

O uso da tecnologia de digitalização e impressão 3D no processo de criação de modelos didáticos tridimensionais

The use of 3D scanning and printing technology in the process of creating three-dimensional didactic models

Rhuan Magalhães¹

José Cirillo²

Marcela Belo³

Este artigo tem como finalidade compartilhar os avanços de uma pesquisa aplicada sobre a utilização da tecnologia de digitalização e impressão 3D no processo de criação de modelos tridimensionais em miniatura de monumentos escultóricos capixabas. Tais protótipos integram o projeto piloto “Kit Experimental Paradidático de Miniaturas 3D”, que visa aprimorar os processos de educação patrimonial no estado, haja vista sua utilização como ferramenta de aprendizagem e comunicação.

Palavras-chave: Arte Pública Capixaba; Monumentos; Tecnologia de Impressão 3D.

This article aims to share the advances of applied research on the use of 3D scanning and printing technology in the process of creating miniature three-dimensional models of sculptural monuments from Espírito Santo. Such prototypes are part of the pilot project “Experimental Paradidactic Kit of 3D Miniatures”, which aims to improve heritage education processes in the state, given its use as a learning and communication tool.

Keywords: Capixaba Public Art; Monuments; 3D Printing Technology.

.....
1 LEENA (UFES)

2 PPGA-LEENA (UFES) / FAPES / CNPQ

3 PPGArtes (UFMG) / CAPES / LEENA (UFES)

Introdução

O presente artigo tem como objetivo compartilhar um recorte temático da pesquisa *Arte Pública Capixaba*, que vem sendo desenvolvida por mais de uma década por pesquisadores ligados ao Laboratório de Extensão e Pesquisa em Artes (LEENA) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), com financiamento da CAPES, CNPq e da FAPES. Em termos gerais, esta pesquisa-mãe, de cunho qualitativa e quantitativa, aglutina uma série de investigações, exploratórias e filológicas, que visam compreender como o fenômeno da Arte Pública se estrutura no estado do Espírito Santo. O recorte temático aqui apresentado foi desenvolvido entre os anos 2020 a 2021, e buscou desenvolver técnicas para o registro e reprodução 3D de obras localizadas em logradouros públicos do estado do Espírito Santo, tendo em vista sua futura aplicação no campo da Educação Patrimonial.

Podemos destacar que, ainda hoje, a obra pública no Espírito Santo tem como principais expoentes o trabalho de bustos e estatuária de políticos e religiosos, evidenciando uma forte tendência moderna da escultura pública local. Poucas são as obras atuais que dialogam com as tendências mais contemporâneas de intervenção plástica nos logradouros públicos, ou em formas mais dinâmicas de trabalhar a memória das cidades capixabas. Em pesquisas anteriores, sobre os objetos que ocupam as praças e logradouros públicos do Espírito Santo, foi possível perceber que alguns artistas são responsáveis pela maioria dos bustos e estatuárias no estado. Assim, da evidência dos recorrentes nomes levantados, destacamos um dos artistas de maior projeção e representatividade no campo da obra tridimensional aqui desenvolvida: o escultor José Carlos Vilar de Araújo. Este artista atua na cena artística capixaba desde 1972, e também atuou como docente da disciplina Escultura, no Centro de Artes da UFES, de 1976 a 2011. Ao longo de quase meio século de produção no campo da escultura, Vilar realizou diversas exposições individuais e coletivas, participou de cursos e seminários, coordenou semanas de arte, restaurou obras artísticas e executou diversas esculturas, tendo concentrado sua produção nos últimos anos em obras destinadas aos espaços coletivos das cidades capixabas. Diante do contexto de pandemia, e a impossibilidade da realização de algumas ações

presenciais, a abrangência deste estudo foi adaptado para que fossem desenvolvidos os modelos em 3D de duas obras deste artista: o busto de Edygio Antônio Coser (localizado em uma praça homônima na Ilha do Frade, em Vitória-ES) e o Monumento Universitário (localizada no Centro de Artes, do campus de Goiabeiras da UFES).

