER ZANI NÚÑEZ  
JAIRE EDERSON PASSOS

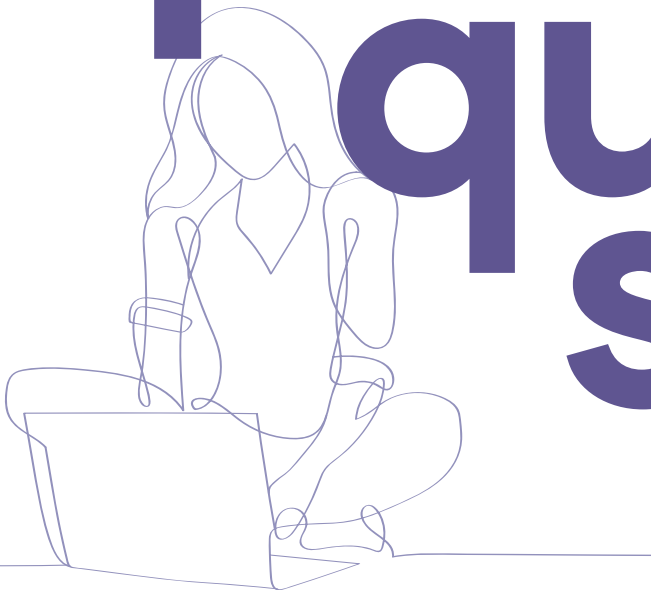
ORGANIZADORES



# Des ign pes em qui sa.



vol. 6



---

D457 Design em pesquisa : volume 6 [recurso eletrônico] / organizadores Geísa Aiger de Oliveira, Gustavo Javier Zani Núñez [e] Jaire Ederson Passos. – Porto Alegre: Marcavisual, 2024.  
247 p. : il. ; digital

ISBN 978-65-89263-84-5

1. Design. 2. Design de produto. 3. Sustentabilidade. 4. Inovação. 5. Design de serviços. 6. Gestão do design. 7. Tecnologia. I. Oliveira, Geísa Aiger de. II. Núñez, Gustavo Javier Zani. III. Passos, Jaire Ederson.

CDU 745.6

---

CIP-Brasil. Dados Internacionais de Catalogação na Publicação.  
(Jaqueline Trombin – Bibliotecária responsável CRB10/979)

## CAPÍTULO 10

# Aplicação de tecnologias 3D para reconstituição de artefatos de cerâmica Tupi-Guarani a partir de fragmentos

Andres Felipe Gallego Alarcón, Fabio Pinto da Silva

---

### *R e s u m o*

O capítulo tem como objetivo apresentar experiências do processo de reconstituição da cerâmica tupi-guarani a partir de fragmentos coletados na expedição arqueológica realizada na Ilha Francisco Manoel, no município de Porto Alegre, os quais atualmente fazem parte do acervo arqueológico do Museu Joaquim José Felizardo. A abordagem desta pesquisa concentra-se na aplicação de tecnologias 3D, nas diferentes etapas de aquisição de dados por meio de digitalização 3D, modelagem e fabricação digital. Esta pesquisa parte da premissa de que a influência da tecnologia proporciona à sociedade diversos recursos para resgatar as manifestações tangíveis de cada cultura e, por sua vez, como a combinação de domínios tecnológicos utilizados por diferentes áreas do conhecimento como design, engenharia e arqueologia alcançam resultados cada vez mais inovadores na preservação do patrimônio cultural arqueológico.

### **1. Introdução**

Nos últimos anos, o uso de tecnologias digitais e de informação aumentou as abordagens para estudo do patrimônio cultural, criando cenários e possibilidades para profissionais em diferentes áreas, permitindo a implementação e a combinação de domínios tecnológicos. Segundo Zhou (2012), a digitalização do patrimônio cultural é o processo de digitalização do patrimônio cultural móvel ou imóvel usando tecnologias contemporâneas de sensoriamento remoto e virtual para obter arquivamento digital 2D ou 3D, para fins de proteção, reparação, restauração e pesquisa arqueológica. Essa evolução de ferramentas e métodos anda de mãos dadas com a disseminação de técnicas instrumentais de levantamento; em particular, a digitalização em 3D, que possibilita a observação de geometrias complexas impossíveis de serem analisadas com métodos tradicionais.

