



REALIDADE EXPANDED EXPANDIDA REALITY

NEW MEDIA AND AI
NOVAS MÍDIAS E IA

EDITORES.EDITORS

HERON WERNER

JORGE LOPES

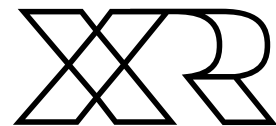
LUIZ VELHO

SERGIO AZEVEDO



REALIDADE **EXPANDED**
EXPANDIDA **REALITY**

NEW MEDIA AND AI
NOVAS MÍDIAS E IA



EDITORES . EDITORS

Heron Werner
Jorge Lopes
Luiz Velho
Sergio Azevedo

CAPA E GUARDAS . COVER AND GUARDS

Fabiana Prado

A partir de estudos dos laboratórios
From studies generated in the laboratories

BIODESIGN . LAPID . VISGRAF

Bernardo Alevato
Vinicius Arcoverde

PROJETO GRÁFICO . GRAPHIC DESIGN

Fabiana Prado . Filtra Mídias

PRODUÇÃO GRÁFICA . GRAPHIC PRODUCTION

Claudia Mourthé . Editora Mourthé

FINALIZAÇÃO . FINISHING

Guilherme Teles

SITE . WEBSITE

Bernardo Alevato

FOTOS DE ESTÚDIO . STUDIO PHOTOS

LIS . dAD. PUC-Rio

Laboratório de Imagem e Som
Juliana Ramos

<https://visgraflab.impa.br/xr-ai/>

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Realidade expandida : novas mídias e IA = Expanded reality : new media and AI /
Heron Werner...[et al.] ; tradução Jorge Lopes. -- 1. ed. -- Rio de Janeiro : Editora
Mourthé, 2025.

Outros autores: Jorge Lopes, Luiz Velho, Sergio Azevedo.

Edição bilíngue: português/inglês.

ISBN 978-65-86240-18-4

1. Inteligência artificial - Inovações tecnológicas 2. Mídia digital 3. Sociedade
da informação 4. Tecnologia I. Werner, Heron. II. Lopes, Jorge. III. Velho, Luiz. IV.
Azevedo, Sergio. V. Lopes, Jorge. VI. Título: Expanded reality : new media and AI.

25-269762

CDD-006.3

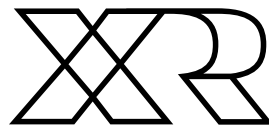
Índices para catálogo sistemático:

1. Inteligência artificial 006.3

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

All rights of this edition reserved to the authors.

*Any part of this work may be reproduced by photocopying or filed in any database
system with a written permission from the editors. Articles and images
reproduced in the texts are the authors' responsibility.*



REALIDADE **EXPANDED** EXPANDIDA **REALITY**

NEW MEDIA AND AI
NOVAS MÍDIAS E IA

EDITORES.EDITORS

HERON WERNER

JORGE LOPES

LUIZ VELHO

SERGIO AZEVEDO



OS EDITORES . THE EDITORS



JORGE ROBERTO LOPES DOS SANTOS .

Graduado em Desenho Industrial pela Escola de Belas Artes da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Mestre em Engenharia de Produção pela COPPE- UFRJ e PhD em Design Products pelo Royal College of Art em Londres, no Reino Unido apoiado pelo CNPq. Pós Doc pelo Museu Nacional – UFRJ; Pós Doc pela Deakin University na Austrália. Pesquisador e Professor do Departamento de Artes e Design da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro onde coordena o Laboratório de BIODESIGN. Tecnologista da Divisão de Design Industrial do Instituto Nacional de Tecnologia, órgão do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI; Pesquisador PQ/DT do CNPq e Cientista do Nosso Estado da FAPERJ.

É pai da Alice e do Lucca.

Graduated in Industrial Design from the School of Fine Arts of the Federal University of Rio de Janeiro - UFRJ. Master in Production Engineering from COPPE- UFR and PhD in Product Design from the Royal College of Art in London, United Kingdom, supported CNPq. Post-Doc from the National Museum - UFRJ; Post-Doc from Deakin University in Australia. Researcher and Professor at the Department of Arts and Design of the Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro, where he coordinates the BIODESIGN Laboratory. Technologist at the Industrial Design Division of the National Institute of Technology, an agency of the Ministry of Science, Technology and Innovation - MCTI; PQ/DT Researcher at CNPq and Scientist of Our State at FAPERJ.

He is the father of Alice and Lucca.

**Da esquerda para a direita:
Sergio Azevedo, Luis Velho,
Jorge Lopes e Heron Werner.**

*From left to right:
Sergio Azevedo, Luis Velho,
Jorge Lopes and Heron Werner.*



HERON WERNER JR .

Possui graduação em Medicina pela Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (Uni-Rio) (1989), mestrado em Medicina (Clínica Obstétrica) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) (2000) e doutorado em Medicina (Radiologia) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) (2012). Atualmente é médico da Clínica de Diagnóstico Por Imagem (CDPI) e da Alta Excelência Diagnóstica (Dasa). Tem especialidade na área de Ginecologia, Obstetrícia e Ultrassonografia, atuando principalmente nos seguintes temas: ultrassonografia, medicina fetal, ressonância magnética, impressão 3D e Realidades Expandidas. Professor do Programa de Pós-graduação em Radiologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Coordenador do Laboratório de Bidesign Dasa/ PUC-Rio. Membro Titular da Academia Brasileira de Ultrassonografia. Membro Titular da Academia Latino-Americana de Ultrassonografia. Ex Embaixador da “The International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology (ISUOG)” no Brasil. Vice-presidente da Comissão Nacional de Especialização (CNE) de Ultrassonografia em Ginecologia e Obstetrícia (FEBRASGO). Editor associado do “Journal of Clinical Ultrasound”. Colaborador do Instituto de Ensino e Pesquisa, Dasa (IEPD).

Casado com a Cristina e pai do Enzo

He holds a degree in Medicine from the Federal University of the State of Rio de Janeiro (Uni-Rio) (1989), a master's degree in Medicine (Obstetrics) from the Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ) (2000) and a PhD in Medicine (Radiology) from the Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ) (2012). He is currently a physician at the Diagnostic Imaging Clinic (CDPI) and Alta Excelência Diagnóstica (Dasa). He specializes in Gynecology, Obstetrics and Ultrasonography, working mainly on the following topics: ultrasound, fetal medicine, magnetic resonance imaging, 3D printing and Expanded Realities. Professor of the Postgraduate Program in Radiology at the Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ). Coordinator of the Dasa/PUC-Rio Bidesign Laboratory. Full Member of the Brazilian Academy of Ultrasonography. Full Member of the Latin American Academy of Ultrasonography. Former Ambassador of “The International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology (ISUOG)” in Brazil. Vice-president of the National Commission of Specialization (CNE) of Ultrasound in Gynecology and Obstetrics (FEBRASGO). Associate editor of the “Journal of Clinical Ultrasound”. Collaborator of the Institute of Education and Research, Dasa (IEPD).

Married to Cristina and father of Enzo.



SERGIO ALEX KUGLAND DE AZEVEDO .

Graduado em Geologia (1979) e em Biologia (1985) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Mestre (1982) e Doutor (1991) em Geociências pela mesma universidade. Pós-doutorado em Arte e Design pela PUC-Rio (2021). Atualmente é professor titular da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Pesquisador e orientador acadêmico nas áreas de Paleozoologia de Vertebrados, atuando principalmente nos seguintes temas: paleovertebrados, dinossauros, Cretáceo e tecnologias tridimensionais aplicadas à pesquisa científica e exposições. Desde 2003 coordena o Laboratório de Processamento de Imagem Digital do Museu Nacional/UFRJ onde presta apoio a pesquisas com tecnologias digitais tridimensionais nas áreas de paleontologia, zoologia, geologia, arqueologia, arte, cinema e dança. É membro do grupo "Space-XR: pesquisas e estudos em metaversos compartilhados", onde coordena a área de patrimônio científico, histórico e cultural.

Fundador (2018) e coordenador do Lapid Cine Clube no Museu Nacional/UFRJ.

É casado com a Luciana e pai da Alice.



FOTO: DIOGO VASCONCELLOS - MUSEU NACIONAL / UFRJ

Graduated in Geology (1979) and Biology (1985) from the Federal University of Rio Grande do Sul. Master's (1982) and Doctorate (1991) in Geosciences from the same university. Post-doctorate in Art and Design from PUC-Rio (2021). He is currently a full professor at the Federal University of Rio de Janeiro. Researcher and academic advisor in the areas of Vertebrate Paleozoology, working mainly on the following themes: paleovertebrates, dinosaurs, Cretaceous and three-dimensional technologies applied to scientific research and exhibitions. Since 2003, he has coordinated the Digital Image Processing Laboratory of the National Museum/UFRJ, where he provides support for research with three-dimensional digital technologies in the areas of paleontology, zoology, geology, archaeology, art, cinema and dance. He is a member of the group "Space-XR: research and studies in shared metaverses", where he coordinates the area of scientific, historical and cultural heritage.

Founder (2018) and coordinator of the Lapid Cine Clube at the Museu Nacional/UFRJ.

He is married to Luciana and father of Alice.

LUIZ VELHO .

Pesquisador PQ Sênior do CNPq, professor titular do IMPA e cientista líder do Laboratório VISGRAF. Sua formação acadêmica inclui: Análise de Sistemas pela PUC-Rio, BE em Desenho Industrial pela ESDI - UERJ, MS em Computação Gráfica pelo MIT / Media Lab, e PhD em Computer Science pela University of Toronto. Realizou o primeiro filme de animação por computador na America Latina. Foi artista visitante no National Film Board do Canada, desenvolvedor de sistemas na Fantastic Animation Machine em Nova York, engenheiro principal na Rede Globo, e professor visitante no Courant Institute of Mathematical Sciences da NYU. Também foi pesquisador visitante do HP Laboratories e da Microsoft Research China.

Casado com Noni Geiger, pai da Alice e avô de Levi, Yisroel, Rivkah, Mendel e Shalom.

Senior PQ Researcher at CNPq, Full Professor at IMPA and Lead Scientist at VISGRAF Laboratory. His academic background includes: Systems Analysis from PUC-Rio, BE in Industrial Design from ESDI - UERJ, MS in Computer Graphics from MIT / Media Lab, and PhD in Computer Science from the University of Toronto. He made the first computer-animated film in Latin America. He was a visiting artist at the National Film Board of Canada, a systems developer at Fantastic Animation Machine in New York, a principal engineer at Rede Globo, and a visiting professor at the Courant Institute of Mathematical Sciences at NYU. He was also a visiting researcher at HP Laboratories and Microsoft Research China.

Married to Noni Geiger, father of Alice and grandfather of Levi, Yisroel, Rivkah, Mendel and Shalom.



. OS AUTORES

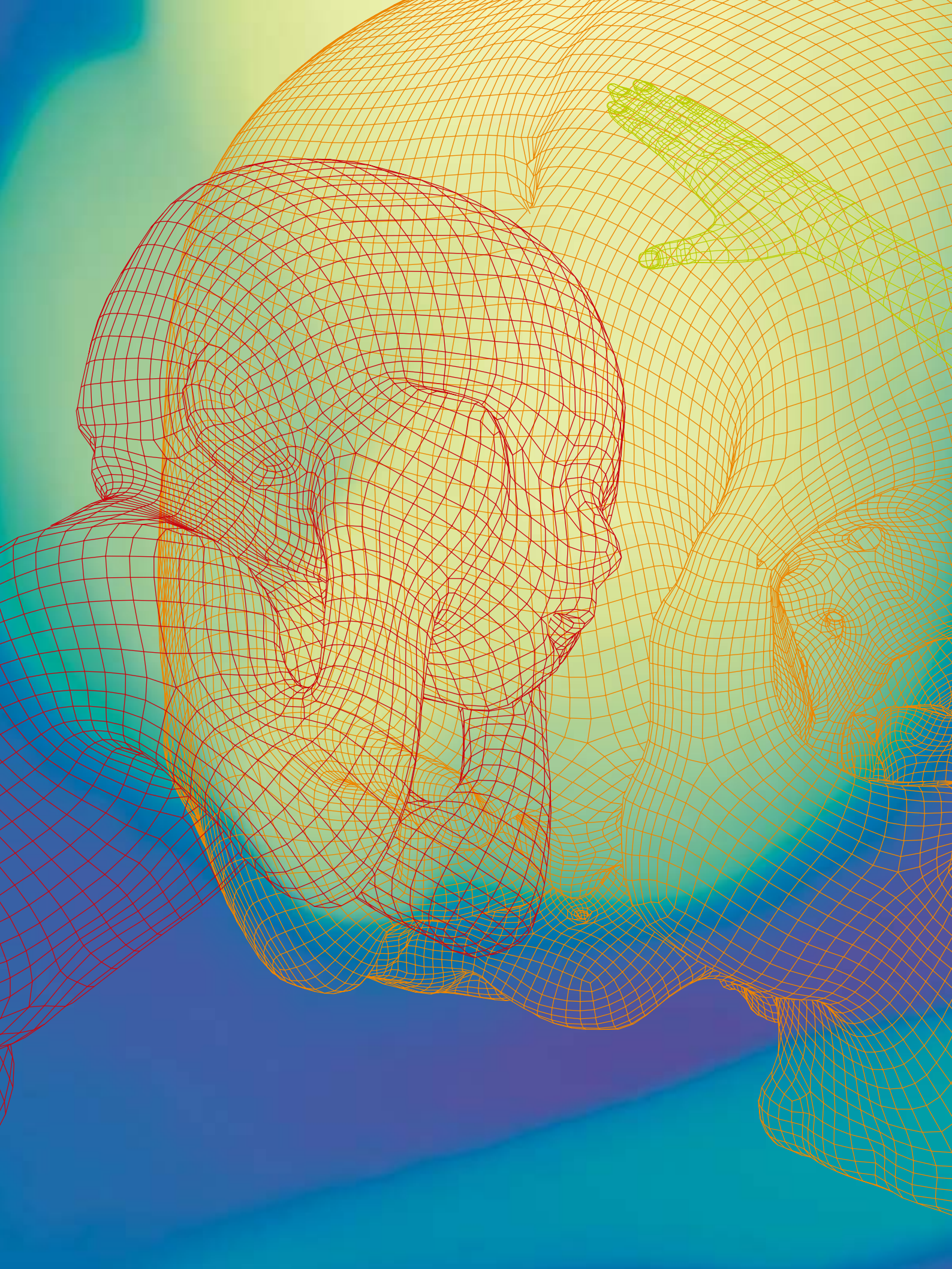
AMERICO MATEUS
ANA CAROLINA NAVARRO
ANDRÉA LENNHOFF
ANTONIO BRANCAGLION JR. "in memoriam"
BERNARDO ALEVATO
CARLA VERONA BARRETO FARIAS
CARLOS EDUARDO FÉLIX DA COSTA
CLAUDIO FREITAS DE MAGALHÃES
ESTÊVÃO C. DE CAMPOS MARTINS
FABIANA PRADO
FERNANDO DE BARROS
GABRIEL CARDOSO
GABRIEL MUFARREJ
GABRIEL PATROCINIO
GEORGE OLAVO
GISELA CHAPOT
HERON WERNER
JOÃO VICTOR AZEVEDO
JORGE LOPES
LEONARDO FRAJHOF
LEONARDO LOBO
LEONARDO MASSOTO
LILIAN CARDOSO