Os dados coletados permitiram que essas obras fossem analisadas, testadas e prototipadas com tecnologia de digitalização, reprodução e impressão tridimensional. A partir do caso de estudo apresentado buscamos evidenciar como a tecnologia pode ser um forte aliado na criação de novas ferramentas pedagógicas, as quais podem contribuir a fruição de monumentos e esculturas públicas por educandos que possuam algum tipo de deficiência visual, e igualmente pelo público vidente. Acredita-se que este material, impresso em 3D como protótipos, formará um acervo tridimensional em escala reduzida, que permitirá o manuseio, contato e divulgação desse fenômeno artístico e cultural urbano.

Arte Pública e Educação Patrimonial

O estudo dos monumentos ganha corpo no final do século XIX com os estudos de Alois Riegl para o governo austríaco, quando este se vê encarregado de inventariar o acervo escultórico de Viena. Para conseguir levar esse encargo, Riegl necessitou teorizar sobre o que seria monumento e suas categorias. Desde este estudo, vários autores têm se dedicado à investigação sobre a produção de obras que ocupam lugares públicos nas cidades. Assim, um conjunto de obras tradicionais e contemporâneas ocupam a paisagem urbana, resignificando estes espaços como espaços de memória.

Investigar, pensar ou qualquer outra reflexão sobre a Arte Pública, em particular em sua manifestação no espaço não hegemônico do interior do Brasil, parece fazer necessárias duas considerações com relação ao fazer dos artistas: a primeira é que a maioria das obras/encomendas não são de grandes obras que reflitam a contemporaneidade da forma, em sua maioria são monumentos tradicionais. A segunda consideração é que escultores contemporâneos produzem bustos, mesmo

que esses não levem sua assinatura; esses bustos são como uma produção apagada no processo criativo destes artistas que, muitas vezes, procuram esconder essa produção considerada menos importante. Assim, nos parece que pensar a arte pública passa, também, por compreender as relações e modos de aproximação desses projetos artísticos com o conceito de espaço público da expectativa do solicitante quanto à tradicionalidade da produção do artista, com obras não necessariamente originais, mas com um significado particular no domínio público. Em relação à definição do termo Arte Pública o Colóquio Internacional “Quel destin pour l’Art Public?”, organizado pelo Centro do Patrimônio Mundial da UNESCO e pela Comunidade de Cergy-Pontoise em 19 e 20 de Maio de 2011, formula-se assim:

L’Art Public fait référence à des œuvres d’art originales utilisant tout support artistique, pour un emplacement temporaire ou permanent, dans un environnement extérieur ou intérieur. Accessible à tous, il cherche à enrichir la communauté en apportant une signification particulière au domaine public. (UNESCO, 2011).⁴

Com base nessa afirmativa da UNESCO, o nosso grupo de pesquisas no LEENA tem conduzido estudos de obras que estão fora dos espaços tradicionais como galerias e museus, estando em logradouros coletivos, como ruas e praças. Compreendemos que o acesso físico-espacial à Arte Pública não é, necessariamente, sinônimo de acessibilidade. Para que este termo seja utilizado de modo abrangente, fazem-se necessárias aplicações de ações públicas e de diferentes setores da sociedade, que propiciem o acesso à informação. No caso da arte pública, a acessibilidade passa, eminentemente, pela Educação Patrimonial. Nesse contexto, a forma de apresentação dos resultados gerados nesta pesquisa tem sido pensada com o

⁴ A Arte Pública faz referência às obras de arte originais que utilizam todo o tipo de suporte artístico, em instalação temporária ou permanente, num ambiente exterior ou interior. Acessível a todos, a Arte Pública procura enriquecer a comunidade, conferindo um significado particular ao domínio público. (UNESCO, 2011, tradução nossa).

propósito de contribuir para uma disponibilização abrangente e inclusiva de acesso ao conteúdo simbólico dos produtos e bens culturais capixabas.