As tecnologias de digitalização 3D se tornaram uma parte importante do setor de patrimônio cultural para documentar e visualizar originais e se estenderam além de seu principal campo de aplicação, a arqueologia (Opgenhaffen, 2021; Costopoulos, 2016), para outras disciplinas das ciências humanas. Para disciplinas com representação visual, como arte, história da arquitetura, arqueologia e patrimônio cultural, a afinidade e a competência em relação aos métodos de pesquisa digital são subdesenvolvidas, exceto na arqueologia (Muenster, 2022).

Neste capítulo, apresentamos um estudo de caso relacionado ao patrimônio arqueológico da cultura tupi-guarani na cidade de Porto Alegre, Brasil, e como as potenciais aplicações das tecnologias de digitalização e fabricação podem resgatar o valor do patrimônio cultural tangível. Inicialmente, foi realizada uma caracterização dos sítios onde o povo tupi-guarani esteve presente na região, que foram previamente identificados por outros pesquisadores, bem como uma caracterização do sítio histórico onde essa coleção de fragmentos foi encontrada. Em seguida, foi feita uma descrição das tecnologias envolvidas na reconstrução dos fragmentos, iniciando com a etapa de observação e reconhecimento, digitalização 3D, estudo da forma e geometria para modelagem da peça, passando depois para o processo de impressão 3D.

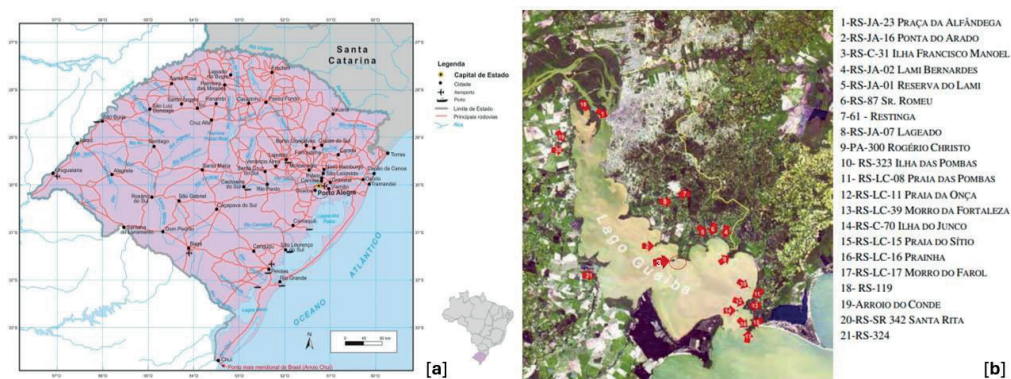
## **2. Contexto do sítio arqueológico da ilha Francisco Manoel**

As intervenções arqueológicas sistemáticas de sítios tupi-guarani iniciaram-se em 1993, no projeto **“Projeto de levantamento dos Sítios Arqueológicos de Ocupação Indígena na área do Município de Porto Alegre, RS”**, promovido pelo Museu Joaquim José Felizardo, órgão da Secretaria Municipal de Cultura e Economia Criativa (SMC) e realizado por uma equipe de arqueólogos (Noelli, *et al.* 1997). Nesse período alguns sítios foram evidenciados, incluindo a Ilha Francisco Manoel, ao sul da cidade identificada como o lugar RS-C-31 (Figura 1).

A Ilha Francisco Manoel é situada no lago Guaíba, na zona sul de Porto Alegre, a 35km do centro da cidade. Ela fica em frente à Ponta dos Coatís, ao sul de Belém Novo. Atualmente, a Ilha Francisco Manoel é a sede do Clube Veleiros do Sul. Somente uma parte da margem norte da Ilha é ocupada pelas estruturas à disposição dos sócios (galpão, banheiros, casa do caseiro etc.). Apesar dos estudos e da descoberta de vários sítios em Porto Alegre e arredores, ainda há poucos dados disponíveis sobre a ocupação indígena. Isso ocorre, pois muitos historiadores consideram que os sítios pré-históricos foram destruídos e poucos projetos foram realizados

para recuperar material histórico que pudesse explicar o contato entre as antigas tribos e as diferentes culturas imigrantes que chegaram à região, bem como a forma como interagiram com o ambiente e estabeleceram seus assentamentos (Gaulier, 2002). A fim de rastrear o material disponível nas coleções de cerâmica da Ilha de Francisco Manoel, foi feito contato com o Museu Joaquim José Felizardo para analisar fragmentos do sítio “RS-C.31”.