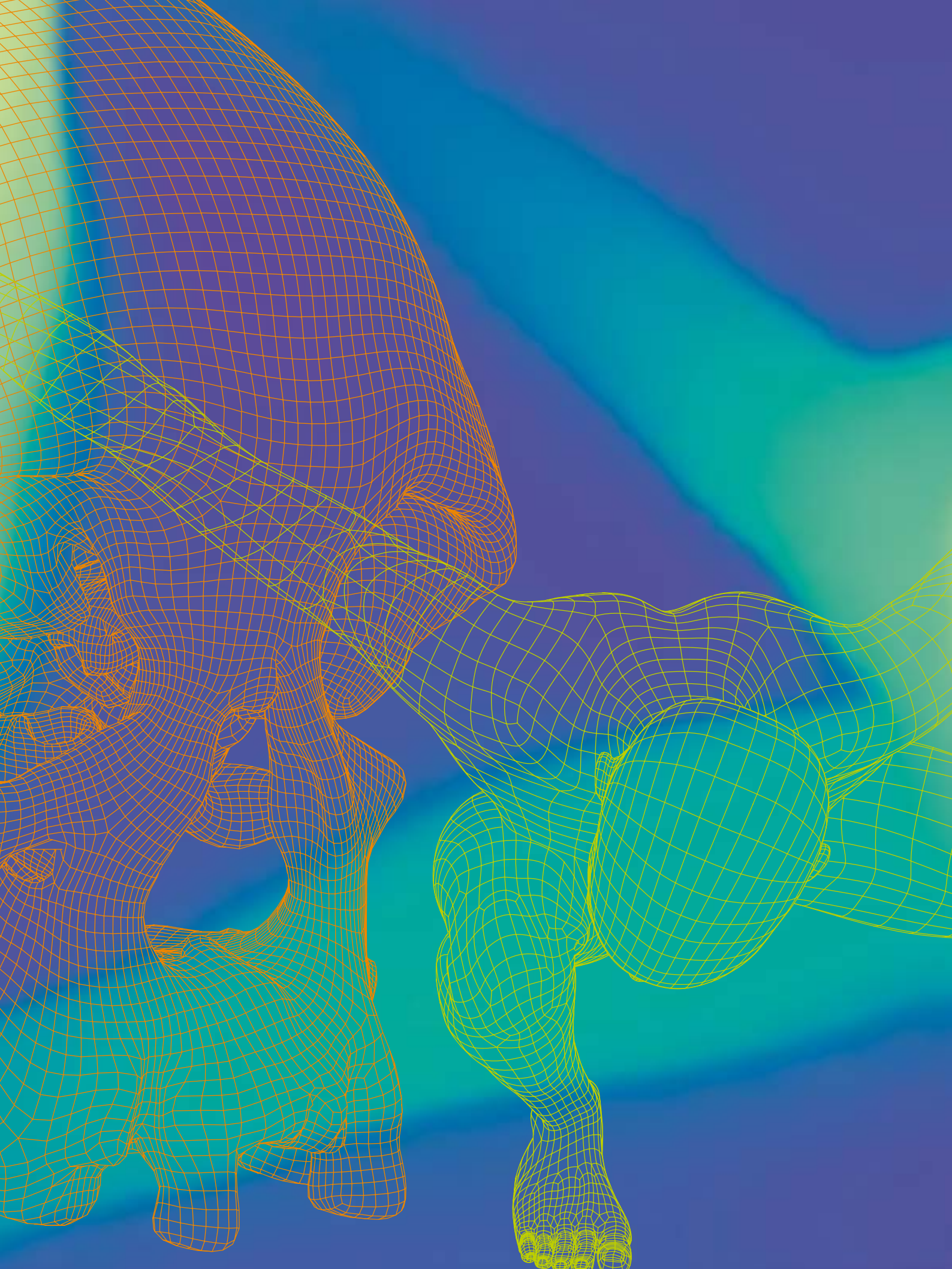
LUCIANA CARVALHO
LUIZ VELHO
MARCELA CASTRO GIFFONI
MARCO ANTONIO MEGGIOLARO
MARCOS DAVI DUARTE
MARIA DE FÁTIMA MONTEIRO PEREIRA LEITE
MATHIAS MOURA KELLER
MATTEO MORICONI
NATHALIE BRAVO-VALENZUELA
NICANOR MACEDO
ORLANDO GRILLO
OWASE JEELANI
PAULO COSSI
PEDRO CASTRO
PEDRO LUIZ VON SEEHAUSEN
RONALDO ANDRADE
SERGIO ALEX KUGLAND DE AZEVEDO
SUSANA LEONOR
TAMIRES MACHADO
THAISA MARTINS
VINÍCIUS PONTES ARCOVERDE
VIOLETA PEREYRA

THE NATIONAL MUSEUM GOES TO THE METAVERSE O MUSEU NACIONAL VAI AO METAVERSO	21
FACING THE ASHES AND SECLUSION ENFRENTANDO AS CINZAS E A RECLUSÃO	27
DINOSAURS DINOSSAUROS	37
NEFERHOTEP PROJECT PROJETO NEFERHOTEP	45
DIGITAL EPIGRAPHY OF NEFERHOTEP'S FUNERAL PROCESSION EPIGRAFIA DIGITAL DA PROCISSÃO FUNERÁRIA DE NEFERHOTEP	57
V-HORUS V-HORUS	67
THILLAI NATARAJA THILLAI NATARAJA	77
THE NATIONAL MUSEUM O MUSEU NACIONAL	85
HERITAGE IN VIRTUAL REALITY PATRIMÔNIO EM REALIDADE VIRTUAL	105
IMMERSIVE WORKSHOPS IN VIRTUAL REALITY EXPERIÊNCIAS IMERSIVAS EM REALIDADE VIRTUAL	123
WHEN THE FAR IS NEAR QUANDO O LONGE É PERTO	139
VR AND AR IN EDUCATION RV E RA NA EDUCAÇÃO	145
WEAVING VIRTUAL NETWORKS TECENDO REDES VIRTUAIS	155
EMOTIONAL REPLICAS RÉPLICAS EMOCIONAIS	163
EXTENDED MEDICINE MEDICINA ESTENDIDA	189

. SUMÁRIO

EXTENDED REALITY ASSISTED SURGERY CIRURGIA ASSISTIDA POR REALIDADE ESTENDIDA	199
EXTENDED REALITY AND SPATIAL INTELLIGENCE REALIDADE ESTENDIDA E INTELIGENCIA ESPACIAL	207
SIMULATORS IN INTERVENTIONAL PROCEDURE TRAINING SIMULADORES NO TREINAMENTO DE PROCEDIMENTOS INTERVENCIONISTAS	213
FETAL HEART CORAÇÃO FETAL	223
A NEW PERSPECTIVE ON GYNECOLOGICAL IMAGING UMA NOVA PERSPECTIVA SOBRE IMAGEM GINECOLÓGICA	233
HAPTICS / FORCE FEEDBACK HAPTICS/FORCE FEEDBACK	243
POSTNATAL SURGERY CIRURGIA PÓS-NATAL	249
PREOPERATIVE SURGICAL TRAINING TREINAMENTO CIRÚRGICO PRÉ-OPERATÓRIO	267
OCEAN DANCE OCEAN DANCE	277
AI, IMAGES AND DANCE IA, IMAGENS E DANÇA	291
MANIFESTO FOR THE DIGITAL AGE MANIFESTO PARA A ERA DIGITAL	307
ART IN THE AGE OF AI ARTE NA ERA DA IA	327
ARTISTIC FRONTIERS FRONTEIRAS ARTÍSTICAS	345
LUNA PARK LUNA PARK	361



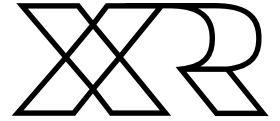


APRESENTAÇÃO.PRESENTATION

• **E**ssa publicação interativa tem origem em um projeto de pesquisa científica apoiado pela FAPERJ e iniciado em 2021 denominado “*Centro Pi / Visgraf - IMPA*: um lócus de experimentação para realidade expandida em espaços midiáticos compartilhados”, aprovado no âmbito do edital público da FAPERJ para apoio de ações integradas de inovação em instituições de ciência tecnologia.

A ideia desse projeto nasceu a partir de discussões com pesquisadores de instituições diversas sobre tecnologias de visualização emergentes potencializadas e difundidas a partir da pandemia de COVID 19, período da história em que utilizamos diferentes plataformas para comunicação virtual. Em 2021, cedido pelo Instituto Nacional de Tecnologia, através do Ministério da Ciência e Tecnologia e Inovação, tive a oportunidade de coordenar a implantação e criação do Centro de Matemática Aplicada no Instituto de Matemática Pura e Aplicada - IMPA, também conhecido como “Centro Pi”.

No IMPA, junto com o Professor Luiz Velho, pesquisador líder do laboratório VISGRAF, já tínhamos desenvolvido pesquisas bem sucedidas utilizando Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA) com pesquisadores de outras instituições de pesquisa sediadas no Rio de Janeiro como o Egíptólogo do Museu Nacional, Dr. Antônio Brancaglioni Junior (in memoriam) no Projeto V-Horus, trabalho colaborativo realizado por uma equipe multidisciplinar, composta por designers, matemáticos, arqueólogos, bioarqueólogos e historiadores com o objetivo de criar experiências digitais a partir do acervo egípcio do Museu Nacional do Rio de Janeiro.



- *This interactive publication originated from a scientific research project supported by FAPERJ and initiated in 2021 called “Centro Pi/Visgraf - IMPA: a locus of experimentation for expanded reality in shared media spaces”, approved under the FAPERJ public notice to support integrated innovation actions in science and technology institutions.*

The idea for this project was born from discussions with researchers from different institutions about emerging visualization technologies enhanced and disseminated by the COVID-19 pandemic, a period in history in which we used different platforms for virtual communication. In 2021, granted by the National Institute of Technology, through the Ministry of Science, Technology and Innovation, I had the opportunity to coordinate the implementation and creation of the Center for Applied Mathematics at the Institute of Pure and Applied Mathematics - IMPA, also known as “Centro Pi”.

At IMPA, together with Professor Luiz Velho, lead researcher at the VISGRAF laboratory, we had already developed successful research using Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR) with researchers from other research institutions based in Rio de Janeiro, such as the Egyptologist at the National Museum, Dr. Antônio Brancaglioni Junior (in memoriam) in the V-Horus Project, a collaborative work carried out by a multidisciplinary team, composed of designers, mathematicians, archaeologists, bioarchaeologists and historians with the objective of creating digital experiences from the Egyptian collection of the National Museum of Rio de Janeiro.



CONTEÚDO INTERATIVO
INTERACTIVE CONTENT

A partir dessa e de outras experiências utilizando tecnologias diversas, decidimos então elaborar esse projeto aqui apresentado junto com dois outros colaboradores de longa data em projetos de pesquisa: O coordenador do Laboratório de Processamento de Imagem Digital – LAPID, do Museu Nacional da UFRJ, Professor Sergio Alex Kugland de Azevedo e o Médico Pesquisador do Grupo DASA que divide comigo a coordenação do laboratório BIODESIGN da PUC-Rio, Dr. Heron Werner.

A publicação conta também com diversos colaboradores do meio acadêmico relatando experimentos técnicos bem como material teórico sobre o conceito e o estado da arte das tecnologias 3D e de visualização.

Além do V-Horus, na área de patrimônio cultural, valem destacar experiências anteriores ao projeto na área de visualização em RV, como a experiência do laboratório VISGRAF na pesquisa e desenvolvimento do projeto “The Tempest”, prova de conceito baseada na peça de Shakespeare, bem como as pioneiras aplicações de RV em medicina fetal, apresentadas pelo laboratório BIODESIGN da PUC-Rio em conferências científicas e divulgadas em mídias diversas no Brasil e no exterior.

Based on this and other experiences using different technologies, we decided to develop this project presented here together with two other long-time collaborators in research projects: the coordinator of the Digital Image Processing Laboratory – LAPID, at the National Museum of UFRJ, Professor Sergio Alex Kugland de Azevedo and the Research Physician of the DASA Group who shares with me the coordination of the BIODESIGN laboratory at PUC Rio, Dr. Heron Werner.

The publication also features several collaborators from the academic world reporting technical experiments as well as theoretical material on the concept and state of the art of 3D and visualization technologies.

In addition to V-Horus, in the area of cultural heritage, it is worth highlighting previous experiences in the area of VR visualization, such as the experience of the VISGRAF laboratory in the research and development of the project “The Tempest”, a proof of concept based on Shakespeare's play, as well as the pioneering applications of VR in fetal medicine, presented by the BIODESIGN laboratory at PUC Rio in scientific conferences and disseminated in various media in Brazil and abroad.





CONTEÚDO INTERATIVO
INTERACTIVE CONTENT



O projeto que apresentamos a seguir visou a combinação de tecnologias de realidade expandida (XR) em três linhas de pesquisa complementares e de grande importância no contexto sócio-econômico do Rio de Janeiro: a área de áudio visual, a área de medicina e a área de patrimônio histórico e cultural que serão apresentadas em formato de experimentos realizados com acesso interativo por QR Code.

Esperamos que a leitura e os links interativos possam auxiliar em um maior entendimento do uso e nas possibilidades de aplicações em campos diversos da ciência. ●

The project presented below aimed to combine expanded reality (XR) technologies in three complementary lines of research of great importance in the socio-economic context of Rio de Janeiro: the area of audiovisual, the area of medicine and the area of historical and cultural heritage that will be presented in the format of experiments carried out with interactive access via QR Code.

We hope that reading and the interactive links can help in a greater understanding of the use and the possibilities of applications in different fields of science. ●



CONTEÚDO INTERATIVO
INTERACTIVE CONTENT

JORGE LOPES

COORDENADOR DO PROJETO

PROJECT COORDINATOR

CENTRO PI / VISGRAF - IMPA:
UM LÓCUS DE EXPERIMENTAÇÃO PARA
REALIDADE EXPANDIDA EM ESPAÇOS
MIDIÁTICOS COMPARTILHADOS.

CENTRO PI/VISGRAF - IMPA:
A LOCUS OF EXPERIMENTATION
FOR EXPANDED REALITY IN
SHARED MEDIA SPACES





HERITAGE

PATRIMÔNIO



**Lapid**



O MUSEU NACIONAL VAI AO METAVERSO

THE NATIONAL MUSEUM GOES TO THE METAVERSE

by Sergio Azevedo



CONTEÚDO INTERATIVO
INTERACTIVE CONTENT

Avatar do autor na sala de reuniões
do LAPID no metaverso

*Author's avatar in the LAPID meeting
room in the metaverse*

PATRIMÔNIO.HERITAGE 

• O termo “metaverso” é adequadamente atribuído a Neal Stepherson em sua obra *Snow Crash* (STEPHERSON, 1992), no entanto a concepção de um universo paralelo, inclusive acessado por um dispositivo mediador (no caso, um par de óculos análogos aos capacetes de visão 3D, que só viriam a ser propostos nos anos 60 pelo engenheiro Ivan Sutherland), pode ser anteriormente observada em diversos momentos da história datados de tempos bem mais distantes, como, por exemplo, em *Pygmalion’s Spectacles* escrito por Stanley G. Weinbaum (WEINBAUM, 1935). Nesse caso, a julgar pelo título escolhido pelo autor, podemos retroceder a ideia ao ano 8 da Era Cristã, quando Ovídio, poeta e escultor romano, narrou a história de Pigmalião, rei da Ilha de Chipre que, desgostoso com seu mundo real, esculpe sua estátua Galatéia, trazida à vida através da mediação da deusa Afrodite, criando assim uma espécie de universo paralelo onde Pigmalião e Galatéia vivem uma vida de felicidade e satisfação. Curiosamente a saga é apresentada por Ovídio no livro 10 de seu mais famoso poema, intitulado *Metamorfoses* (OVÍDIO, 8).

Se formos ainda mais permissivos em nosso raciocínio, a concepção de um universo paralelo pode ser transportada para os tempos das origens da humanidade. Algumas correntes dentro da antropologia e da arqueologia biológica consideram as pinturas rupestres, expressas nas paredes das cavernas habitadas por nossos ancestrais, não apenas um registro documental de cenas do cotidiano real, mas como a expressão de um desejo de uma caçada farta, ou seja, de certo modo, a criação de um universo paralelo onde esses desejos poderiam ser alcançados (para maiores detalhes ver David

et al., 1998/2008). Assim, a existência de uma “*Second Life*” (ROSEDALE, 1999/2003) pode encontrar correlação desde os tempos mais remotos de nossa existência.

Além das obras literárias citadas, também o cinema apresentou e discutiu o tema em diversas produções, tais como *Tron* (1982), *The Matrix* (1999), *Avatar* (2009), *Surrogates* (2009) e *Ready Player One* (2018), entre diversas outras, muitas delas inclusive baseadas em textos literários.

O Laboratório de Processamento de Imagem Digital • LAPID

Implantado em 2003 com base em projeto FINEP para digitalização de Obras Raras da Biblioteca Central do Museu Nacional e de edital FAPERJ/Pensa Rio, o Laboratório de Processamento de Imagem Digital (LAPID), logo passou a atuar na incorporação de ferramentas computacionais avançadas nas distintas áreas de pesquisa científica, educacional e cultural desenvolvidas pelo Museu Nacional/UFRJ, tendo como principal objeto de trabalho as coleções científicas do Museu (AZEVEDO, 2007).

Já em 2003 surgiram os primeiros resultados formais (AZEVEDO & CARVALHO, 2008), frutos da parceria estabelecida com o Instituto Nacional de Tecnologia (INT/MCTI) e com o Núcleo de Experimentação Tridimensional (NEXT/PUC-Rio), inicialmente direcionados à pesquisa científica através do estudo digital dos dinossauros e outros vertebrados fósseis brasileiros, resultados esses também refletidos nas atividades educacionais com o desenvolvimento de dissertações de mestrado e teses de doutorado vinculadas aos programas de pós-graduação do Museu Nacional, entre outros.

- *The term “metaverse” is aptly attributed to Neal Stepherson in his work Snow Crash (STEPHERSON, 1992), but the notion of a parallel universe, including access through a mediating device (in this case, a pair of glasses analogous to the 3D vision helmets proposed only in the 1960s by engineer Ivan Sutherland), can be traced back to various moments in history much further back, such as Pygmalion’s Spectacles by Stanley G. Weinbaum (WEINBAUM, 1935). In this case, judging by the title chosen by the author, we can trace the idea back to the year 8 of the Christian era, when Ovid, a Roman poet and sculptor, tells the story of Pygmalion, king of the island of Cyprus, who, disgusted with his real world, creates his statue Galatea, brought to life through the mediation of the goddess Aphrodite, thus creating a kind of parallel universe in which Pygmalion and Galatea live a life of happiness and contentment. Interestingly, the saga is presented by Ovid in Book 10 of his most famous poem, entitled Metamorphoses (OVID, 8).*

If we are even more generous in our reasoning, the concept of a parallel universe can be traced back to the origins of humanity. Some schools of thought in anthropology and biological archaeology see the cave paintings on the walls of the caves inhabited by our ancestors not only as a documentary record of scenes from real everyday life, but also as an expression of the desire for abundant hunting, that is, in a sense, the creation of a parallel universe in which these desires could be realized (for more details, see David et al., 1998/2008). Thus, the existence of a “Second Life” (ROSEDALE, 1999/2003) can be correlated to the most remote times of our existence.

In addition to the literary works mentioned, cinema has also presented and discussed the subject in several productions such as Tron (1982), The Matrix (1999), Avatar (2009), Surrogates (2009) and Ready Player One (2018), among many others, many of which are even based on literary texts.