A fim de elaborar um programa de difusão da Arte Pública Capixaba junto à Educação Básica do estado, e, concomitantemente, contribuir no trabalho de inclusão do tema junto aos portadores de algum grau de deficiência visual, parte do acervo inventariado vem sendo transformado em peças tridimensionais em miniatura, modeladas e impressas por meio da tecnologia 3D. Essas réplicas integram o projeto piloto “*Kit Experimental Paradidático de Miniaturas 3D*”, que é uma estratégia de inclusão e promoção do acesso ao conhecimento aos portadores de necessidades especiais relacionadas à visão.

Acreditamos que, além de transpor as barreiras físicas, será preciso compreender as relações simbólicas e culturais que envolvem essas obras. Esperamos que a elaboração desses artefatos, bem como a sua futura implementação, possa contribuir com o ensino das artes visuais, em especial no tocante às propostas docentes de interfaces lúdicas no atendimento de educandos portadores de deficiência visual.

Percursos metodológicos

A pesquisa que subsidiou esse artigo foi dividida em etapas teóricas e práticas. Inicialmente estudamos a fundamentação teórica e conceitual sobre o tema, e em seguida foi realizada a estruturação metodológica dos processos de digitalização e modelagem 3D das obras selecionadas. Perante à limitação de circulação e de pesquisas *in loco* (decorrentes da pandemia) foi desenvolvido em *home office* um estudo dos métodos mais eficazes para digitalização tridimensional de monumentos públicos de uma maneira que se pudesse fazer individualmente nas localidades. O estudo considerou diversos fatores cruciais para alcançar uma digitalização fidedigna aos objetos, como geometria, textura, intervenções naturais e humanas, tamanho, além de considerar fatores como custo operacional e aptidão técnica necessária para realização do procedimento. Durante esse processo, seguimos procedimentos que permitiram nos aproximar das metas e objetivos desta pesquisa, das quais destacamos:

- 1) A pesquisa de fontes bibliográficas e digitais: essa etapa foi importante para dar suporte teórico e metodológica para os trabalhos realizados, em especial nesses tempos de isolamento social no qual as bibliotecas estão fechadas ou com acesso limitado aos materiais bibliográficos. Por isto, trabalhamos ao máximo com material bibliográfico disponível em bibliotecas virtuais e com arquivos em pdf ou de sites.
- 2) Outro procedimento executado é a fotogrametria das duas obras modeladas. A realização desse procedimento consiste na captura sequencial de fotografias ou vídeos que contemplem todas as facetas do objeto em sua tridimensionalidade.
- 3) Modelagem: Essas fotos e vídeos (fotogrametria) são analisados em computador através do software *Meshroom*, que calcula a geometria usando pontos referenciais convergentes localizados no espaço tridimensional resultante da combinação das imagens.
- 4) Para a captura de imagens, optamos pela obra do artista disponível nos jardins do Centro de Artes e por um busto na praça Egidio coser, na Ilha do Frade, pois o acesso a elas não compromete os procedimentos de biossegurança adotados pela UFES, permitindo que a captura de imagens fosse feita com tranquilidade durante esse período, para tal captura, utilizamos, experimentalmente, um smartphone para a captura das imagens e posteriormente registros fotográficos com equipamento semiprofissional para garantir a qualidade da etapa;
- 5) Apesar da alta fidelidade do objeto 3D criado pelo software utilizado, é necessário um polimento manual para eliminar vértices defeituosos e desnecessários que prejudicam a qualidade final da digitalização, isto no caso da saída para impressão. Essa refinação pode ser realizada em qualquer software de modelagem 3D - neste caso, usamos o Blender pela sua versatilidade e acessibilidade.

Outros processos demonstraram-se cruciais para a execução de um trabalho com excelência. Entre eles, destacou-se a demanda de um guia/cartilha objetivo para o processo de fotogrametria que fosse capaz de demonstrar, de forma sucinta, o procedimento para um pesquisador sem familiaridade com o processo. Atendendo a

esta demanda foi elaborado um manual de procedimentos **FIGURA 1** que organiza, de forma geral, os princípios norteadores para o método de fotogrametria. Esse método consiste na captura sequencial de fotografias, ou vídeos, que contemplam todas as facetas do objeto capturado, em sua tridimensionalidade.