**Figura 1 – Localização de sítios arqueológicos de Porto Alegre e arredores**



Fonte: a) IBGE, 2024; b)Oliveira, 2005

### 3. Identificação de fragmentos

Os fragmentos foram coletados na Ilha Francisco Manoel em escavações realizadas em janeiro de 2000, coordenadas pela arqueóloga Patrícia Laure Gaulier, da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Os achados materiais fazem parte do acervo arqueológico do Museu Joaquim Felizardo, em Porto Alegre, e os detalhes descritivos da pesquisa arqueológica foram apresentados na Revista de Arqueologia (2001-2002). A Figura 2 mostra o fragmento em sua vista externa(a) e lateral (b), permitindo a observação da superfície e das dimensões.

**Figura 2 – Fragmento de cerâmica estudado.**  
[a] Vista externa, [b] Vista lateral, [c]Textura superficial



Fonte: dos autores 2024.

Para analisar as características da superfície externa do fragmento, foi utilizado o estudo taxonômico da Cerâmica Guarani de La Salvia e Brochado, (1989), para reconhecer a taxonomia e entender aspectos da morfologia da superfície interna e externa (Figura 3), onde temos os tipos e as variações.

**Figura 3 – Quadro de acabamento superficial**

AÇÃO		DIGITAL				
Variação \ Tipo	Corrugado	Digitado	Digito-Ung	Imbricado	Acanalado	
Clássico	■	□	□	■		
Simplex	□					
Longitudinal		□		□	□	
Perpendicular	□		□	□	□	
Oblíquo	□			□	□	
Tangente					□	

Fonte: adaptado de La Salvia e Brochado, 1989.

De acordo com a interpretação da figura anterior, o fragmento coletado é definido como pertencente à Ação Digital; de variação “Clássico” do Tipo Corrugado e Imbricado. Segundo a descrição, a textura Digital Corrugado Imbricado (Figura 2c) é caracterizada por ter as dobras ritmicamente ordenadas, como no clássico, se sobrepõem no sentido longitudinal sobre a outra sequência de corrugações.

#### 4. Aquisição de dados 3D

Essa fase do trabalho baseia-se na experiência de Asyraf (2019), que identificou uma lista integrada de etapas para o fluxo de trabalho de digitalização (Quadro 1). A pré-digitalização geralmente envolve atividades de planejamento e gerenciamento antes da digitalização em si. Isso inclui a observação do local, a programação, o cálculo de custos, a contratação de pessoal e qualquer pesquisa de antecedentes relacionada para determinar o tipo de dispositivo de digitalização necessário. A digitalização consiste na documentação em 3D e na captura do artefato. A ferramenta usada para essa etapa é o Artec EVA, um scanner de triangulação com luz estruturada (lâmpada de flash) ideal para a aquisição de objetos de tamanho médio. Finalmente, a pós-digitalização envolve o processamento

dos dados digitais brutos adquiridos, o qual foi realizado no software Artec Studio. O processo inclui as etapas de edição, alinhamento, registro global, fusão, exportação e arquivamento, que envolvem a criação de um formato de arquivo adequado no qual os arquivos finalizados são exportados para o formato .STL. Além disso, neste trabalho ainda foi realizada uma etapa adicional de texturização, realizada no software Zbrush.

**Quadro 1 – Considerações do usuário sobre a digitalização**

Nível/estágio	Considerações de uso	Nível/estágio	Considerações de uso	Nível/estágio	Considerações de uso
<b>Pré-digitalização</b>	Acesso ao artefato Monitoramento Condição do artefato Material do artefato Dimensão do artefato Localização Iluminação Fatores externos (clima temperatura, umidade etc)	<b>Digitalização</b>	Configuração/reparação Equipamento de apoio Posição do scanner Posição do artefato Posição do operador Padrão de digitalização	<b>Pós-digitalização</b>	Edição Alinhamento Registro global Fusão Exportação Arquivamento