The LAPID

The Digital Image Processing Laboratory (LAPID), created in 2003 on the basis of a FINEP project for the digitization of rare books from the Central Library of the National Museum UFRJ and public support from FAPERJ/Pensa Rio, soon began to work on incorporating advanced computational tools into the various areas of scientific, educational and cultural research developed by the National Museum, with the Museum’s scientific collections as its main working base (AZEVEDO, 2007).

The first formal results were obtained in 2003 (AZEVEDO & CARVALHO, 2008), as a result of a partnership established with the “Instituto Nacional de Tecnologia” (INT/MCTI) and the “Núcleo de Experimentação Tridimensional” (NEXT/PUC-Rio), initially aimed at scientific research through the digital study of dinosaurs and other Brazilian fossil vertebrates.

These results have also been reflected in educational activities, with the development of master’s and doctoral theses linked to the postgraduate programmes of the National Museum, among others.

Over the last few years, LAPID has extended its activities to other areas. Initially, these were archaeology, with its national collections (records of Brazilian ancestral peoples, including the digitization of the skull of Luzia, “the first Brazilian woman”, from Lagoa Santa, MG) and international collections (Egyptian collection - especially the mummies from the museum’s collection), and fetology, resulting from studies in the medical field, mainly carried out by our partners at PUC-Rio and INT. As a result of this phase, we have participated in the publication of a first book, with the participation of several researchers linked to LAPID, which includes our first areas of activity (WERNER Jr. & LOPES, 2009).

Ao longo dos últimos anos, o Lapid ampliou suas atividades de modo a englobar outras áreas de atuação. Inicialmente foi a Arqueologia com seus acervos nacionais (registro dos povos ancestrais brasileiros, inclusive com a digitalização do crânio de Luzia, “a primeira brasileira”, proveniente de Lagoa Santa, MG) e internacionais (Coleção Egípcia – especialmente as múmias da coleção do Museu) e a Fetologia, decorrente de estudos no campo da medicina realizados especialmente por nossos parceiros da PUC-Rio e INT. Como desdobramento dessa fase, ocorre a publicação de um primeiro livro, com a participação de diversos pesquisadores ligados ao Lapid e envolvendo nossos primeiros campos de atuação (Werner Jr. & Lopes, 2009).

Com o passar dos anos, diversas outras áreas e departamentos do Museu Nacional e de instituições colaboradoras foram sendo englobadas (destaque para o meteorito Bendegó e para a coleção arqueológica de vasos marajoara), o que culminou na publicação do segundo livro (Lopes *et al.*, 2013) obra que, dessa vez, envolvia mais de 50 pesquisadores de diversas instituições parceiras. Em 2019, publicamos o terceiro livro (Lopes *et al.*, 2019), agora reunindo 110 autores de 9 países interligados na pesquisa e utilização de metodologias tridimensionais em diversas áreas do conhecimento.

Em decorrência dessas atividades, mais de 500 peças icônicas do acervo do Museu Nacional (dinossauros e outros vertebrados fósseis, múmias, meteoritos, estelas egípcias, urnas e vasos, o crânio de Luzia, entre outras) foram digitalizadas através do uso de scanners tridimensionais de superfície, tomografia tridimensional helicoidal e fotogrametria, tecnologias adaptadas pelo Lapid e seus parceiros à pesquisa científica. Algumas dessas peças foram ainda prototipadas (em impressoras tridimensionais) também fruto da incorporação pioneira dessa tecnologia à pesquisa científica.

O Lapid encontrava-se em franca atividade inclusive com a ampliação de seu quadro funcional e a presença de alunos e estagiários, quando ocorreu o triste evento de 02 de setembro de 2018; um grande incêndio atingiu o edifício sede do Museu Nacional na Quinta da Boa Vista. Nos momentos de dor que sucederam, os arquivos digitais produzidos pelo Lapid (preservados em backups dispersos) trouxeram uma esperança de recuperação parcial do acervo através de impressão tridimensional de cópias digitais (Grillo; Lobo & Azevedo, 2020).

Posteriormente, com o início do processo de resgate do acervo atingido e com a recuperação total ou parcial de importantes itens como o crânio de Luzia, meteoritos raros e os exemplares-tipo de dinossauros, os arquivos digitais passaram a ter grande importância adicional na medida que serviram de guia na recuperação dos danos e perdas sofridas pelo material original.

O recorte final do trabalho aqui detalhado foi fortemente influenciado pela realidade imposta pela pandemia de COVID-19 (2020-2022), que forçou o aprimoramento de formas de disponibilização de conteúdos através de plataformas digitais (especialmente metaverso).

Outro fator de extrema importância no desenvolvimento de nossas atividades foi a vinculação do Lapid ao Projeto Space-XR: Pesquisa em Metaversos Compartilhados, projeto que envolvia, além dos laboratórios anteriormente citados, o Visgraf e o Centro PI, ambos do Instituto de Matemática Pura e Aplicada-IMPA/MCTI. Nesse projeto o Lapid ficou responsável pela coordenação da linha denominada Patrimônio Científico-Cultural e alguns de nossos resultados recentes estão apresentados nos capítulos que seguem. ●

In recent years, several other areas and departments of the National Museum and collaborating institutions have been included (notably the Bendegó meteorite and the archaeological collection of Marajoara pots), culminating in the publication of the second book (LOPES et al., 2013), a work that this time involved more than 50 researchers from several partner institutions. In 2019, we published the third book (LOPES et al., 2019), which now brings together 110 authors from 9 countries related to the study and use of three-dimensional methods in different fields of knowledge.

As a result of these activities, more than 500 iconic pieces from the National Museum's collection (dinosaurs and other fossil vertebrates, mummies, meteorites, Egyptian steles, urns and pots, the skull of Luzia, etc.) have been digitized using three-dimensional surface scanners, three-dimensional helical tomography and photogrammetry, technologies adapted by LAPID and its partners for scientific research. Some of these pieces have also been prototyped (on three-dimensional printers) as a result of the pioneering use of this technology in scientific research.

LAPID was in full swing, including the expansion of its staff and the presence of students and interns, when the sad event of 2 September 2018 occurred: a major fire hit the headquarters of the National Museum in Quinta da Boa Vista. In the moments of mourning that followed, the digital archives created by LAPID (preserved in scattered backups) gave hope for a partial recovery of the collection through three-dimensional printing of digital copies (GRILLO; LOBO & AZEVEDO, 2020).

Later, with the beginning of the process of rescuing the affected collection and with the total or partial recovery of important objects such as the skull of Luzia, rare meteorites and dinosaur type specimens, the digital archives began to take on a great additional importance, serving as a guide in the recovery of the damage and losses suffered by the original objects.

The final outline of the work described here was strongly influenced by the reality imposed by the COVID-19 pandemic (2020-2022), which forced the improvement of the ways of making content available through digital platforms (especially the metaverse).

Another extremely important factor in the development of our activities has been the connection between LAPID and the Space-XR project: Research in Shared Metaverses. In addition to the laboratories mentioned above, this project involved Visgraf and the PI Center, both from the Institute for Pure and Applied Mathematics (IMPA/MCTI). In this project we coordinated the line called Scientific-Cultural Heritage and some of our recent results are presented in the following chapters. ●





ENFRENTANDO AS CINZAS E A RECLUSÃO

O USO DE TECNOLOGIAS 3D
PELO LAPID DURANTE A
PANDEMIA DE COVID-19

FACING THE ASHES AND SECLUSION

THE USE OF 3D TECHNOLOGIES
BY LAPID DURING
THE COVID-19 PANDEMIC

by
Leonardo Lobo
Orlando Grillo
Sergio Azevedo



CONTEÚDO INTERATIVO
INTERACTIVE CONTENT

Modelo tridimensional publicado como
dataset do crânio e mandíbula de
Puma concolor espécime MN 57461 em
múltiplas vistas.

*3D model published as a dataset of the
skull and mandible of Puma concolor
specimen MN 57461 in multiple views.*

PATRIMÔNIO.HERITAGE 

• **O** uso de tecnologias tridimensionais pelo Laboratório de Processamento de Imagem Digital (LAPID) não é um desdobramento dos acontecimentos dos últimos anos, isto é, do incêndio do Museu Nacional em 2018 e da Pandemia de Covid-19 em 2020. Desde o começo do século XXI, o LAPID utiliza tecnologias e ferramentas tridimensionais para realizar atividades de pesquisa, ensino e extensão, nas áreas de Paleontologia, Zoologia, Geologia, Arqueologia e outras áreas do conhecimento. Tais atividades são registradas em dissertações, teses, artigos e capítulos de livro publicados nos últimos 20 anos pelos membros do laboratório (alguns desses especialmente em WERNER Jr. & LOPES, 2009 e LOPES *et al.*, 2013). Sendo assim, há uma tradição na utilização dessas tecnologias e metodologias nas pesquisas realizadas pelos membros do LAPID.

O ano de 2018 foi marcado pelo incêndio do prédio principal do Museu Nacional, antigo Palácio da família imperial, onde se localizava não só o LAPID, mas inúmeros outros laboratórios e coleções, além da exposição, as quais foram completamente atingidas pelo incêndio (RODRIGUES-CARVALHO *et al.*, 2022). O incêndio destruiu todos os equipamentos do LAPID e os materiais que se encontravam em análise no laboratório, parte foi totalmente perdida e outra parte foi avariada. A partir disso, além da perda dos equipamentos de tecnologia tridimensional, as coleções outrora acessadas pelos membros do LAPID para estudo ainda se encontram inacessíveis. Esta situação levou o laboratório a atuar em duas frentes: (1) a utilização de tecnologias 3D mais acessíveis, e.g. fotogrametria, no registro do resgate dos espécimes que estavam soterrados pelo incêndio e (2) a utilização dos espécimes já digitalizados para a continuidade das pesquisas, especialmente as relacionadas às teses em andamento, e para as ações de ensino e extensão, prototipando-os através do usos de inúmeros materiais (alguns dos

trabalhos desenvolvidos podem ser vistos em LOPES *et al.*, 2019). Logo, até a Pandemia de Covid-19, que chegou ao Brasil no início de 2020, os membros do LAPID se dedicavam a participar do resgate das coleções afetadas pelo incêndio, especialmente a de Paleontologia, mas não somente, recriar a base de dados de espécimes digitalizados e continuar avançando na utilização de tecnologias 3D nas pesquisas conduzidas pelos membros do laboratório (para uma compreensão geral ver GRILLO *et al.*, 2020).

Assim, no início do ano de 2020, o LAPID ainda não tinha um espaço físico próprio, os membros estavam alocados em inúmeros laboratórios parceiros que não foram afetados, como por exemplo o Laboratório de Modelos Tridimensionais (LAMOT) do Instituto Nacional de Tecnologia e o Laboratório de Mastozoologia do Museu Nacional. O aparecimento e a disseminação da SARS-CoV-2 implicaram em uma mudança drástica na realidade mundial. Como uma forma de conter sua disseminação, medidas de restrições no funcionamento da sociedade como um todo foram tomadas, fechando-se fronteiras, afetando drasticamente o deslocamento das pessoas (PEERI *et al.*, 2020). Tais medidas não foram diferentes para os pesquisadores, assim, o LAPID, como todos os outros laboratórios, implementaram rodízios, quando necessários, e o desenvolvimento de pesquisas de forma remota.

• *The use of three-dimensional technologies by the Digital Image Processing Laboratory (LAPID) is not a result of recent events, such as the fire at the National Museum in 2018 and the COVID-19 pandemic in 2020. Since the early 21st century, LAPID has been employing three-dimensional technologies and tools for research, teaching, and extension activities in fields such as Paleontology, Zoology, Geology, Archaeology, and other areas of knowledge. These activities are well-documented in dissertations, theses, articles, and book chapters published by laboratory members over the past 20 years (notably in WERNER Jr. & LOPES, 2009 and LOPES et al., 2013). Therefore, the use of these technologies and methodologies in LAPID's research has a long-standing tradition.*

The year 2018 was marked by a devastating fire in the main building of the National Museum, the former Palace of the Imperial Family. This building housed not only LAPID but also numerous other laboratories, collections, and exhibitions, all of which were severely impacted by the fire (RODRIGUES-CARVALHO et al., 2022). The fire annihilated all of LAPID's equipment and the materials under analysis at the time; some items were completely lost, while others were significantly damaged. As a result, in addition to losing its three-dimensional technology equipment, the collections previously accessed by LAPID members for study became inaccessible. In response, the laboratory acted on two fronts: (1) employing more accessible 3D

technologies, such as photogrammetry, to record the rescue of specimens buried by the fire and (2) utilizing already digitized specimens to continue research, particularly those related to ongoing theses, and for teaching and extension activities, by prototyping them with various materials (some of this work can be seen in LOPES et al. 2019). Therefore, until the COVID-19 pandemic hit Brazil in early 2020, LAPID members were primarily focused on rescuing collections affected by the fire, particularly the paleontology collection, though not exclusively. They also worked to reconstruct the database of digitized specimens and further advanced the use of 3D technologies in research (for an overview, see GRILLO et al. 2020).

By early 2020, LAPID still lacked its own physical space; its members were working in various partner laboratories that had not been affected by the fire, such as the Laboratory of Three-Dimensional Models (LAMOT) of the Instituto Nacional de Tecnologia and the Laboratory of Mastozoology of the Museu Nacional. The emergence and rapid spread of SARS-CoV-2 brought about a drastic shift in global reality. To contain the virus, governments implemented widespread restrictions, including border closures and severe limitations on movement, which profoundly impacted daily life (PEERI et al., 2020). Such measures were no different for researchers, so LAPID, like all other laboratories, implemented rotating shifts for essential in-person work and shifted much of its research activities to remote work.



A partir dos acontecimentos mencionados acima, perda de espécimes, ou seja, perda do patrimônio cultural e de suas informações geométricas, e a restrição de mobilidade praticamente total, ficou impossibilitado o acesso aos espécimes que não foram destruídos pelo incêndio ou que estavam em outras instituições. Tais fatos impactam diretamente no cotidiano do desenvolvimento científico de qualquer laboratório de ciências naturais e áreas correlatas. Assim parte dos integrantes do LAPID se debruçaram sobre a questão de como as técnicas e metodologias digitais poderiam auxiliar no acesso digital a esses materiais, e por consequência, a continuação das pesquisas científicas.

Ademais foram descritas as técnicas tridimensionais mais adequadas para os materiais e a realidade tecnológica das instituições brasileiras, requerimentos para avaliar a prioridade de digitalização, especialmente em relação a espécimes de coleções zoológicas e, por fim, as possibilidades de financiamento (LOBO *et al.*, 2021). Vale salientar, que tais restrições de deslocamento implementadas em decorrência da Covid-19, podem um dia voltar a ser implementadas, já que existe a possibilidade de ocorrência de futuras pandemias (CYRANOSKI, 2020).

Considerando esse tipo de cenário e a importância do acesso às informações científicas contidas nos acervos de diversas instituições de pesquisa no mundo todo, torna-se cada vez mais importante encontrar novos meios de disponibilização de dados morfológicos inclusive, já existe todo um debate sobre a disponibilidade de dados associados aos exemplares, isto é, metadados (OECD, 1999). O acesso remoto através de bancos de dados digitais é uma opção que traz algumas vantagens relevantes, como, por exemplo, minimizar a necessidade de deslocamento de pesquisadores para visitar acervos de difícil acesso, maior disseminação de informações científicas, maior facilidade para comparação de dados entre diferentes espécimes, etc. Além disso, se um pesquisador consegue acessar a informação que precisa através de um arquivo digital, minimiza-se a necessidade de manuseio de espécimes que muitas vezes são frágeis e raros.

Given the above-described events —the loss of specimens, which equates to the loss of cultural heritage and its geometric information, as well as the near-total restriction on mobility that prevents access to specimens unaffected by the fire or housed in other institutions—the daily scientific progress of any natural science laboratory and related fields was directly impacted. In response, some LAPID members focused on exploring how digital techniques and methodologies could facilitate digital access to these materials, thereby enabling the continuation of scientific research. They identified the most suitable three-dimensional techniques for the materials and the technological realities of Brazilian institutions, outlined strategies for prioritizing specimens (particularly those from zoological collections), and explored potential funding opportunities (LOBO et al., 2021). It is also important to note that travel restrictions imposed during the Covid-19 pandemic could potentially be reinstated in the future, as the possibility of future pandemics remains a concern (CYRANOSKI, 2020).

Considering this type of scenario and the importance of accessing scientific information contained within the collections of various research institutions worldwide, finding new ways to make three-dimensional morphological data available has become increasingly important, similar to the ongoing debate about the availability of data related to the specimens, i.e. metadata (OECD, 1999). Remote access through digital databases offers several advantages, such as minimizing the need for researchers to travel to visit difficult-to-access collections, enhancing the dissemination of scientific information, and facilitating comparisons between different specimens. Additionally, digital archives allow researchers to access necessary information without handling fragile and rare specimens.

Diversas instituições têm se empenhado em digitalizar seus acervos científicos e torná-los acessíveis através de bancos de dados online. Plataformas como Morphobank, DigitalMorphology, MorphoSource e MorphoMuseum têm sido usadas, assim como plataformas próprias de algumas instituições, a exemplo do X3D do Smithsonian Institution. Essas plataformas têm como público-alvo pesquisadores que necessitam solicitar acesso aos dados tal qual fariam ao visitar pessoalmente uma coleção científica. Outra plataforma comumente usada, mas a fim de disponibilização para o público geral é o Sketchfab, onde modelos 3D podem ser disponibilizados para visualização apenas ou para download, a critério dos curadores. Nesse sentido, durante a pandemia da SARS-CoV-2 inicialmente o LAPID se voltou à faceta de curadoria virtual, a organizar seus dados tridimensionais, discutir políticas de disponibilidade, criar suas próprias contas em plataformas, e.g. <https://sketchfab.com/lapid.mn> e disponibilizar dados morfológicos em publicações (LOBO *et al.*, 2021).