A elaboração desse material teve como objetivo criar uma metodologia que auxiliará o registro e fotogrametria das obras inventariadas pelo projeto. Além disso, fez-se necessária uma normatização para o registro das obras. Para isso foi utilizada uma versão adaptada do método CCO Commons (Cataloging Cultural Objects: A Guide to Describing Cultural Works and Their Image, 2006).

Etapas do processo de criação

Após a tomada dos dados necessários e os arquivos processuais cedidos pelo artista, deu-se início a etapa de fotogrametria e modelagem tridimensional das obras elencadas. O método foi dividido em três processos:

Digitalização

Inicialmente devem-se ponderar os aspectos praticáveis desse processo, tais como: o baixo custo de produção e É fundamental que esse processo seja acessível materialmente e que sua reprodutibilidade seja possível de forma prática. Enquanto a digitalização tridimensional realizada por escâneres a laser é capaz de entregar uma resolução milimetricamente precisa, o alto custo dos equipamentos faz com que sua aplicação seja impossível. Entretanto, concluímos que, para nossos objetivos práticos, esse equipamento torna-se desnecessário. O produto final das digitalizações seriam impressões tridimensionais dos modelos em escalas reduzidas, portanto uma resolução capaz de reproduzir a topologia superficial, apropriada para uma abordagem tátil de pessoas com deficiências visuais, seria suficientemente adequada para o que se esperava alcançar.

Sendo assim, após análise das tecnologias disponíveis que melhor atendessem às demandas, foi concluído que o método mais viável para a digitalização era a



Fotogrametria digital. Fonte: CEDOC - LEENA

fotogrametria. De baixo custo e rápida execução, adequa-se perfeitamente também no aspecto remoto que buscamos para a realização da pesquisa, pois é possível realizar a digitalização com qualquer tipo de câmera digital, incluindo câmeras de celulares. O processo é dependente do software que trabalha com inteligência artificial para fazer a leitura e triangulação dos vértices usando referências cruzadas das imagens. Para isso, usamos o Meshroom, da empresa AliceVision, que possui versão gratuita e de código aberto, atendendo as demandas de acessibilidade - é possível usá-lo sem restrições em qualquer computador que atenda suas necessidades de processamento.

A fim de implementar os procedimentos estipulados no guia de captura de imagens para a fotogrametria digital, foram selecionados dois monumentos do acervo inventariado da cidade de Vitória (ES), ambos do artista plástico José Carlos Vilar: o Monumento ao Universitário, localizado no Centro de Artes da UFES  FIGURA 2 e o busto de Egydio Coser  FIGURA 3, localizado na Ilha do Frade.

Foram realizadas visitas *in loco* para a coleta de fotografias das obras  FIGURA 4. As imagens selecionadas foram tratadas e inseridas em um *software* específico para o processo de modelagem 3D a partir da fotogrametria digital: o *Meshroom* da empresa AliceVision  FIGURA 5. Após a inserção das fotografias nesse programa, é gerada uma malha de vértices do objeto modelado tridimensionalmente, chamado de fotograma  FIGURA 6.

Preparação

Os modelos digitais gerados a partir da fotogrametria apresentam um alto nível de clareza e integridade estrutural, porém, as áreas de justaposição das imagens podem apresentar algumas imperfeições. Devido a tal fato, ele deve passar por uma minuciosa inspeção, equiparando-o às fotografias que foram usadas em sua composição. Esse processo de correção manual dos vértices do modelo digital gerado na fotogrametria. Esse processo é conhecido como retopologia  FIGURA 7, 8. que nada mais é que uma técnica de modelagem que serve para refazer, ou apenas