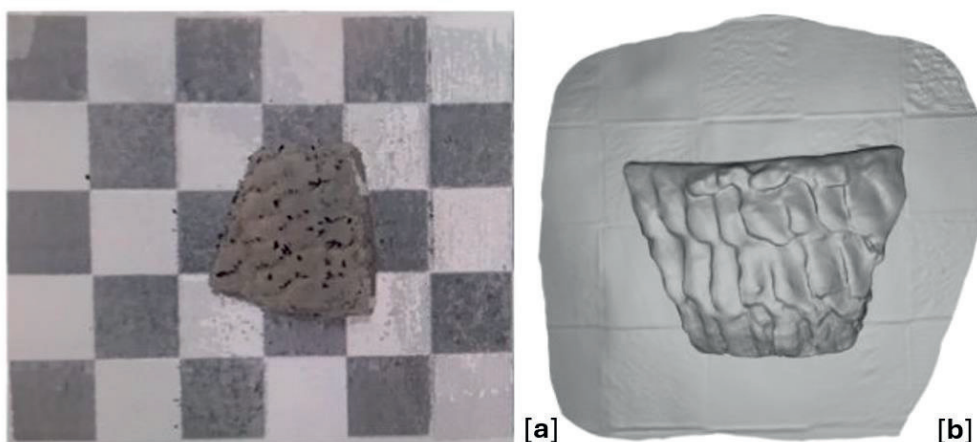
Fonte: adaptado de Asyraf, 2019.

## 4.2 Processamento de dados 3D

Depois de capturar um objeto de todos os ângulos desejados e criar um número suficiente de digitalizações, foi realizado o processamento para criar um modelo 3D a partir dos dados digitais brutos (Figura 4a). Para reunir todos os escaneamentos em um único conjunto, os dados foram convertidos em um único sistema de coordenadas para alinhamento. Durante esse processo, o software divide os escaneamentos ou grupos selecionados em duas coleções: registrados (alinhados) e não registrados (não alinhados). Depois de alinhar todas as digitalizações, o algoritmo de registro global converte todas as superfícies de um quadro em um único sistema de coordenadas usando informações sobre a posição mútua de cada superfície. Para isso, se seleciona um conjunto de pontos de geometria especial em cada quadro, seguido de uma busca por correspondências de pares entre pontos em quadros diferentes. Posteriormente, foi realizada a fusão que é um processo que cria o modelo 3D poligonal. Ele efetivamente une os quadros capturados e processados em um único objeto (Figura 4b).



**Figura 4 – Processamento de dados 3D: [a] dados brutos [b] malha processada**



Fonte: dos autores, 2024.

Os resultados da digitalização em 3D são apresentados na Tabela 1. O tamanho de um modelo 3D é dado em MB e em milhares de triângulos (Ktri, onde K significa milhares e Tri significa triângulos). As seções a seguir tratam da reconstituição do modelo 3D e do processo de fabricação digital usando a técnica de modelagem por deposição fundida (FDM).

**Tabela 1 – Resultados da digitalização 3D**

Nome do objeto	“Amostra fragmento”
Local da digitalização	Porto Alegre, RS
Ambiente de digitalização	Museu Joaquim Jose Felizardo
Scanner 3D usado	Artec EVA
Tipo de objeto digitalizado	Fragmento de cerâmica
Dimensões do objeto digitalizado	100 x 76 x 24 mm
Precisão média da digitalização	0,2 mm
Tamanho total da digitalização bruta	5 GB
Tamanho do modelo 3D	6,25 MB – 175 Ktri
Tempo de pré-digitalização	15 min
Tempo de digitalização	20 min
Tempo de pós-digitalização	35 min

Fonte: dos autores, 2024.

### 4.3 Reconstituição do modelo 3D

A partir do fragmento digitalizado, calcula-se, pela semelhança da superfície externa de uma vasilha, que o objeto original pode ser caracterizado como Yapepó (Salvia e Brochado, 1989), um artefato doméstico usado para cozinhar. A geometria identificada por La Salvia e Brochado (Figura 5) foi usada como base para o processo de modelagem usando o software Blender para edição de malha 3D.

Figura 5 – [a] Identificação da vasilha yapepó boyâ; [b] Modelo 3D da vasilha



Fonte: [a] La Salvia e Brochado, 1989; [b] dos autores, 2024.

Para o processo de texturização, foi usado como base o acabamento corrugado imbricado mencionado na Figura 2c, que foi importado no software Zbrush para criar um pincel e esculpir a superfície externa da vasilha. Além desse parâmetro, a aplicação do pincel teve de definir os pontos de aplicação equidistantes uns dos outros para evitar passá-lo sobre a mesma superfície, para tanto, ela foi dividida em três zonas: a base, a superfície externa e a borda da vasilha. O resultado pode ser observado na Figura 6.