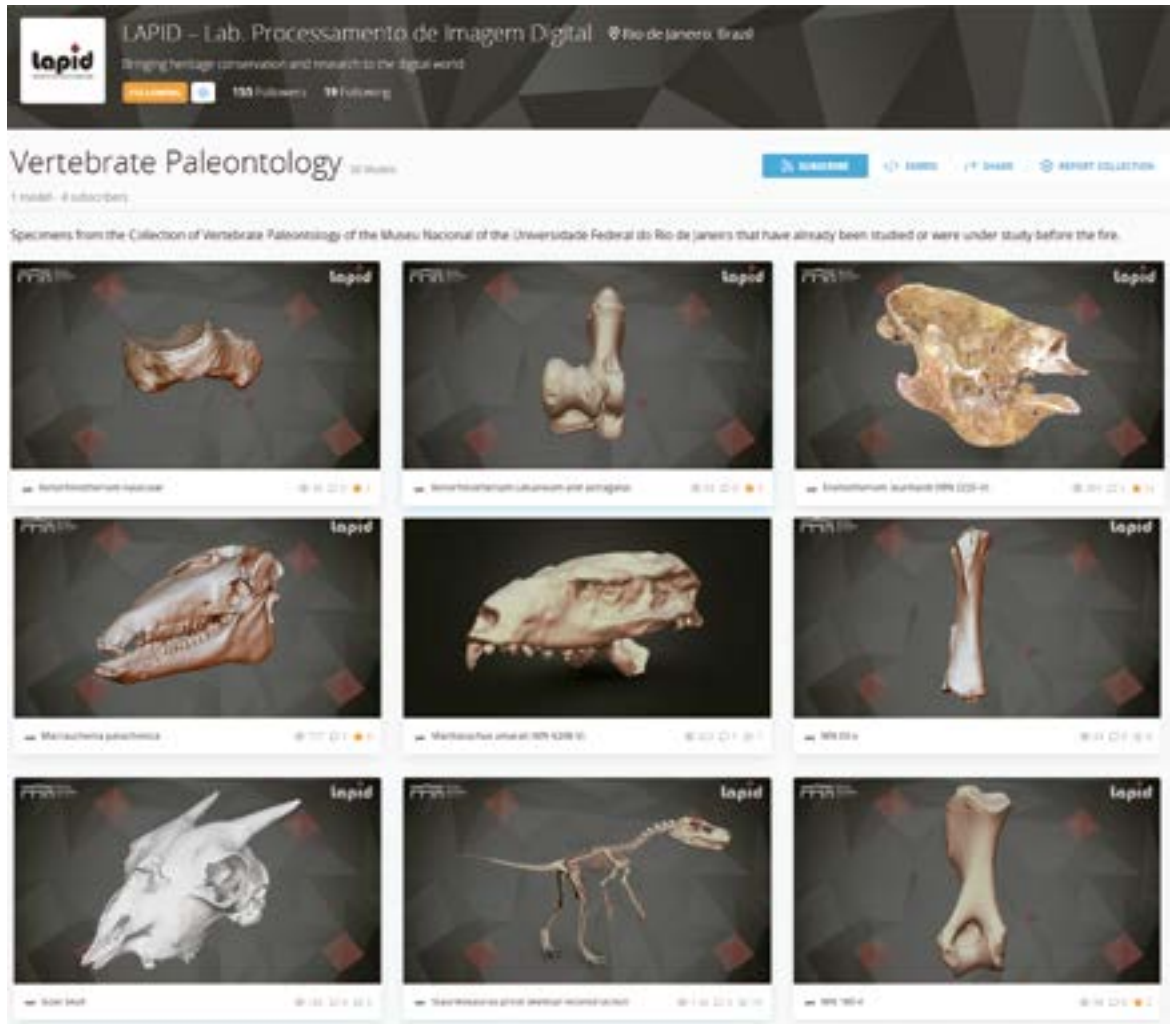
Infelizmente o processo de digitação 3D de acervos é muito demorado e exige uma equipe especializada e dedicada a esse trabalho. O processo de digitalização de uma peça pode levar de poucas horas até dias dependendo da complexidade do material e da necessidade de pós-processamento. A título de informação, digitalizar um acervo com 10 mil exemplares demandaria 40 anos de trabalho contínuo caso fosse possível digitalizar e disponibilizar um exemplar por dia. Os acervos de algumas instituições têm mais de 200 mil exemplares.

Portanto, junto com os benefícios, a disponibilização digital de acervos, traz novos desafios para as instituições de pesquisa. Com ela surge a necessidade de discutir políticas de acesso aos arquivos digitais, de definir normas e documentos para o manejo e tratamento dos dados, definir como os visitantes podem utilizar os dados, etc. O próprio processo de digitalização em si traz uma série de desafios: necessidade de dispositivos de armazenamento confiáveis, seguros e de alta capacidade, cópias de segurança em servidores online, conexões de internet rápidas para lidar com grande quantidade de dados, contratação de novos técnicos dedicados ao trabalho de digitalização e processamento dos arquivos, etc. Existe portanto uma demanda constante por mais recursos financeiros, visto que essas metodologias têm um custo de implementação elevado. Mesmo havendo investimento, como por exemplo editais de apoio das agências de financiamento, o Brasil como um todo se mantém em um patamar muito aquém do necessário, especialmente, quando se compara com o cenário de investimentos na estrutura universitária atual em relação aos anos anteriores, que se mantém em patamares abaixo dos de 2014 (SOU CIÊNCIA, 2024). E ainda investindo pouco mais do que 1% do seu Produto Interno Bruto, o que é pouco quando comparado com os países que lideram a corrida em desenvolvimento de tecnologia, por exemplo Alemanha (3,1%), China (2,4%), Estados Unidos da América (3,5%), Japão (3,3%), etc (OUR WORLD IN DATA, 2025).

Several institutions have been working to digitize their scientific collections and make them accessible through online databases. Platforms such as Morphobank, DigitalMorphology, MorphoSource, and MorphoMuseum have been used, alongside institutions' platforms, such as the Smithsonian Institution's X3D. These platforms cater to researchers who need to request access to data similarly to how they would when visiting a scientific collection in person. Another widely used platform, but for public availability, is Sketchfab, which allows 3D models to be made available for viewing only or download at the curators' discretion. During the SARS-CoV-2 pandemic, LAPID focused initially on virtual curation to organize its three-dimensional data, discuss availability policies, create accounts on platforms, e.g. <https://sketchfab.com/lapid.mn> and make morphological data available in publications (LOBO et al., 2021).

Unfortunately, the 3D digitization process of collections is very time-consuming and requires a specialized team dedicated to this work. The digitization of a single piece can take from a few hours to several days, depending on the complexity of the material and the need for post-processing. To put this into perspective, digitizing a collection with 10,000 items would take approximately 40 years of continuous work if it were possible to digitize and make available one item per day. Some institution's collections have more than 200,000 items.

Therefore, while the digital availability of collections offers benefits, it also presents new challenges for research institutions. These challenges include the need to discuss policies for access to digital archives, define standards and documents for data management and treatment, determine how visitors can use the data, etc. The digitization process itself introduces a



Página de depósito de modelos tridimensionais do LAPID no Sketchfab.

LAPID 3D model deposit page on Sketchfab.

Apesar desses desafios, a digitalização dos acervos cria inúmeras possibilidades de pesquisa e extensão. Com o decorrer da Pandemia, além de manter as atividades de curadoria e discussão patrimonial através do uso das tecnologias tridimensionais nas atividades possíveis de serem realizadas com as medidas de distanciamento implementadas, os membros do LAPID se debruçaram em tecnologias e plataformas de realidade virtual. Um dos usos interessantes é a criação de exposições virtuais que podem ser visitadas por qualquer pessoa a partir de qualquer parte do mundo. Através da utilização de plataformas de realidade virtual, como o Spatial.io, e o conjunto de modelos tridimensionais virtualizados ao longo das duas décadas de trabalho e com as novas possibilidades de modelagem proporcionadas por novos softwares, os membros do LAPID desenvolveram exposições virtuais no intuito de possibilitar um maior grau de imersão e de interatividade entre os diversos visitantes e o acervo, que ou estava inacessível ou fora perdido durante o incêndio. Assim, a equipe vem produzindo algumas iniciativas nessa temática através da colaboração com colegas do grupo Space-XR (grupo que reúne pesquisadores do LAPID/Museu Nacional/UFRJ, VISGRAF/IMPA, BIODESIGN/PUC-Rio e LAMOT/INT). Mais informações sobre esse projeto estão sendo apresentadas em outros capítulos da presente obra.

series of challenges, such as the need for reliable, secure, and high-capacity storage devices, backup copies on online servers, fast internet connections to handle large amounts of data, hiring new technicians dedicated to digitizing and processing files, etc. As a result, there is a constant demand for more financial resources since these methodologies have high implementation costs. Even with investment through support notices from financing agencies, Brazil's level of investment remains far below what is necessary, especially when comparing the current investment scenario in university infrastructure to previous years, which remains at levels below those of 2014 (SOU CIÊNCIA, 2024). Currently, Brazil uses slightly more than 1% of its Gross Domestic Product in technology development, which is relatively low when compared to the countries leading in this area, such as Germany (3.1%), China (2.4%), the United States of America (3.5%), and Japan (3.3%). (OUR WORLD IN DATA, 2025).

Despite these challenges, digitizing collections creates countless possibilities for research and outreach. As the pandemic progressed, LAPID members maintained curatorial activities and heritage discussions using three-dimensional technologies within the implemented distancing measures and focused on virtual reality technologies and platforms. One interesting use of these technologies is the creation of digital virtual exhibitions that can be visited by anyone from anywhere in the world. Using virtual reality platforms, such as Spatial.io, and a set of virtualized three-dimensional models accumulated over two decades of work, coupled with new modeling possibilities provided by new software, LAPID members developed virtual exhibitions. These exhibitions aim to enable a greater degree of immersion and interactivity between visitors and the collection, which was either inaccessible or had been lost during the fire. Thus, the team has been producing some initiatives on this topic through collaboration with colleagues from the Space-XR group (a collective that includes researchers from LAPID/Museu Nacional/UFRJ, VISGRAF/IMPA, BIODESIGN/PUC-Rio, and LAMOT/INT). More information about this project is presented in other chapters of this work.

CONCLUSÃO . CONCLUSION

Os acontecimentos dos últimos anos demandaram não só a continuação do desenvolvimento de pesquisa, ensino e extensão pela equipe do Laboratório de Processamento de Imagem Digital, mas também profundas reflexões sobre o papel do LAPID dentro do Museu Nacional e como uma instituição que contribui para o progresso da ciência. Assim, o incêndio que ocorreu no Museu Nacional e o distanciamento introduzido pela pandemia da SARS-CoV-2 nos fizeram caminhar por algumas temáticas:

Como as tecnologias tridimensionais podem incrementar os processos de curadoria do Patrimônio Cultural salvaguardados pelas instituições científicas.

Reflexões sobre quais exemplares devem ser priorizados nesse processo estendido de curadoria, tendo em vista as limitações impostas pela quantidade de pessoal especializado e equipamentos disponíveis.

A necessidade de criação de banco de dados que abriguem e possibilitem o acesso aos modelos tridimensionais provenientes da produção científica como um processo necessário da curadoria e de divulgação das coleções científicas presentes na instituição.

Desenvolvimento de novas possibilidades extensionistas a partir de tecnologias de imersão virtual, como a criação de salas temáticas para divulgar informação científica, especialmente na realidade do processo de restauração da exposição do Museu Nacional.

Por fim, a partir de todo o enfrentado, é perceptível a necessidade de aumento no investimento em ciência e tecnologia e das instituições que fazem pesquisa, no intuito de aumentar a capacidade de responder de forma adequada aos desafios enfrentados durante o desenvolvimento científico e educacional do nosso país, criando possibilidades de centros de pesquisa mais equipados e com mais pessoas para pesquisar e salvaguardar nosso Patrimônio Cultural. ●

The events of recent years have necessitated not only the continuation of research, teaching, and outreach by the Digital Image Processing Laboratory team but also deep reflections on LAPID's role within the National Museum and as an institution that contributes to scientific progress. The fire at the National Museum and the distancing measures introduced by the SARS-CoV-2 pandemic led us to explore several themes:

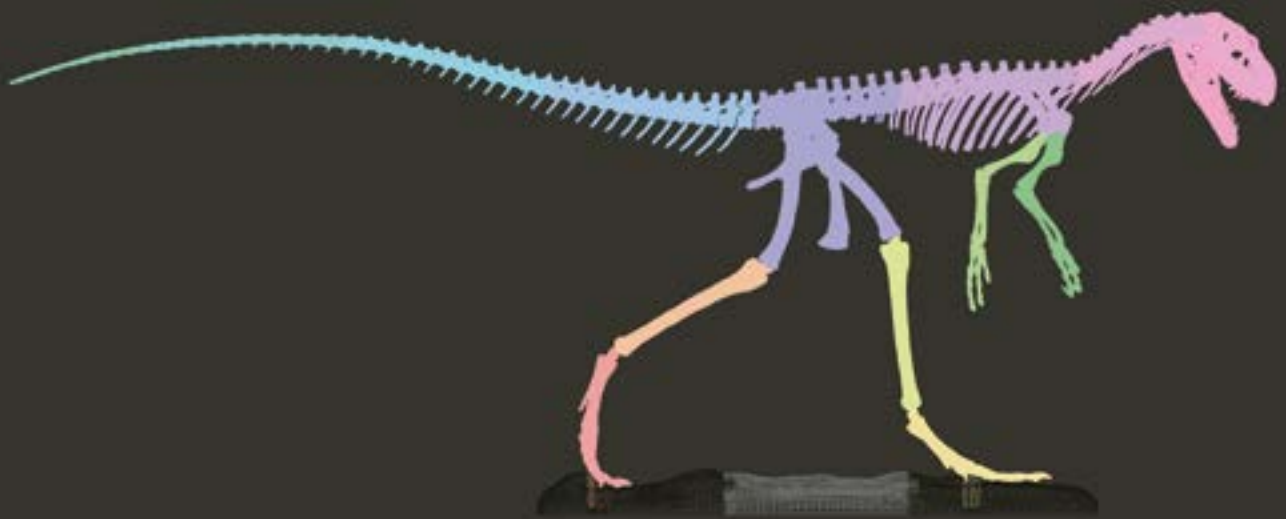
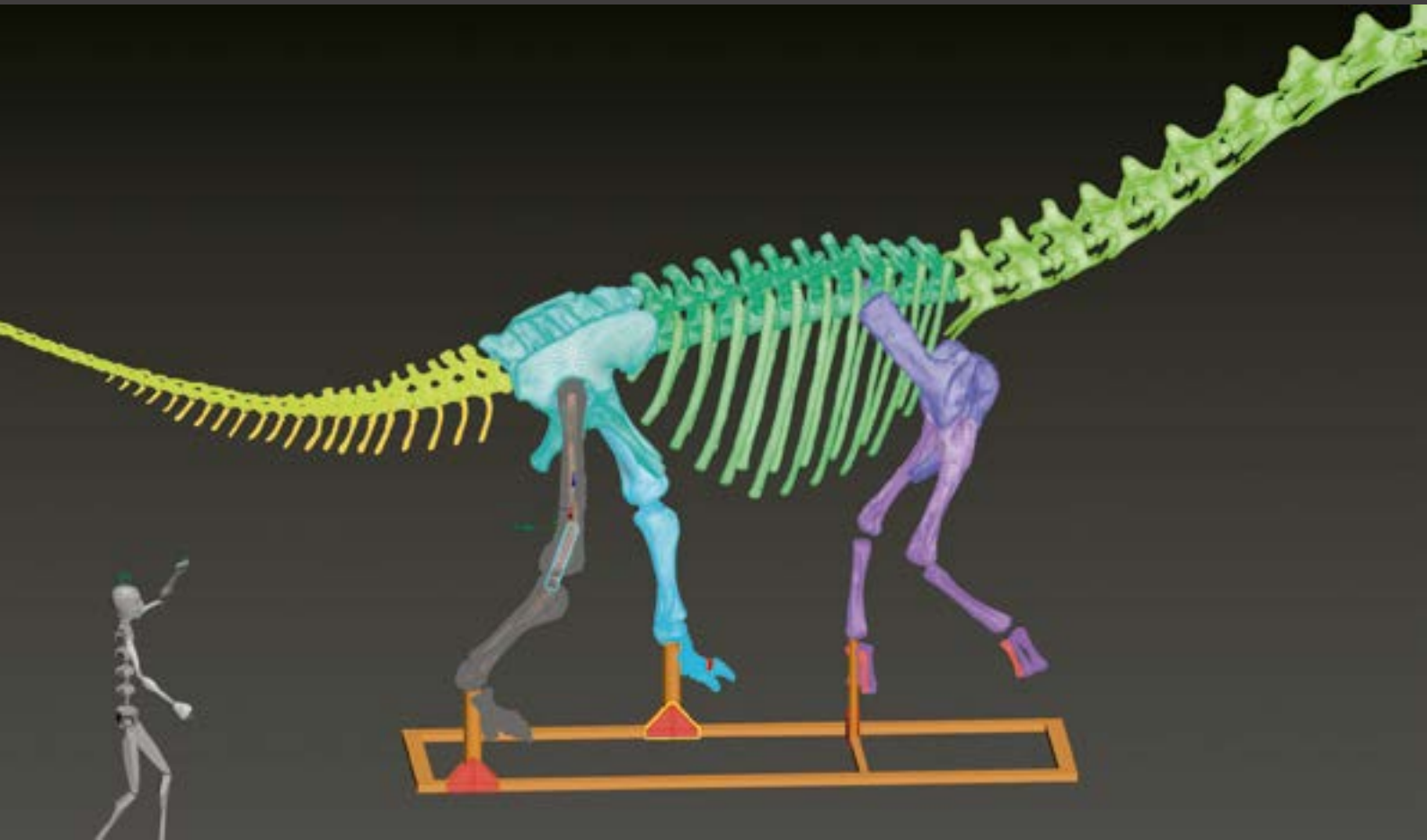
How three-dimensional technologies can enhance the curation processes of Cultural Heritage safeguarded by scientific institutions.