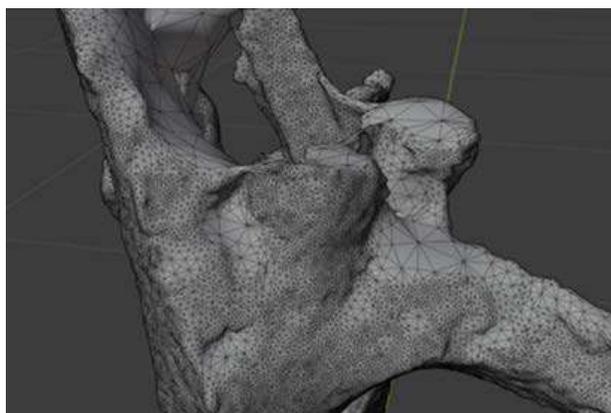
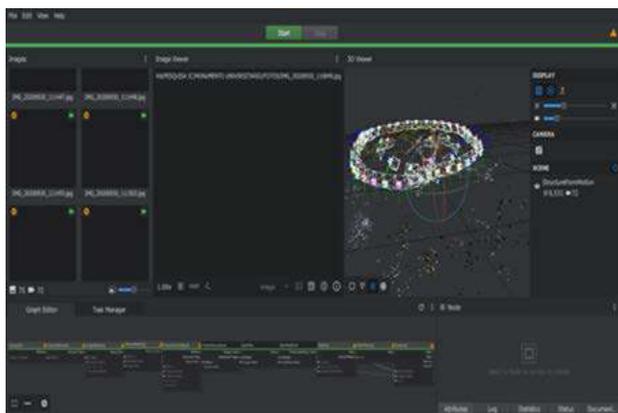


 FIGURAS 2 E 3. Monumento ao Universitário (à esquerda) e Busto de Egydio Coser (à direita). Fonte: CEDOC-LEENA

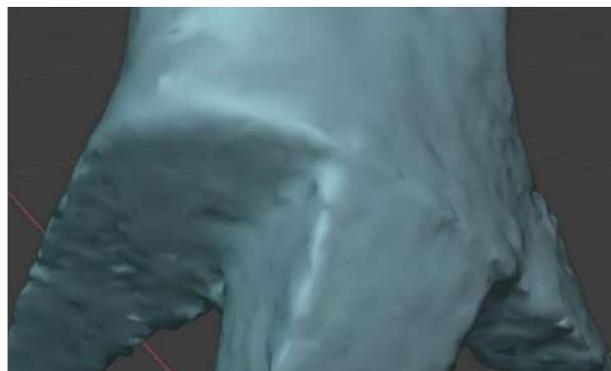
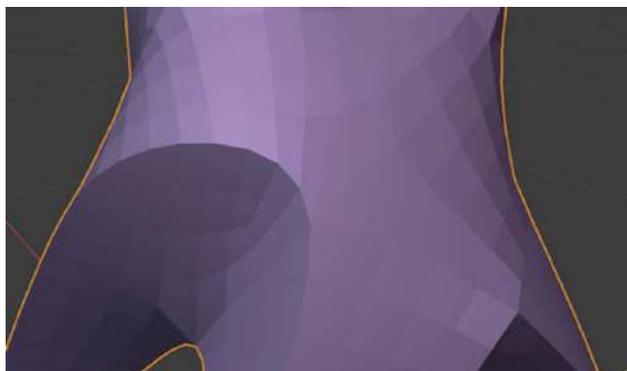


 FIGURA 4. Fotografias em 360° para inserção no software. Fonte: CEDOC-LEENA

retocar, uma topologia criada anteriormente. Assim, após a criação das malhas, foi utilizado o *software Blender*, programa de criação de objetos 3D.

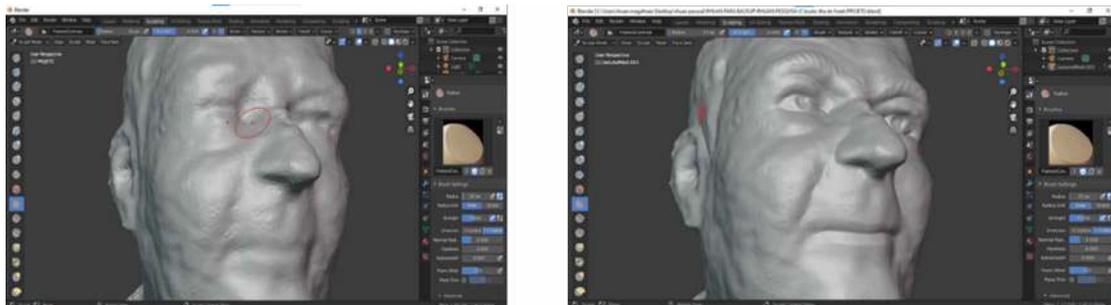


FIGURAS 5, 6. Meshroom usando fotografias do Monumento Universitário (à esquerda) e malha de vértices gerada pelo Meshroom a partir das referências cruzadas das imagens coletadas (à direita). Fonte: CEDOC-LEENA