Figura 6 – Aplicação da textura no modelo

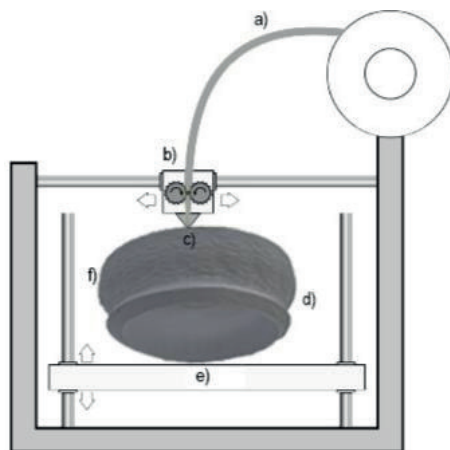


Fonte: dos autores, 2024.

## 5. Processo de Fabricação Digital

Essa fase foi focada na tecnologia de manufatura aditiva FDM (Modelagem por fusão e deposição) pela sua simplicidade no uso e baixo custo operacional. Nos dispositivos FDM (Figura 7), um filamento de plástico fino (a) é derretido em um cabeçote de extrusão (b) e depositado para construir a forma desejada (c), camada por camada, em uma plataforma móvel (e).

Figura 7 – Esquema de Modelagem por fusão e deposição (FDM)



Fonte: dos autores, 2024.

O software PrusaSlicer™ foi usado para a impressão e preparação do modelo de fragmento e vasilha. Os parâmetros utilizados no experimento foram resumidos na Tabela 2.

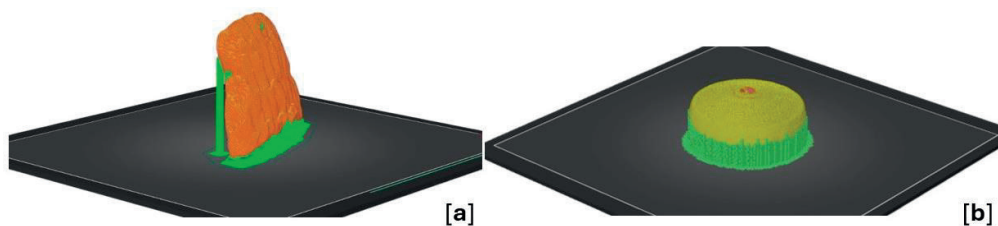
Tabela 2 – Parâmetros de impressão

Impressora	Creality Ender-3 S1 Pro
Material	PLA
Temperatura de extrusão	200 °C
Tamanho do bico de impressão	0,4 mm
Altura da camada	0,16 mm
Paredes verticais com perímetros	3
Velocidade de impressão	60 mm/s
Densidade de preenchimento	5%
Padrão de preenchimento	Relâmpago

Fonte: dos autores, 2024.

Com base nos parâmetros apresentados, o programa cria os suportes para impressão das peças e calcula as camadas para o fatiamento (Figura 8). Depois, o arquivo é salvo no formato de código G para execução da impressora.

Figura 8 – Preparação do [a] fragmento e da [b] vasilha para impressão 3D



Fonte: dos autores, 2024.

O resultado da impressão 3D dá uma aparência artificial ao objeto impresso (Figura 9), o que geralmente é indesejável para usos em objetos de patrimônio cultural. No entanto, a representação geométrica do objeto pode ser considerada de alta precisão. Neste caso específico, o uso da altura de camada de 0,16 mm tornou a textura bastante fidedigna e com efeito escada (devido às camadas) pouco perceptível.

**Figura 9 – Impressão de [a] fragmento e [b] vasilha em filamento PLA**



Fonte: dos autores, 2024.

## 6. Conclusões

A digitalização 3D de objetos de valor arqueológico pode auxiliar a preservar e promover elementos do patrimônio cultural, de forma a contribuir para uma melhor compreensão dos objetos de cerâmica tupi-guarani, que hoje carecem de fontes de informação. A arqueologia digital nos auxilia a compreender as diferentes camadas do passado que deixam sua marca nos territórios e que podem ajudar a entender nossas origens e, assim, nos dar melhores ferramentas para preservar a memória daqueles que foram parte ativa da história do território que habitamos hoje.