Reflections on which specimens should be prioritized in this extended curation process, given the limitations imposed by the number of specialized personnel and available equipment.

The need to create a database that houses and enables access to three-dimensional models from scientific production as an essential part of the curation and dissemination of the scientific collections present at the institution.

Development of new extension possibilities based on virtual immersion technologies, such as the creation of themed rooms to disseminate scientific information, especially in the context of the restoration process of the National Museum exhibition.

Finally, based on everything discussed, it is clear that there is a need to increase investment in science and technology and in research institutions. This is crucial to enhance the capacity to respond appropriately to the challenges faced during the scientific and educational development of our country, creating opportunities for better-equipped research centers with more personnel to research and safeguard our Cultural Heritage. ●



DINOSSAUROS DO FÓSSIL AO DIGITAL E À EXPOSIÇÃO

DINOSAURS FROM FOSSIL TO DIGITAL AND TO EXHIBITION

by
Orlando Grillo
Sergio Azevedo

No alto: Esquema de partes do esqueleto de *Maxakalisaurus* a serem unificadas para impressão.

At the top: Diagram of parts of the Maxakalisaurus skeleton to be unified for printing.

Ao lado: Modelo 3D do *Staurikosaurus* com codificação de cores para cada parte prototipada.

Beside: 3D model of Staurikosaurus with color coding for each prototyped part.



CONTEÚDO INTERATIVO
INTERACTIVE CONTENT



01.

Staurikosaurus pricei

Staurikosaurus pricei foi um dinossauro carnívoro com pouco mais de 2 metros de comprimento que viveu durante o período Triássico (há cerca de 230 milhões de anos) no que hoje é o Rio Grande do Sul, Brasil. Foi, portanto, um dos dinossauros mais antigos do mundo. Seu fóssil foi descrito formalmente em 1970 por Edwin Colbert a partir de um esqueleto praticamente completo, do qual faltavam apenas o crânio, ossos dos braços e pés (COLBERT, 1970). No início dos anos 2000 seu fóssil foi emprestado ao Museu Nacional onde serviu de material de estudo para uma nova descrição detalhada da espécie (BITTENCOURT & KELLNER, 2009).

Em 2005 o fóssil desse dinossauro foi digitalizado em 3D com o intuito de gerar uma reconstrução virtual tridimensional completa de seu esqueleto para aplicação em estudos de biomecânica e locomoção (GRILLO & AZEVEDO, 2011a, b). Toda a modelagem foi feita no software Autodesk 3ds Max, que permitiu realizar o processo de retrodeformação, isto é, a correção de distorções presentes em alguns dos ossos fossilizados, bem como modelar ossos quebrados ou faltantes. Os ossos faltantes foram criados com base em comparações com outras espécies de dinossauros proximamente relacionadas, como o *Herrerasaurus ischigualastensis*. O modelo 3D final foi utilizado nos trabalhos de monografia, dissertação de mestrado e tese de doutorado do autor do modelo (GRILLO, 2005, 2007, 2014).

Figura 1: Esqueleto completo de *Staurikosaurus pricei* prototipado em impressora 3D em 2011.

*Figure 1: Complete skeleton of *Staurikosaurus pricei* prototyped on a 3D printer in 2011.*

A partir desse esqueleto digital, a equipe do LAPID decidiu fazer o que seria, à época, o primeiro esqueleto reconstituído de um dinossauro a ser totalmente prototipado fisicamente e em tamanho real utilizando impressoras 3D (Figura 1). Para isso foi usada uma Zcorp 310. O protótipo do esqueleto completo foi apresentado à comunidade científica em 2011, durante o IV Congresso Latinoamericano de Paleontologia de Vertebrados em San Juan, Argentina (GRILLO *et al.*, 2011).

Staurikosaurus pricei

Staurikosaurus pricei was a carnivorous dinosaur measuring just over 2 meters long that lived during the Triassic period (about 230 million years ago), in what is now Rio Grande do Sul, Brazil. It was, therefore, one of the oldest dinosaurs in the world. Its fossil was formally described in 1970 by Edwin Colbert from a nearly complete skeleton, missing only the skull, arm bones and feet (COLBERT, 1970). In the early 2000s, its fossil was loaned to the National Museum where it served as study material for a new detailed description of the species (BITTENCOURT & KELLNER, 2009).

*In 2005, the fossil was scanned in 3D to create a complete virtual three-dimensional reconstruction of its skeleton for studies in biomechanics and locomotion (GRILLO & AZEVEDO, 2011a, b). The modeling was done using Autodesk 3ds Max software, allowing for the retro-deformation process to correct distortions in some of the fossilized bones, as well as modeling broken or missing bones. The missing bones were created based on comparisons with closely related dinosaur species, such as *Herrerasaurus ischigualastensis*. The final 3D model was used in the monograph, master's dissertation and doctoral thesis of the model's author (GRILLO, 2005, 2007, 2014).*

*From this digital skeleton, the LAPID team decided to create what would be, at the time, the first reconstructed skeleton of a dinosaur to be fully physically prototyped and at real size using 3D printers (Figure 1). A Zcorp 310 printer was used for this purpose. The complete skeleton prototype was presented to the scientific community in 2011 during the IV Latin American Congress of Vertebrate Paleontology in San Juan, Argentina (GRILLO *et al.*, 2011).*

Os ossos foram impressos individualmente, de forma que, para ser exposto, o esqueleto precisava ser disposto em uma mesa. Normalmente era montado numa posição que lembra a disposição dos ossos reais no fóssil.

Infelizmente esse modelo foi perdido durante o incêndio de 2018 que atingiu o Museu Nacional. Além desse, outros esqueletos de dinossauros, montados na exposição do museu (mas produzidos seguindo metodologias tradicionais de escultura e moldagem em resina), também foram perdidos. Dentre as perdas, podemos destacar o esqueleto completo do dinossauro saurópode *Maxakalisaurus topai*, um animal com cerca de 12 metros de comprimento, e o esqueleto do dinossauro terópode *Angaturama limai*, com cerca de 6 metros de comprimento.

Durante a reestruturação do LAPID, pudemos adquirir novos equipamentos, incluindo uma impressora 3D de filamentos. A partir disso, em 2024, decidimos produzir uma nova impressão 3D do esqueleto do *Staurikosaurus*. Desta vez, no entanto, optamos por modificar o modelo virtual para que se possa produzir um protótipo completo, totalmente articulado, auto sustentado e em tamanho real do esqueleto, ao invés de um modelo de ossos individualizados (Figura 2).

Utilizando o software 3ds Max, os ossos virtuais foram unidos com estruturas que simulam cartilagens e ligamentos (Figura 3), criando 15 conjuntos de ossos conectados. Em cada conjunto foram modeladas estruturas de encaixe para permitir a montagem final de forma facilitada. Além disso, foi modelada uma base de sustentação com 90cm de comprimento, também dividida em três partes com encaixes. As 18 peças foram produzidas de forma que possam ser impressas em tamanho real na área limite de impressão de 30x30cm da impressora utilizada (3D Creality K1 Max). A impressão 3D final foi feita utilizando filamentos Hyper PLA com uma resolução de 0,4mm (Figura 4).

Esse projeto piloto serviu de teste para verificar a viabilidade desse tipo de técnica para produzir peças de exposição. Após a impressão, constatamos que o protótipo era demasiadamente flexível para que se auto sustentasse. Para não incluir suportes visíveis, foi necessário modificar o esqueleto prototipado e inserir um eixo oco de metal por dentro da coluna vertebral. Essa e outras pequenas modificações permitiram que o esqueleto fosse usado em uma exposição no Museu Universitário Solar Grandjean de Montigny da PUC-Rio.

Figura 2: Modelo virtual do esqueleto de *Staurikosaurus pricei* na posição em que será produzido.

*Figure 2: Virtual model of the *Staurikosaurus pricei* skeleton in the position in which it will be produced.*



The bones were printed individually, so the skeleton had to be arranged on a table for display. It was usually assembled in a position resembling the arrangement of the real bones in the fossil.

Unfortunately, this model was lost during the 2018 fire at the National Museum. Along with this model, other dinosaur skeletons, assembled in the museum's exhibition (but produced using traditional resin sculpting and molding methodologies), were also lost. Among these losses, we can highlight the complete skeleton of the sauropod dinosaur *Maxakalisaurus topai*, measuring about 12 meters long, and the skeleton of the theropod dinosaur *Angaturama limai*, about 6 meters long.

During the restructuring of LAPID, we acquired new equipment, including a filament 3D printer. In 2024, we decided to produce a new 3D print of the *Staurikosaurus* skeleton.

This time, however, we modified the virtual model to create a complete, fully articulated, self-supporting, life-size prototype of the skeleton, rather than individual bones (Figure 2).

Using 3ds Max software, the virtual bones were joined with structures that simulate cartilage and ligaments (Figure 3), creating 15 sets of connected bones. Each set included fitting structures modeled to facilitate final assembly. Additionally, a 90cm long support base was modeled, divided into three parts with fittings. The 18 parts were designed to be printed in full size within the 30x30cm printing area of the 3D printer used (3D Crealty K1 Max). The final 3D print was made using Hyper PLA filaments with a resolution of 0.4mm (Figure 4).

This pilot project served as a test to verify the viability of this technique for producing exhibition pieces. After printing, we discovered that the prototype was too flexible to be self-supporting. To avoid including visible supports, it was necessary to modify the prototyped skeleton by inserting a hollow metal shaft inside the spine. This and other small modifications enabled the skeleton to be used in an exhibition at the Museu Universitário Solar Grandjean de Montigny at PUC-Rio.



Figura 3:
Estruturas de encaixe do modelo digital de *Staurikosaurus*.

Figure 3: Fitting structures of the digital model of *Staurikosaurus*.



Figura 4: Protótipo final do esqueleto de *Staurikosaurus*.

Figure 4: Final prototype of the *Staurikosaurus* skeleton.

02.

Maxakalisaurus topai

Ainda em 2024, o Museu Nacional iniciou os trabalhos para produzir uma nova cópia do esqueleto do dinossauro *Maxakalisaurus topai*, descrito em 2006 (KELLNER *et al.*, 2006), para ser usada na reinauguração de suas exposições. Para auxiliar no trabalho de montagem das estruturas de suporte de ferro, foi solicitado à equipe do LAPID um projeto para execução das ferragens de suporte. Para viabilizar esse projeto, decidimos digitalizar em 3D (Scanner Revopoint Range) todos os ossos desse dinossauro a partir de réplicas em resina ainda existentes, que não foram afetadas pelo incêndio. A partir desses modelos digitais dos ossos individuais, foi possível remontar virtualmente o esqueleto e decidir em qual posição iria ser montado (Figura 5).

Tradicionalmente o processo de montagem de esqueletos de dinossauros demanda um método que requer tentativas e erros até chegar à estrutura final de suporte que permita a montagem dos ossos. Normalmente, diversas alterações e correções se fazem necessárias ao longo do processo. Com o modelo digital, podemos decidir antecipadamente a posição final do esqueleto inteiro. Além disso, podemos modelar virtualmente toda a estrutura de suporte, a ser feita com tubos de metalon, calculando o tamanho dos segmentos, bem como ângulos de encaixe e de solda, tudo de forma a minimizar a quantidade de ferragens que fiquem visíveis na montagem final (Figura 6). Esse trabalho ainda está em andamento e deve ser concluído em 2025.

Aproveitando a oportunidade da digitalização do esqueleto do *Maxakalisaurus*, planejamos também produzir uma réplica em escala reduzida de seu esqueleto, utilizando o mesmo processo de montagem que foi feito para o *Staurikosaurus*. O modelo já está sendo segmentado em partes para impressão. Em breve iniciaremos as modificações necessárias no modelo virtual para produzir as peças articuladas e encaixes para orientar na montagem final do esqueleto. Esse modelo poderá ser usado em exposições inclusivas, permitindo que pessoas portadoras de deficiências visuais possam enxergar como era o esqueleto do *Maxakalisaurus*.

O sucesso obtido nas duas iniciativas aqui relatadas nos fazem acreditar na continuidade desse tipo de procedimento visando produzir réplicas de outros esqueletos para apoio à pesquisa e exposições, tanto de dinossauros quanto de outros vertebrados fósseis. Esse pode, portanto, se tornar o processo padrão para produção de novas montagens de esqueletos. ●

Figura 5: Processo de digitalização das réplicas de ossos de *Maxakalisaurus*.

Figure 5: Digitalization process of Maxakalisaurus bone replicas.



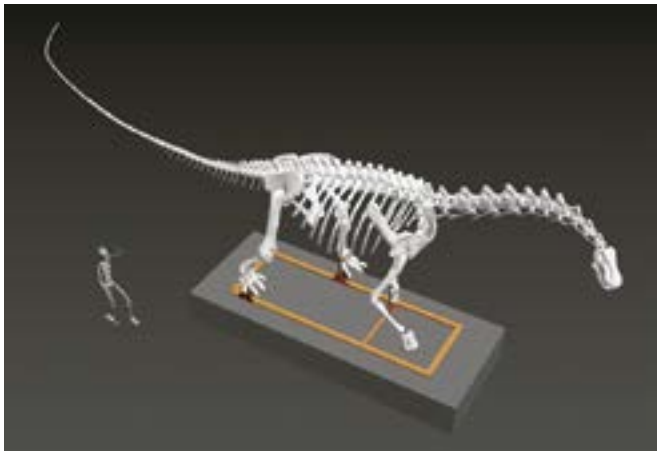
Maxakalisaurus topai

Also in 2024, the National Museum began work to produce a new copy of the skeleton of the dinosaur *Maxakalisaurus topai*, described in 2006 (KELLNER et al., 2006), for the reopening of its exhibitions. To assist in assembling the iron support structures, the LAPID team was asked to design the support hardware. To make this project possible, we decided to 3D scan (Revopoint Range Scanner) all the dinosaur's bones from existing resin replicas that were not affected by the fire. Using these digital models of the individual bones, it was possible to virtually reassemble the skeleton and decide on its final position (Figure 5).

Traditionally, the process of assembling dinosaur skeletons involves a method that relies on trial and error to reach the final support structure that allows the bones to be assembled. Typically, several changes and corrections are necessary throughout the process. However, with the digital model, we can decide in advance the final position of the

Figura 6: Esqueleto digital de *Maxakalisaurus* e estruturas metálicas de suporte a serem produzidas para a montagem final.

*Figure 6: Digital skeleton of *Maxakalisaurus* and supporting metal structures to be produced for final assembly.*



entire skeleton. Additionally, we can virtually model the entire support structure using metal tubes, calculating the size of the segments, as well as the fitting and welding angles, all to minimize the amount of hardware visible in the final assembly (Figure 6). This work is still in progress and is expected to be completed in 2025.

Taking advantage of the digitizing of the *Maxakalisaurus* skeleton, we also plan to produce a reduced-scale replica of its skeleton, using the same assembly process that was used for *Staurikosaurus*. The model is already being segmented into parts for printing. We will soon begin the necessary modifications to the virtual model to create the articulated parts and fittings to guide the final assembly of the skeleton. This model can be used in inclusive exhibitions, allowing people with visual impairments to experience what the *Maxakalisaurus* skeleton looked like.