FIGURAS 7, 8. Detalhe da Retopologia do Monumento ao Universitário (à esquerda) e detalhe de seu Fotograma (à direita). Fonte: CEDOC - LEENA

Por se tratar de uma representação humana, o busto de Egydio Coser necessitou passar por um refinamento mais apurado dos traços do rosto, para isso, foi utilizada uma ferramenta específica do *Blender*, a “escultura digital” **FIGURA 9, 10.**



FIGURAS 9, 10. Refinamento do fotograma usando modelagem digital. Pode-se perceber o refinamento da modelagem. Fonte: CEDOC - LEENA

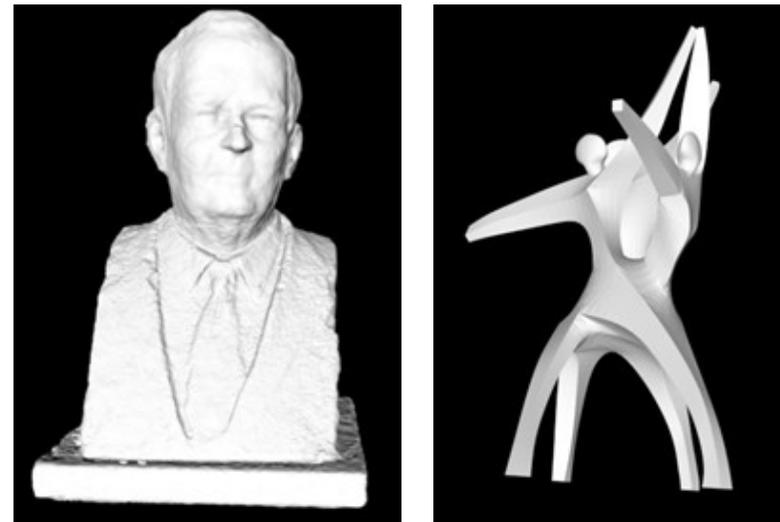
Nas imagens a seguir, pode-se ter uma ideia do resultado final da modelagem 3D, antes de dar sua saída para impressão em 3D: Monumento Universitário **FIGURA 11** e o Busto de Egydio Coser **FIGURA 12**.

Impressão

Com os modelos 3D finalizados foi possível realizar a impressão 3D de peças, em escala reduzida **FIGURA 13, 14**. Foi utilizada a impressora Ender 5, com filamento PLA.

Conclusão

Desde o início do projeto, tivemos como objetivo buscar soluções eficientes e alternativas para um processo que normalmente envolve um custo de produção muito elevado, além de fluxos de trabalho complexos e exigentes de um alto nível de qualificação. Este trabalho atesta que não apenas é possível reduzir os custos do processo, mas também simplificá-lo com pouco prejuízo ao produto final, compensando as limitações com ampla acessibilidade. Encontramos, também, uma possibilidade de autonomia que possibilitou o trabalho de forma remota. São inúmeras as aplicações deste método. Em tempos de ambientes virtuais, é essencial que façamos uso das tecnologias disponíveis.



FIGURAS 11, 12. Resultado final da modelagem 3D do Monumento Universitário e do Busto de Egydio Coser. Fonte: CEDOC-LEENA



FIGURAS 13, 14. Resultado final da impressão 3D do Monumento Universitário e do Busto de Egydio Coser. Fonte: CEDOC-LEENA

Espera-se que o *Kit Experimental Paradidático de Miniaturas 3D* seja utilizado em ambientes escolares e em ações de educação patrimonial. Deste modo, será possível acionar relações de conhecimento e afeto no processo de formação educacional e cultural, assegurando potencial contribuição para que este patrimônio cultural tenha seu futuro resguardado.