As técnicas de digitalização 3D disponíveis atendem a várias necessidades específicas no campo da preservação do patrimônio, como a capacidade de capturar a forma 3D de um objeto com alta precisão e sem contato físico com sua superfície. Além disso, o estudo de caso apresentado sugere que as tecnologias 3D são importantes ferramentas na reconstituição virtual

e física de artefatos. A fabricação digital permite a geração de réplicas que, por sua vez, podem ser extremamente úteis para estudos, divulgação e acessibilidade do patrimônio cultural. Nesse sentido, o ajuste de parâmetros e a seleção de tecnologias de fabricação podem exigir um método de trabalho de acordo com as especificidades dos artefatos arqueológicos a estudar.

Como sugestão para trabalhos futuros, indica-se a realização de estudos para reprodução de artefatos arqueológicos por diferentes tecnologias de impressão 3D, comparação entre as características de réplicas obtidas por diferentes processos e métodos, bem como a avaliação dos objetos produzidos por diferentes usuários.

## Referências

- ZHOU, Mingquan; GENG, Guohua; WU, Zhongke. **Digital preservation technology for cultural heritage**. Beijing: Higher Education Press, 2012.
- IBGE. **Mapa estadual do Rio Grande do Sul**. Portal Cidades, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/panorama>. Acesso em: 30/01/2024
- OLIVEIRA, Alberto Tavares. **Um Estudo em Arqueologia Urbana: a carta de potencial arqueológico do Centro Histórico de Porto Alegre**. Programa de Pós-Graduação em História, Pontifícia Universidade Católica Do Rio Grande Do Sul, Rio Grande Do Sul, Brasil, 2005.
- OPGENHAFFEN, Loes. **Visualizing archaeologists: a reflexive history of visualization practice in archaeology**. *Open Archaeology*, v. 7, n. 1, p. 353-377, 2021.
- COSTOPOULOS, Andre. Digital archeology is here (and has been for a while). *Frontiers in digital humanities*, v. 3, p. 4, 2016.
- MUENSTER, Sander. Digital 3D technologies for humanities research and education: an overview. *Applied Sciences*, v. 12, n. 5, p. 2426, 2022.
- NOELLI, Francisco; Silva, Fabiola; *et al.* O mapa arqueológico parcial e a revisão historiográfica a respeito das ocupações indígenas pré-históricas no município de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. **Revista de História Regional**, 1997.
- GAULLIER, Patricia Laure. Ocupação Pré-Histórica Guarani no Município de Porto Alegre RS - Considerações Preliminares e Primeira Datação do Sítio Arqueológico [RS-71-C] da Ilha Francisco Manoel. **Revista de Arqueologia**, 14-15, p. 57-73, 2001-2002.
- LA SALVIA, Fernando, BROCHADO, José Proenza. **Cerâmica Guarani**. Posenato Arte & Cultura. Porto Alegre, 1989.
- ASYRAF, Muhammad. **Digital Preservation of Malaysian Historical Artefact Using 3D Scanner: A Case Study of Mah Meri Mask** (Master Thesis), Multimedia University, Siti Hasmah Digital Library, Malaysia (2018)

### Como citar este capítulo (ABNT)

GALLEGO, A.F.; SILVA, F.P.. Aplicação de tecnologias 3D para reconstituição de artefatos de cerâmica tupi-guarani a partir de fragmentos. *In*: OLIVEIRA, G.G. de.. NÚÑEZ, G.J.Z.. PASSOS, J. E.. **Design em Pesquisa – Volume 6**. Porto Alegre: Marcavisual, 2024. p. 149-158. E-book. Disponível em <http://www.ufrgs.br/iicd/publicacoes/livros>. Acesso em 30 de outubro de 2024 (exemplo).

### Como citar este capítulo (Chicago)

GALLEGO, A. F.. SILVA, F. P. DA.. Aplicação de tecnologias 3D para reconstituição de artefatos de cerâmica tupi-guarani a partir de fragmentos. *In*: Design em Pesquisa – Volume 6 edited by Geísa Gaiger de Oliveira, Gustavo Javier Zani Núñez, Jaire Ederson Passos, 149-158. Porto Alegre: Marcavisual. 2024. <http://www.ufrgs.br/iicd/publicacoes/livros>.