The success achieved in the two initiatives reported here leads us to believe in the continuity of this type of procedure for producing replicas of other skeletons to support research and exhibitions, both of dinosaurs and other fossil vertebrates. This approach can, therefore, become the standard process for producing new skeletal assemblies. ●

As atividades apresentadas nesse capítulo contaram com o apoio do CNPq através de Processo 407050/2022-1



PROJETO NEFERHOTEP

UMA EXPERIÊNCIA DIGITAL

NEFERHOTEP PROJECT

A DIGITAL EXPERIENCE

Pedro Luiz Von Seehausen
Bernardo Alevato
Violeta Pereyra
Gisela Chapot
Tamires Machado
Marcos Davi Duarte
Sergio Azevedo



CONTEÚDO INTERATIVO
INTERACTIVE CONTENT

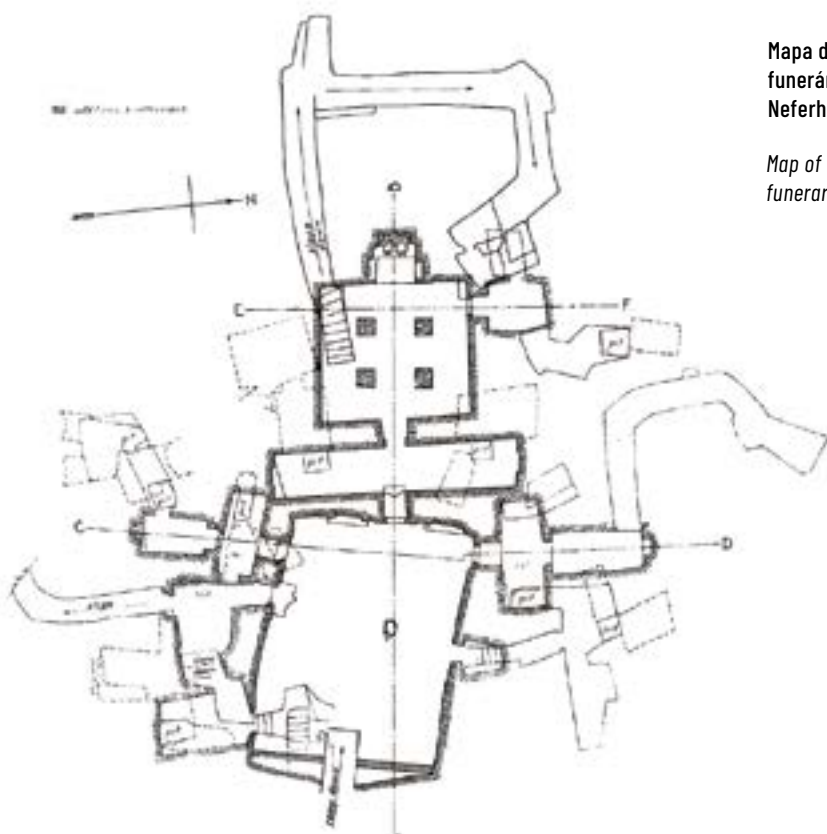
Estátuas de Merytra e
Neferhotep em seu nicho.

*Merytra and Neferhotep
statues in their niche.*

PATRIMÔNIO.HERITAGE 

- Localizada na colina de El-Khokha Necrópole Tebana dos Nobres em Luxor, está o complexo funerário de Neferhotep. Situado em uma localização privilegiada, próximo à rota processional que conduzia ao templo mortuário de Hatshepsut, Deir-el Bahari, na bela festa do vale. Ele é composto por seis tumbas (TT49, TT187, TT362, TT363, Kampp 347 e Kampp 348) associadas à tumba de Neferhotep (TT49). Membro da elite tebana durante a XVIII dinastia, Neferhotep foi um alto sacerdote do templo de Karnak. Sua família havia servido Amon por pelo menos quatro gerações. Seu prestígio era tamanho que ele possuía diversos títulos, como "grande amon", "escriva", "supervisor da Neferut". Provavelmente, ele desempenhou um papel de grande importância no restabelecimento da ortodoxia tebana após o período amarniano.

- Located on the hill of El-Khokha, the Theban Necropolis of the Nobles in Luxor is Neferhotep's funerary complex. It is in a privileged location, close to the processional route that led to the mortuary temple of Hatshepsut, Deir-el Bahari, in the beautiful feast of the valley. It consists of six tombs (TT49, TT187, TT362, TT363, Kampp 347, and Kampp 348) associated with the tomb of Neferhotep (TT49). A member of the Theban elite during the 18th dynasty, Neferhotep was a high priest of the temple of Karnak. His family had served Amun for at least four generations. His prestige was so great that he held various titles such as "great amon," "scribe," and "Neferut's overseer." He probably played a major role in re-establishing Theban orthodoxy after the Amarnian period.

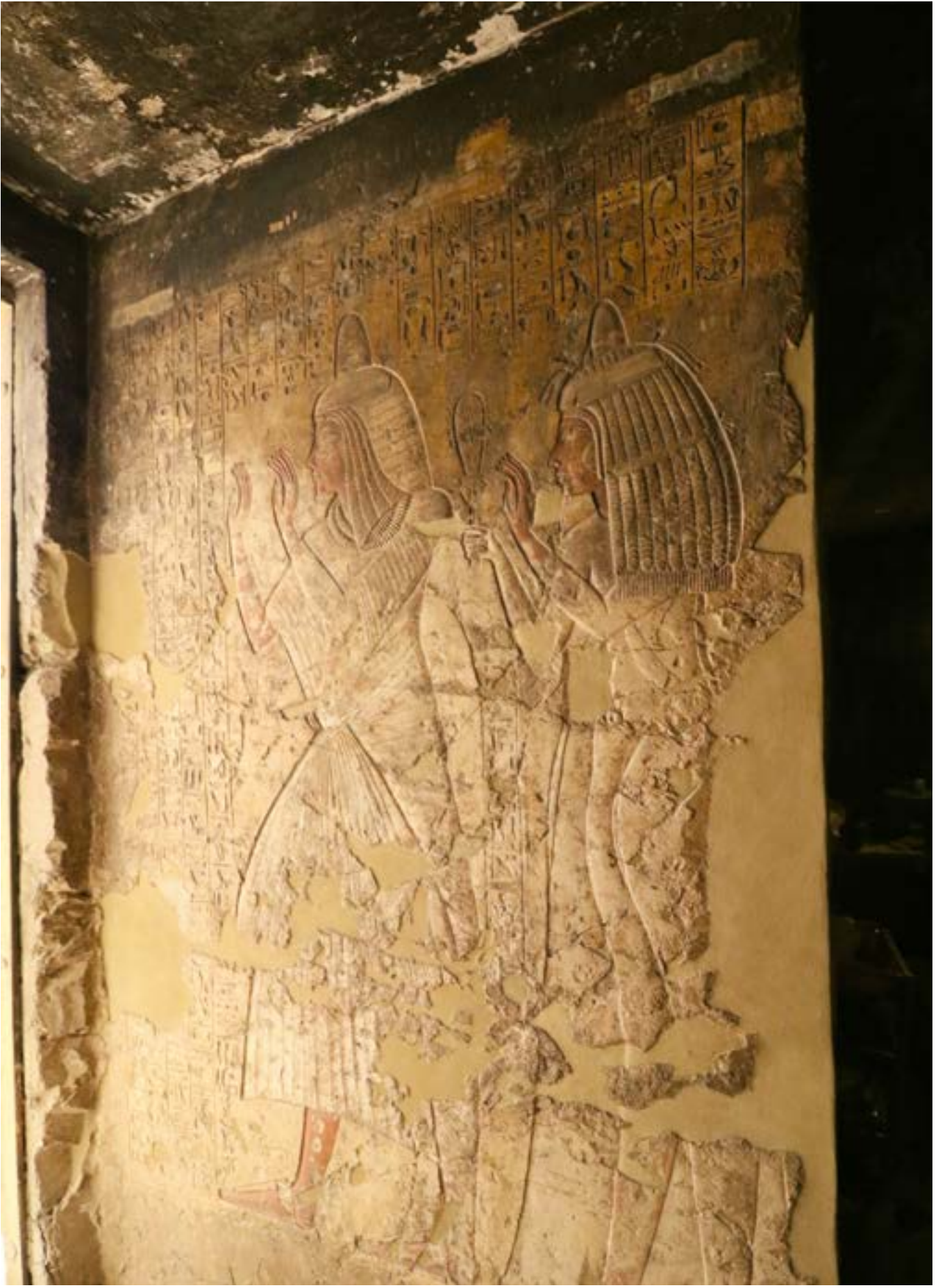


Mapa do complexo funerário de Neferhotep.

Map of Neferhotep's funerary complex.

Neferhotep e Merytra representados na entrada sul da tumba.

Neferhotep and Merytha represented at the south entrance to the tomb.





Neferhotep
representado no
templo de Karnak.

Neferhotep
represented in the
temple of Karnak.



O desenho arquitetônico da tumba é característico do final da XVIII dinastia (tipo VIb da classificação de Kampp 1996). Sua decoração é muito bem executada, o que serve para comprovar o prestígio de seu dono (PEREYRA, 2006). No vestíbulo de sua tumba, é preservado o cartucho do faraó Ay, que permite atribuir a tumba ao seu breve reinado (1327 a.C. - 1323 a.C.).

A tumba de Neferhotep é conhecida desde as primeiras décadas do século XIX, quando um habitante da região escavou um buraco e acabou entrando na tumba, danificando uma das estátuas de nicho. Após esse evento, a entrada da tumba se tornou mais acessível quando Robert Hay identificou sua fachada em 1826 e limpou o pátio, abrindo a porta original (PEREYRA, 2019).

Desde então, a tumba recebeu a visita de viajantes que, como precursores da egiptologia, realizaram as primeiras pesquisas sobre o local. Inúmeros visitantes como Jean-François Champollion, Ippolito Rosellini, James Burton, Nestor l'Hôte, John Gardner Wilkinson e Émile Prisse d'Avennes deixaram suas anotações e desenhos sobre a tumba durante estas primeiras décadas após sua redescoberta. Estas acabaram tornando-se cruciais para os estudiosos, pois ao longo de dois séculos, o monumento sofreu danos irreparáveis (Ibdem).

Já no século XX, o estudo da tumba tornou-se mais científico quando a Egyptian Expedition of the Metropolitan Museum of Arts realizou uma investigação da Necrópole Tebana dos Nobres, dando origem à obra *The Tomb of Neferhotep at Thebes* de Norman Garis Davies (1933).

**Pátio do complexo
funerário de
Neferhotep.**

*Courtyard of
Neferhotep's
funerary complex.*

The architectural design of the tomb is characteristic of the late 18th dynasty (type VIb in Kampp's 1996 classification). Its decoration is very well executed, which serves to prove the prestige of its owner (PEREYRA, 2006). In the vestibule of his tomb, the cartouche of the pharaoh Ay is preserved, which allows the tomb to be attributed to his brief reign (1327 BC - 1323 BC).

Neferhotep's tomb has been known since the early decades of the 19th century, when a local inhabitant dug a hole and ended up entering the tomb, damaging one of the niche statues. After this event, the entrance to the tomb became more accessible when Robert Hay identified its façade in 1826 and cleared the courtyard, opening the original door (PEREYRA, 2019).

*In the 20th century, the study of the tomb became more scientific when the Egyptian Expedition of the Metropolitan Museum of Arts carried out an investigation of the Theban Necropolis of the Nobles, giving rise to the work *The Tomb of Neferhotep at Thebes* by Norman Garis Davies (1933).*

Almost a century later, in 1999, the Egyptian Ministry of Tourism and Antiquities granted the concession to study the funerary complex to Prof. Dr. Violeta Pereyra, who initiated the Neferhotep Project. The project was originally the responsibility of the University of Tucuman but was later transferred to the University of Buenos Aires. During its development, several international teams joined the project, such as restorers from the Colone (Germany) and archaeologists from the University of Chieti and Pescara and the National Museum - UFRJ. Numerous studies were carried out by the many teams involved.

Quase um século depois, no ano de 1999, a concessão de estudo do complexo funerário é concedida pelo Ministério Egípcio de Turismo e Antiguidades à Profa. Dra. Violeta Pereyra, que iniciou o Projeto Neferhotep. Originalmente, o projeto estava sob a guarda da Universidade de Tucuman, posteriormente ele foi transferido para a Universidade de Buenos Aires. Durante o seu desenvolvimento, diversas equipes internacionais passaram a integrar o projeto, como restauradores da Colônia da Alemanha, e arqueólogos da Universidade de Chieti e Pescara e do Museu Nacional – UFRJ. Nesse âmbito, inúmeras pesquisas foram realizadas pelas múltiplas equipes envolvidas.

Em termos de aquisição de arquivos digitais, a equipe do Museu Nacional, que iniciou no projeto em 2014, trabalhou em diversas frentes, como digitalização tridimensional dos materiais arqueológicos da tumba, desenho epigráfico por meio de epigrafia digital das paredes da tumba, digitalização tridimensional das estátuas de nicho da tumba e impressão tridimensional destas.

Os materiais vêm sendo digitalizados tridimensionalmente de diferentes formas. Nas campanhas de 2020 a 2023, foi utilizada metodologia de fotogrametria 3D. Técnica que utiliza fotos de ângulos diferentes do objeto para gerar uma nuvem de pontos, e posteriormente um modelo 3D com textura. Isso foi feito em um estúdio fotográfico, enquanto os materiais arqueológicos eram cuidadosamente girados em seu próprio eixo. A câmera usada foi uma Canon 7D com uma lente 18-135 mm. Os arquivos foram processados no software Metashape Agisoft Photoscan e exportados no formato OBJ.

Já na campanha de 2024, a metodologia foi alterada. Durante essa campanha, os materiais arqueológicos foram escaneados em 3D com um scanner de luz branca (modelo SC Creality) com uma precisão de

1 Ver capítulo de epigrafia digital da tumba de Neferhotep.



Equipe do Projeto Neferhotep na campanha de 2023.

Neferhotep Project team in the 2023 campaign.

In terms of acquiring digital files, the team from the National Museum, which started the project in 2014, worked on several fronts, such as three-dimensional digitization of the tomb's archaeological materials, epigraphic drawing using digital epigraphy of the tomb's walls, three-dimensional digitization of the tomb's niche statues, and three-dimensional printing of these.

The materials have been digitalized three-dimensionally in different ways. In the 2020 to 2023 campaigns, 3D photogrammetry methodology was used. This is a technique that uses photos from different angles of the object to generate a point cloud and then a textured 3D model. This was done in a photographic studio, while the archaeological materials were carefully rotated on their own axis. The camera used was a Canon 7D with an 18-135 mm lens. The files were processed in the Metashape Agisoft Photoscan software and exported in OBJ format.

For the 2024 campaign, the methodology was changed. During this campaign, the archaeological materials were scanned in 3D with a white light scanner (SC Creality model) with an accuracy of 0.5 mm. A turntable was used to rotate the artifact while it was being scanned in 3D. The scanner works by



Processo de aquisição 3D dentro da tumba TT49.

3D acquisition process inside tomb TT49

Fotogrametria 3d de máscara funerária encontrada na câmara do usurpador.

3D photogrammetry of a funerary mask found in the usurper's chamber.



0,5 mm. Uma mesa giratória foi usada para girar o artefato enquanto ele estava sendo escaneado em 3D. O scanner funciona projetando uma luz branca no artefato e, em seguida, movendo-o, o que nos permite montar o modelo 3D usando uma câmera acoplada ao scanner. Primeiro, é gerada uma nuvem de pontos, que é convertida em um modelo 3D texturizado usando o software do próprio scanner, o CR Studio.

projecting a white light onto the artifact and then moving it, which allows us to assemble the 3D model using a camera attached to the scanner. First, a point cloud is generated, which is converted into a textured 3D model using the scanner's own software, CR Studio.

A técnica de fotogrametria também foi usada para a digitalização tridimensional das estátuas de nicho da tumba de Neferhotep (TT49). Posteriormente, foi gerado um modelo 3D em formato OBJ e SLT, que foi impresso em 3D em uma impressora 3D de filamento (K1-Max) utilizando o filamento PLA – branco.

The photogrammetry technique was also used for the three-dimensional digitization of the niche statues in Neferhotep's tomb (TT49). Subsequently, a 3D model was generated in OBJ and SLT format, which was 3D printed on a filament 3D printer (K1-Max) using PLA - white filament.

A fim de documentar os trabalhos desenvolvidos na campanha de 2023, também foi gravada uma série de vídeos em 360º do trabalho desenvolvido na tumba. Para este trabalho, foi utilizada uma GoPro 360 Max com um tripé em diversos lugares da tumba. A fim de complementar este trabalho, também foram feitas uma série de fotos com a mesma câmera dos mesmos lugares da tumba. Posteriormente, este material foi compilado em uma experiência em VR da tumba.

In order to document the work carried out in the 2023 campaign, a series of 360º videos of the work carried out in the tomb was also recorded. For this work, a GoPro 360 Max was used with a tripod in various places in the tomb. To complement this work, a series of photos were also taken with the same camera from the same places in the tomb. This material was then compiled into a VR experience of the tomb.

Neferhotep 360

O filme Neferhotep 360 teve como finalidade a divulgação dos processos de pesquisa da equipe brasileira na TT49 por meio de uma mídia imersiva: uma experiência em vídeo 360 graus. Dessa maneira, busca-se transportar o espectador para dentro da tumba, criando envolvimento tanto com o espaço quanto com o conteúdo apresentado. Fotos e vídeos 360 graus são projeções de uma imagem esférica em uma imagem plana, distribuídas em uma malha equiretangular. Dessa forma, é possível criar a percepção de imersão e deslocamento no espaço, percepção que se ajusta conforme a rotação da cabeça do espectador.

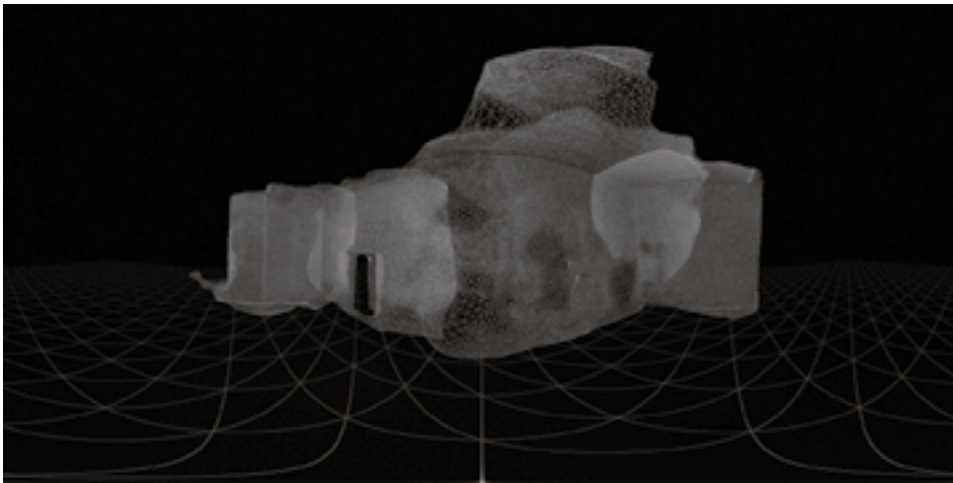
Neferhotep 360

The purpose of the Neferhotep 360 film was to publicize the research processes of the Brazilian team at TT49 through immersive media: a 360-degree video experience. In this way, the aim is to transport the viewer inside the tomb, creating involvement with both the space and the content presented. 360-degree photos and videos are projections of a spherical image onto a flat image, distributed in an equirectangular grid. In this way, it is possible to create the perception of immersion and displacement in space, a perception that adjusts according to the rotation of the viewer's head.