Referências

- Harpring Harpring et al. 2006. *Cataloging Cultural Objects: A Guide to Describing Cultural Works and Their Images*. American Library Association, 2006.
- RIEGL, A. *Culto Moderno a los Monumentos*. Madrid: Visor, 1987
- UNESCO, “Colloque international ‘Quel destin pour l’Art Public ?’”, Centre du patrimoine mondial de l’UNESCO e Communauté de Cergy-Pontoise, 2011. Disponível em: <<https://whc.unesco.org/fr/actualites/746/>>. Acesso em: 20 out 2020.



***Saber viver
juntos:*** *um dilema da
contemporaneidade*

José Cirillo, Marcela Belo, Ângela Grando (org.).

Saber viver juntos: um dilema da contemporaneidade

José Cirillo, Marcela Belo, Ângela Grando (org.).

2022, Vitória - E. S.

PROEX/EDUFES

REITOR

Paulo Sergio Vargas

VICE-REITOR

Roney Pignaton da Silva

PRÓ-REITORA DE GRADUAÇÃO

Cláudia Maria Mendes Gontijo

PRÓ-REITOR DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

Valdemar Lacerda Junior

PRÓ-REITORA DE EXTENSÃO

Renato rodrigues Neto

PRÓ-REITORA DE ADMINISTRAÇÃO

Teresa Cristina Janes Carneiro

PRÓ-REITOR DE PLANEJAMENTO**E DESENVOLVIMENTO INSTITUCIONAL**

Rogério Naques Faleiros

PRÓ-REITORA DE GESTÃO DE PESSOAS

Josiana Binda

PRÓ-REITOR DE ASSUNTOS ESTUDANTIS E**CIDADANIA**

Gustavo Henrique de Arujo Forde

CONSELHO EDITORIAL

Breno Segatto (UFES); Brunela Vicenzi (UFES); Flávia Mayer dos Santos Souza (UFES); Gloria C. Aguilar Barreto (Universidade Nacional Caaguazú); Gustavo Menendez (Universidad Del Litoral); João Frederico Meyer (UNICAMP); Mariana Duran Cordeiro (UFES); Maurice Barcelos da Costa (UFES); Pat Moore (Universidad Pablo Olavides - ESP); Pedro Florêncio da Cunha Fortes (UFES); Regina Lúcia Monteiro Henriques (UERJ); Ubirajara de Oliveira (UFES); Renato Tannure Rotta de Almeida (IFES); Sergio Mascarello Bisch (UFES); Tânia Mara Zanotti G. Frizzera Delboni (UFES).

ORGANIZAÇÃO

José Cirillo, Marcela Belo, Ângela Grandó

PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO

Thais Imbroisi (BETHA design studio)

CAPA

Referência à capa de Paulicea Desvairada, de Mario de Andrade, e outras obras modernistas

REVISÃO

A revisão dos textos ficou sob responsabilidade dos autores

EDITORA

EDITORA PROEX/UFES Av. Fernando Ferrari, nº 514, Goiabeiras CEP 29.075.910 Vitória-ES Telefones: (27) 4009-2961 (27) 4009-2778 www.proex.ufes.br

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial do Centro de Artes da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

S115 Saber viver juntos [recurso eletrônico] : um dilema da contemporaneidade / José Cirillo, Marcela Belo, Ângela Grandó (org.). – Dados eletrônicos. – Vitória, ES : Proex-Ufes/PPGA, 2022.
1342 p. : il.

Inclui bibliografia.
ISBN: 978-85-65276-64-1

1. Arte moderna. 2. Arte – Filosofia. 3. Criação na arte. 4. Crítica da arte. I. Cirillo, José, 1964- II. Belo, Marcela, 1982- III. Grandó, Ângela, 1950-

CDU: 7

Elaborado por Adeildo Jose Tosta – CRB-6 ES-818/O



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO
Secretaria da Ciência, Tecnologia, Inovação,
Educação Profissional e Desenvolvimento Econômico



“A reprodução de imagens nesta obra tem caráter pedagógico e científico, amparada pelos limites do direito de autor, de acordo com a lei nº 9.610/1998, art. 46, inciso III.”