Panorama 360 da capela funerária da tumba de Neferhotep (TT49).

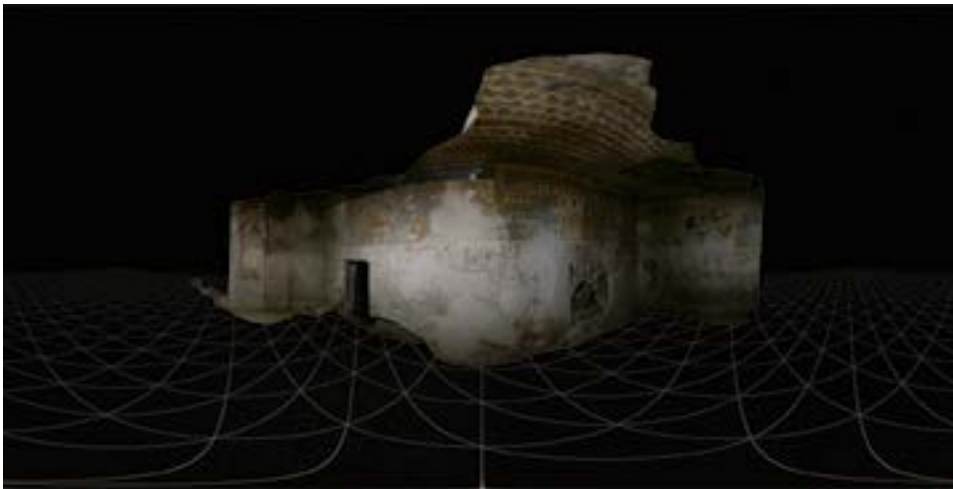
360 panorama of the funerary chapel of Neferhotep's tomb (TT49).





Características de captura esférica planificada em imagem equiretangular.
Relação entre captura e visualização das imagens 360: a posição da cabeça revela a imagem capturada conforme o movimento.

*Characteristics of planar spherical capture in an equirectangular image.
Relationship between capturing and viewing 360 images: the position of the head reveals the image captured as it moves.*



O roteiro do vídeo baseia-se nos aspectos da pesquisa em desenvolvimento, conforme descritos anteriormente, e é guiado pela narração de Sérgio Azevedo. Para reunir esses estudos de maneira visual na narrativa, foram utilizadas técnicas específicas de cada mídia, tendo como base referencial as imagens produzidas na tumba. A criação contou com características interdisciplinares, e o método de desenvolvimento adotado foi iterativo – tanto na elaboração da narrativa, com consultas sistemáticas aos pesquisadores sobre as imagens e adaptações, quanto na testagem do material utilizando os óculos durante o processo de montagem da experiência.

O filme foi montado no Adobe Premiere por Luiz Velho e Bernardo Alevato no Visgraf, no IMPA (Instituto de Matemática Pura e Aplicada). Para editar o filme, novas ferramentas nativas do software para edição de vídeos em 360 graus. Adicionalmente, utilizou-se o plugin Mettler Mantra para manipular a percepção de proximidade dos objetos.

Apesar de a montagem ter sido realizada em um programa de edição convencional, é importante notar que a edição de um filme 360 difere significativamente da edição de um filme tradicional. Conforme Munsterberg (2018) aborda sobre a atenção no cinema, o efeito de “close” é provocado de outras formas, já que não há molduras definidas. Por estar imerso na imagem, o espectador é guiado por pequenos cortes de interesse em determinadas localidades, os quais são definidos pelo jogo de luz, som e movimento, estimulando a rotação da cabeça. Cabe ressaltar que cortes e movimentos de câmera muito velozes podem causar desconforto; por isso, o planejamento buscou simplificar a apreciação das imagens, utilizando predominantemente o foco frontal (BRILLHART, 2016).

Com a intenção de despertar e direcionar a atenção, um dos recursos empregados foi a sinalização gráfica de áreas específicas do vídeo, sincronizadas com a narração. Para isso, foram utilizados os softwares Adobe After Effects e Blender no processo de videografismo; este último foi também o recurso fundamental para o tratamento e criação de material visual a partir de fotogrametrias. Outras ferramentas, como o Adobe Photoshop para o tratamento de fotografias 360 e remoção de sombras, e o Adobe Illustrator para a criação gráfica, foram igualmente importantes. Para comunicar informações sobre georreferenciamento, recorreu-se ao Google Earth Studio.

Durante o ano de 2024 o experimento foi apresentado ao público em diversas ocasiões como na IX Semana de Egíptologia do Museu Nacional (SEMNA), no Projeto Meninas Com Ciência do Museu Nacional e no 3º Festival Nacional da Matemática, ocasião em que cerca de 1000 pessoas assistiram ao vídeo além de se inteirar dos processos de desenvolvimento e estudo envolvidos no projeto. ●

Registro de experimentação no 3º Festival Nacional da Matemática em 2024.

Record of experimentation at the 3rd National Math Festival in 2024.



The video script is based on the aspects of the research being carried out, as described above, and is guided by Sérgio Azevedo's narration. To bring these studies together visually in the narrative, specific techniques from each media were used, based on the images produced in the tomb. The creation had interdisciplinary characteristics, and the development method adopted was iterative—both in the elaboration of the narrative, with systematic consultations with the researchers about the images and adaptations, and in the testing of the material using the glasses during the process of assembling the experience.

The film was edited in Adobe Premiere by Luiz Velho and Bernardo Alevato at Visgraf, at IMPA (Institute of Pure and Applied Mathematics). The film was edited using the software's new native tools for editing 360-degree videos. In addition, the Mettle Mantra plugin was used to manipulate the perceived proximity of objects.

Although the editing was carried out in a conventional editing program, it is important to note that editing a 360 film differs significantly from editing a traditional film. As Munsterberg (2018) discusses about attention in cinema, the "close-up" effect is provoked in other ways, since there are no defined frames. Being immersed in the image, the viewer is guided by small cuts of interest in certain

locations, which are defined by the play of light, sound, and movement, stimulating the rotation of the head. It should be noted that very fast cuts and camera movements can cause discomfort, so the planning sought to simplify the appreciation of the images, using predominantly frontal focus (BRILLHART, 2016).

With the intention of arousing and directing attention, one of the resources used was the graphic signaling of specific areas of the video, synchronized with the narration. To do this, Adobe After Effects and Blender software were used in the videography process; the latter was also the key resource for processing and creating visual material from photogrammetry. Other tools, such as Adobe Photoshop for processing 360 photographs and removing shadows and Adobe Illustrator for creating graphics, were equally important. Google Earth Studio was used to communicate georeferencing information.

During 2024, the experiment was presented to the public on several occasions, such as the National Museum's IX Egyptology Week (SEMNA), the National Museum's Girls with Science Project, and the 3rd National Mathematics Festival, when around 1,000 people watched the video and learned about the development and study processes involved in the project. ●

Apresentação do filme Neferhotep 360 no 3º Festival de Matemática.

Presentation of the film Neferhotep 360 at the 3rd Math Festival.





asanti

EPIGRAFIA DIGITAL DA PROCISSÃO FUNERÁRIA DE NEFERHOTEP (TT49)

DIGITAL EPIGRAPHY OF NEFERHOTEP'S FUNERAL PROCESSION (TT49)

by Tamires Machado



CONTEÚDO INTERATIVO
INTERACTIVE CONTENT

Utilização do nível de laser para tomar as
medidas da cena da procissão funerária,
no vestibulo da tumba de Neferhotep (TT49).

*Using the laser level to take the
measurements of the funerary
procession scene in the vestibule of
Neferhotep's tomb (TT49).*

PATRIMÔNIO.HERITAGE 

- **A** epigrafia digital da cena da Procissão Funerária de Neferhotep foi desenvolvida durante as campanhas de 2020 e 2023 para o Proyecto de Conservación e Investigación de la tumba de Neferhotep (TT49), sítio localizado na Necrópoles tebana dos Nobres, na colina de El-Khokha (Luxor, Egito).

A epigrafia digital é uma maneira de produzir um registro sistemático das imagens e dos textos inscritos nas paredes da tumba, e o objetivo foi produzir um desenho vetorizado atualizado correspondente à imagem original, de acordo com as atuais condições de preservação da cena.

A tumba é datada do curto reinado de Ay (1327-1323 a. C.) e seu estilo arquitetônico é característico do final da XVIII Dinastia. Ela é composta internamente de uma capela e de um vestíbulo, e das suas respectivas passagens de acesso. Neferhotep foi um funcionário do templo de Karnak e cenas relacionadas à sua vida, assim como os rituais funerários decoram a sua tumba. Toda a cena que estamos tratando aqui, com a travessia do Nilo, o desembarque e a chegada em terra até a tumba está localizada na parede leste do vestíbulo, se estendendo do norte ao sul do registro superior desta parede.

Tal como todo o programa decorativo da tumba, se trata de uma cena rica em detalhes e com uma iconografia com intencionalidade significativa. Em destaque, observamos as embarcações atravessando o rio Nilo, são seis ao todo, apresentadas em diferentes dimensões, e cada uma porta diferentes personagens, objetos e representando distintos elementos iconográficos. Elas sugerem a percepção do movimento e representam a travessia do falecido para a margem oeste, local da necrópole, associada ao mundo dos mortos.

Na extremidade esquerda da cena, a primeira embarcação carrega o catafalco de Neferhotep, sendo ele enlutado por algumas mulheres, e dentre elas a sua esposa, Merytra. Esta embarcação é identificada enquanto a barca mítica neshmet, cuja tripulação assimila papéis funcionais divinos. A segunda embarcação, tripulada por nove remadores, arrasta a primeira, e a sua cabine é repleta de carpideiras, tema semelhante da próxima embarcação, que carrega um grupo de homens enlutados. As outras duas embarcações levam o mobiliário funerário, os alimentos necessários às cerimônias funerárias, e membros da comunidade que se direcionam para a tumba, os sacerdotes, familiares e conhecidos do falecido. No registro final da cena vemos o cortejo do falecido e o próprio Neferhotep mumificado, em terra, na margem oeste; todos se portam diante de sua tumba para lhe prestar as últimas homenagens e para a celebração dos ritos funerários.

- *The digital epigraphy of the scene of Neferhotep's Funerary Procession was developed during the 2020 and 2023 campaigns for the Proyecto de Conservación e Investigación de la tumba de Neferhotep (TT49), a site located in the Theban Necropolis of the Nobles, on the hill of El-Khokha (Luxor, Egypt).*

Digital epigraphy is a way of producing a systematic record of the images and texts inscribed on the walls of the tomb, and the aim was to produce an updated vectorized drawing corresponding to the original image, according to the current preservation conditions of the scene.

The tomb dates from the short reign of Ay (1327-1323 BC), and its architectural style is characteristic of the late 18th Dynasty. Internally, it consists of a chapel and a vestibule and their respective access passages. Neferhotep was an employee of the temple of Karnak, and scenes related to his life, as well as funerary rituals, decorate his tomb. The entire scene we are dealing with here - the crossing of the Nile, the disembarkation, and the arrival on land at the tomb - is located on the east wall of the vestibule, extending from the north to the south of the upper register of this wall.



Figura 1: Pesquisadoras em campo analisando a epigrafia de Davies.

Figure 1: Researchers in the field analyzing Davies' epigraphy.

Like the entire decorative program of the tomb, it is a scene rich in detail and with an iconography of significant intent. In the spotlight, we see the boats crossing the Nile - six in all - presented in different dimensions, each carrying different characters and objects and representing different iconographic elements. They suggest the perception of movement and represent the crossing of the deceased to the west bank, the site of the necropolis, associated with the world of the dead.

At the left end of the scene, the first boat carries Neferhotep's catafalque, which is mourned by some women, including his wife, Merytra. We identify this boat as the mythical Neshmet boat, whose crew assimilates divine functional roles. The second boat, manned by nine rowers, drags the first, and its cabin is filled with mourners, a similar theme to the next boat, which carries a group of mourning men. The other two boats carry the funeral furniture, the food needed for the funeral ceremonies, and members of the community heading for the tomb, the priests, relatives, and acquaintances of the deceased. In the final shot of the scene, we see the procession of the deceased and the mummified Neferhotep himself, on land, on the west bank; everyone stands in front of his tomb to pay their last respects and to celebrate the funeral rites.

A metodologia da produção consistiu em diferentes etapas, primeiramente uma primeira versão da epigrafia digital foi desenvolvida utilizando como referência principal a fotogrametria da cena produzida por Víctor Capuchio e pela epigrafia produzida por Davies na década de 30¹ (Figura 1). Os desenhos foram realizados com o tablet Wacom – Intuos Pro (model: PTH660), e através do programa Adobe Photoshop CC (versão 2015.0.0). No programa, optou-se pelo uso de distintas camadas sobrepostas à fotogrametria para a produção da epigrafia digital. Ela foi produzida a partir da visualização da discriminação dos pixels em função da gama cromática apresentada pela fotogrametria. Verificando, desse modo, os pigmentos referentes às linhas dos desenhos e dos hieróglifos da cena da procissão funerária.

A epigrafia foi produzida principalmente com o traçado livre, pelo uso da ferramenta pincel, e nas áreas retas, a partir da ferramenta caneta. Esses traçados e linhas tiveram como orientação a sobreposição das linhas identificadas na imagem. O uso de camadas com alteração na matiz e saturação das cores da fotogrametria também auxiliaram na visualização e identificação dos elementos da cena.

¹Davies, N. de G. 1933. **The Tomb of Nefer-hotep at Thebes**. 2 vols. Metropolitan Museum of Art, New York.

The production methodology consisted of different stages. Firstly, the first version of the digital epigraphy was developed using the photogrammetry of the scene produced by Víctor Capuchio and the epigraphy produced by Davies in the 1930s as the main reference (Figure 1). The drawings were made using a Wacom Intuos Pro tablet (model: PTH660) and the Adobe Photoshop CC program (version 2015.0.0). The program used different layers superimposed on the photogrammetry to produce the digital epigraphy. It was produced by visualizing the discrimination of the pixels according to the chromatic range presented by the photogrammetry. This method allowed us to verify the pigments that corresponded to the lines in the drawings and the hieroglyphics of the funeral procession scene.



Figura 2: Epigrafia digital da cena da procissão funerária da tumba de Neferhotep (TT49), controle dos hieróglifos.

Figure 2: Digital epigraphy of the funerary procession scene from Neferhotep's tomb (TT49), hieroglyph control.



Figura 3: Utilização do nível de laser e de escala manual para tomar as medidas da cena da procissão funerária, no vestibulo da Tumba de Neferhotep (TT49).

Figure 3: Using the laser level and a manual scale to take the measurements of the funerary procession scene in the vestibule of Neferhotep's tomb (TT49).



Figura 4: Registro epigráfico digital do coro dos homens da procissão funerária de Neferhotep.

Figure 4: Digital epigraphic record of the men's choir from Neferhotep's funeral procession.

O trabalho de campo consistiu no controle do desenho epigráfico digital *in situ*, através da aplicação de distintas metodologias. Foi necessário fazer a correção das distorções verificadas no desenho produzido a partir da fotogrametria, assim como a correção e adição de detalhes observados *in situ* (Figura 2). O primeiro passo consistiu na medição da cena e de elementos distintos da cena através da escala manual, trena, nível digital L3D-12 Arita, e a trena digital modelo GLM 120 C Bosch. Essas ferramentas foram utilizadas sem o contato direto com a parede, evitando, desse modo, qualquer dano às pinturas murais altamente frágeis (Figura 3).

A partir das medições *in situ* foi possível compreender as proporções das medidas lineares do desenho e estabelecer uma escala aplicável ao trabalho epigráfico. Essa escala possibilitou fazer as correções necessárias do desenho através do programa Adobe Photoshop, elas foram feitas com a caneta e o tablet Wacom, a partir do traçado livre. O controle da iconografia e dos hieróglifos foi feito em partes, a partir da observação direta da seção escolhida da cena, como, por exemplo, a imagem da embarcação do coro dos homens (Figura 4).

Figura 5: Registro fotográfico com exposição de luz UV.

Figure 5: Photographic record with UV light exposure.

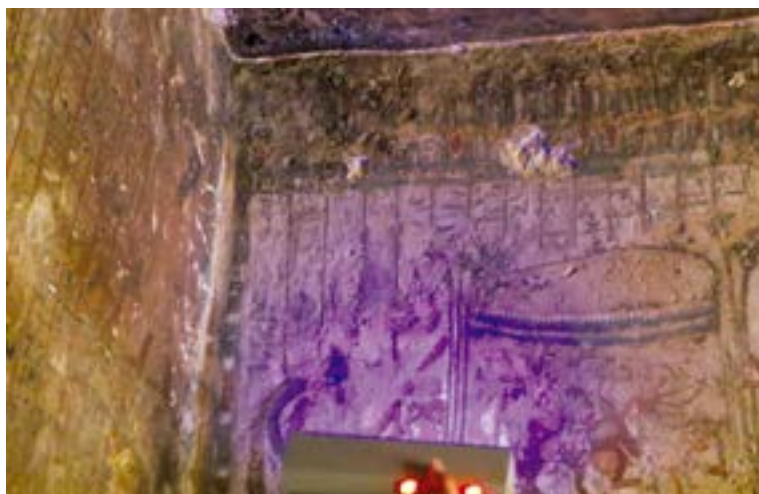
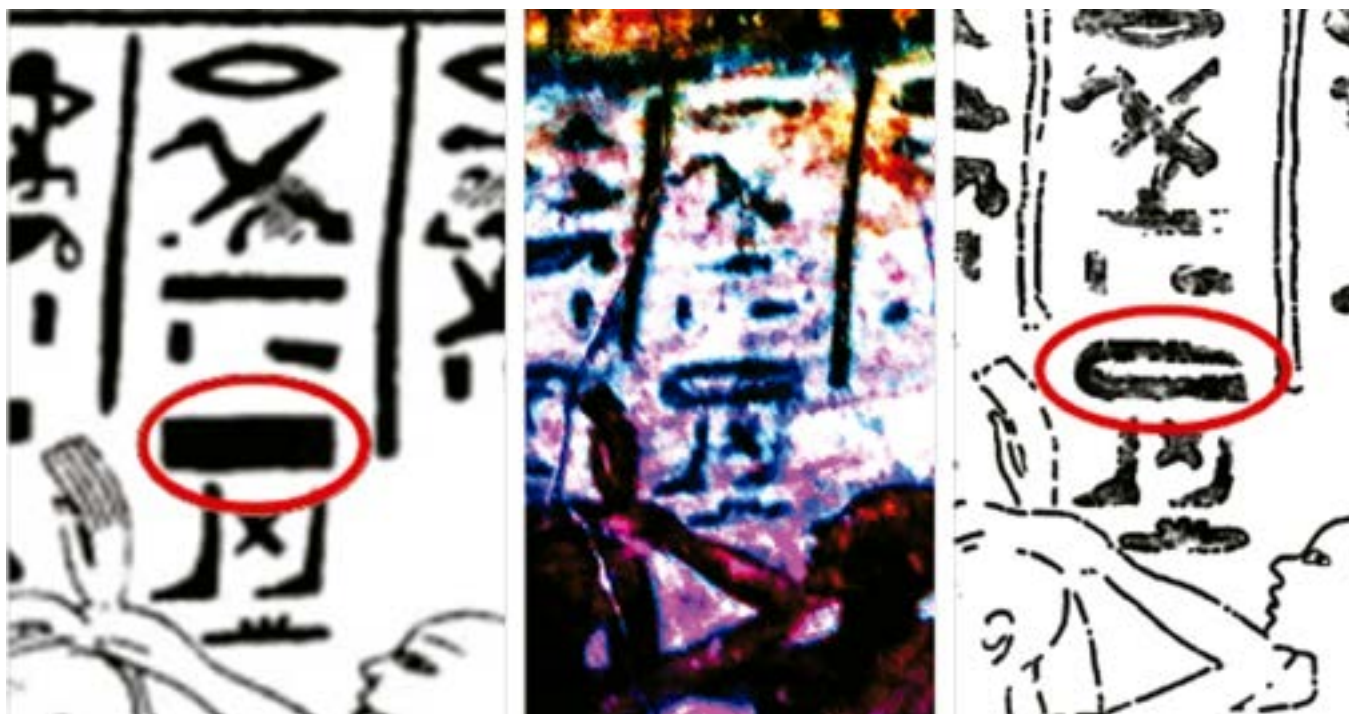


Figura 6: Identificação e comparação dos hieróglifos. Da esquerda para direita, identificação de hieróglifo na epigrafia de Davies, registro fotográfico com exposição de luz UV, e identificação de hieróglifo na epigrafia digital.

Figure 6: Identification and comparison of hieroglyphs. From left to right, identification of hieroglyphs in Davies' epigraphy, photographic record with UV light exposure, and identification of hieroglyphs in digital epigraphy.



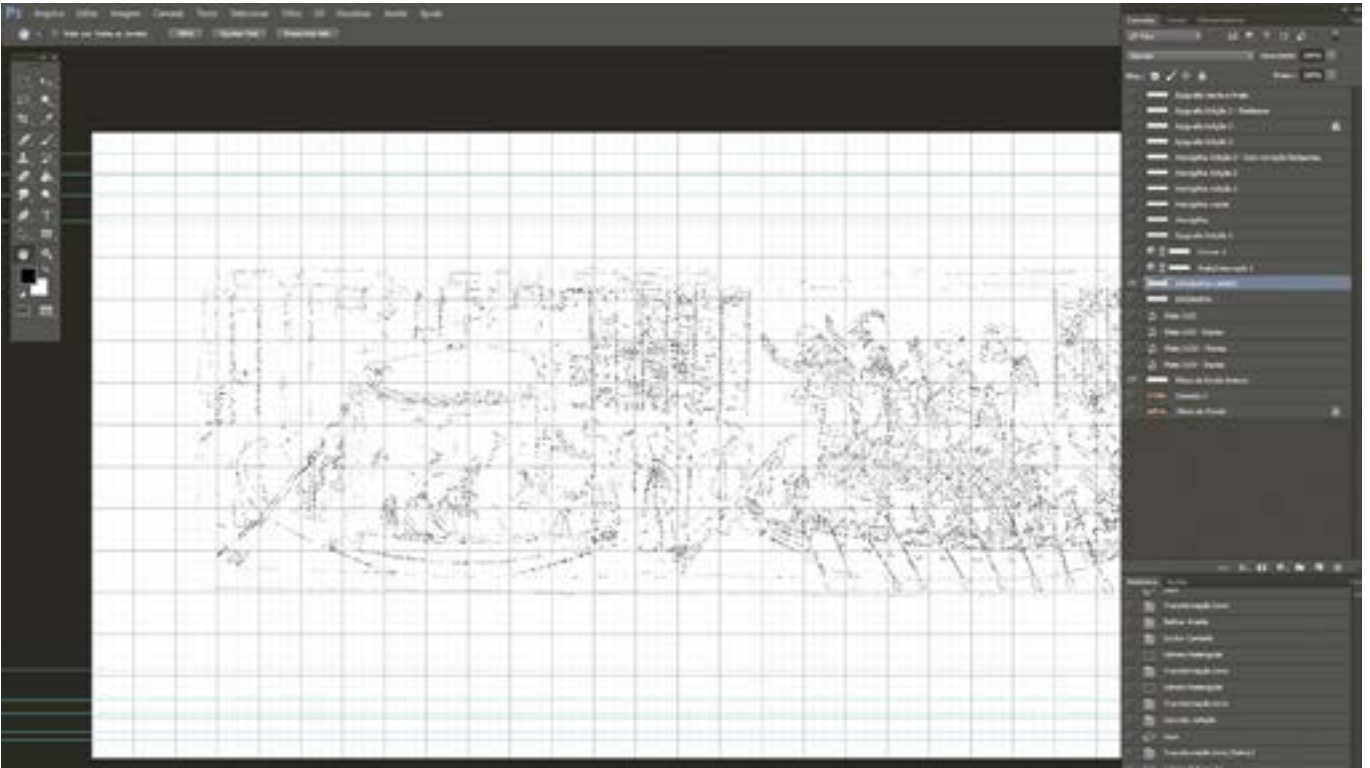


Figura 7: Ajustes na escala da epigrafia digital após o campo, através do Adobe Photoshop.

The epigraphy was mainly produced using freehand strokes, using the brush tool, and in straight areas, using the pen tool. These strokes and lines were guided by the overlapping of the lines identified in the image. The use of layers with alterations to the hue and saturation of the photogrammetry colors also helped to visualize and identify the elements of the scene.

The fieldwork consisted of checking the digital epigraphic drawing in situ, using different methodologies. The drawing made from photogrammetry needed to be fixed because it had mistakes. It also needed some details added that were noticed on site (Figure 2). The first step consisted of measuring the scene and different elements of the scene using a manual scale, tape measure, L3D-12 Arita digital level, and the GLM 120 C Bosch digital tape measure. We used these tools without direct contact with the wall, preventing any damage to the highly fragile mural paintings (Figures 3).

From the on-site measurements, it was possible to understand the proportions of the linear measurements of the drawing and establish a scale applicable to the epigraphic work. This scale made it possible to make the necessary corrections to the drawing using the Adobe Photoshop program, which were done with the Wacom pen and tablet, starting from the freehand tracing. The iconography and hieroglyphs were checked in parts, based on direct observation of the chosen section of the scene, such as the image of the men's choir boat (Figure 4).

Diversas áreas da cena, e muitas das inscrições apresentam desgastes, o que dificulta a interpretação dos elementos e dos hieróglifos, muitas vezes impossibilitando a sua representação na epigrafia. Devido ao desgaste de muitos sinais, a distinção entre os pigmentos e sinais de desgastes exige um trabalho minucioso na verificação e reprodução mais fidedigna das inscrições. A partir da observação in situ, e da observação das fotos tiradas com a exposição da luz UV (Figura 5), foi possível comparar e verificar alguns hieróglifos que levantaram dúvidas acerca de sua identificação (Figura 6).

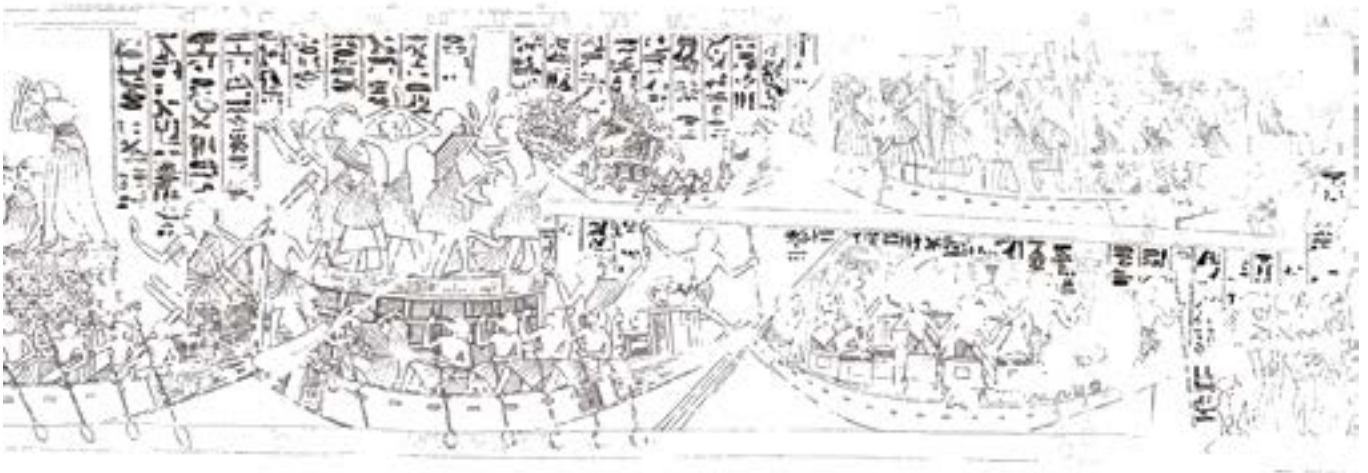
As atividades pós-campo consistiram na alteração das distorções de acordo com as proporções verificadas in situ. Através das medições, foi possível perceber alguns padrões de alturas e larguras das imagens, e desse modo verificar as escalas relativas do desenho. As alterações das distorções foram feitas a partir da photoshop transformation tool, e do enquadramento da epigrafia de acordo com as medidas relativas entre altura e largura (Figura 7).

A partir destas distintas metodologias, como resultado, foi possível produzir a epigrafia digital da cena da procissão funerária, através da tradução da imagem da parede para uma imagem vetorizada. As correções das distorções procuraram respeitar a perspectiva da cena captada pela observação direta. As correções dos elementos diversos da cena, e dos desenhos e formas dos hieróglifos também procuraram seguir os padrões das imagens observados em campo, através dos diferentes recursos empregados, resultando em um trabalho epigráfico produzido com diferentes recursos de controle e percepção da imagem (Figuras 8, 9 e 10). ●

Several areas of the scene and many of the inscriptions have worn away, making it difficult to interpret the elements and hieroglyphs, often making it impossible to represent them in epigraphy. Due to the wear and tear of many signs, distinguishing between pigments and signs of wear and tear requires painstaking work to verify and reproduce the inscriptions more reliably. By observing them in situ and looking at the photos taken with UV light (Figure 5), it was possible to compare and verify some hieroglyphs that raised doubts about their identification (Figure 6).

The post-field activities consisted of altering the distortions according to the proportions verified in situ. Through measurements, it was possible to see some patterns in the heights and widths of the images and thus check the relative scales of the drawing. The distortions were altered using the Photoshop transformation tool and by framing the epigraphy according to the relative measurements between height and width (Figure 7).

As a result of these different methodologies, it was possible to produce a digital epigraph of the funeral procession scene by translating the image on the wall into a vectorized image. The distortion corrections sought to respect the perspective of the scene captured by direct observation. The corrections to the various elements of the scene and the designs and shapes of the hieroglyphs also sought to follow the patterns of the images observed in the field through the different resources used, resulting in an epigraphic work produced with different image control and perception resources (Figures 8, 9 and 10). ●



Resultado da epigrafia digital da procissão funerária, registro esquerdo (figura 8, no alto), registro mediano (figura 9, no meio) e registro direito (figura 10, embaixo).

Result of the digital epigraphy of the funerary procession, left register (figure 8, top), middle register (figure 9, center) and right register (figure 10, bottom).



V·HORUS

VIRTUAL EGYPTOLOGY



V-HORUS

UMA EXPERIÊNCIA EM REALIDADE VIRTUAL

V-HORUS

A VIRTUAL REALITY EXPERIENCE

by

Antonio Brancaglioni Jr. "IN MEMORIAM"

Luiz Velho

Jorge Lopes

Bernardo Alevato

Andréa Lennhoff

Pedro Von Seehausen

Sergio Azevedo



CONTEÚDO INTERATIVO
INTERACTIVE CONTENT

Frames da sequência representativa da
experiência apresentada em RV.

*Frames from the sequence representing
the experience presented in VR.*

PATRIMÔNIO.HERITAGE 

- Em setembro de 2018 um grande incêndio atingiu o prédio principal do Museu Nacional na cidade do Rio de Janeiro, Brasil. A tragédia causou forte impacto nos acervos científicos da instituição, incluindo a coleção egípcia, a mais numerosa e importante em terras sul-americanas.

Durante os tempos que se seguiram à tragédia, a equipe de resgate de acervos do Museu Nacional, composta por funcionários e alunos da instituição, empenhou grandes esforços no resgate dos exemplares impactados e sua posterior recuperação para a reincorporação às coleções e exposições do Museu. Nesse momento se tornou de vital importância o trabalho prévio do Laboratório de Processamento de Imagem Digital (LAPID) do Museu Nacional, que nos anos anteriores vinha desenvolvendo extenso trabalho de digitalização tridimensional de exemplares de diversas coleções científicas da Casa. Os arquivos digitais serviram como ferramentas de orientação no processo de resgate e, seguramente, serão de grande relevância nos trabalhos e recuperação dos acervos.

Entre os exemplares perdidos no incêndio estavam algumas múmias egípcias de grande importância histórica e arqueológica, material esse previamente digitalizado como parte das pesquisas do Dr. Antonio Brancaglioni Jr., egiptólogo do Museu.

Nesse momento, fruto da parceria de longa data do LAPID com a PUC-Rio e o Instituto Nacional de Tecnologia (INT), e agora contando com a colaboração do Laboratório Visgraf do IMPA/MCTI, surge a ideia de resgatar peças perdidas através de ferramentas de realidade virtual.

Para isso, o exemplar selecionado foi a múmia feminina (MN Inv. 65.575 - CR158) do período romano do Egito (cerca de 30 a.C.) (VANDENBEUSCH, 2019), assim, as tomografias e fotografias desse material foram então repassadas para os colaboradores responsáveis pela execução do projeto, ficando a coordenação científica sob responsabilidade do Dr. Brancaglioni Jr.

- *In September 2018, a massive fire ravaged the main building of the National Museum in the city of Rio de Janeiro, Brazil. The tragedy had a significant impact on the institution's scientific collections, including the Egyptian collection, the largest and most important in South America.*

In the period following the tragedy, the National Museum's Collections Rescue Team, made up of staff and students from the institution, made great efforts to rescue the damaged specimens and recover them for reintegration into the museum's collections and exhibitions. At this point, the previous work of the National Museum's Digital Imaging Laboratory (LAPID), which in previous years had developed extensive three-dimensional digitization work on specimens from several of the Museum's scientific collections, became crucial. The digital archives served as a guide in the rescue process and will certainly be of great importance in the work and recovery of the collections.



Dr. Antonio Brancaglion Jr. orienta equipe durante desenvolvimento do Projeto V-Horus”.

Dr Antonio Brancaglion Jr leading the team during the development of the V-Horus project.

Among the specimens lost in the fire were some Egyptian mummies of great historical and archaeological importance, material that had previously been digitized as part of the research of Dr. Antonio Brancaglion Jr., an Egyptologist at the museum.

At that time, as a result of LAPID’s long-standing partnership with PUC-Rio and the “Instituto Nacional de Tecnologia (INT)”, and now with the collaboration of the Visgraf Laboratory of IMPA/MCTI, the idea of reconstructing lost pieces using virtual reality tools was born.

For this purpose, the female mummy (MN Inv. 65.575 - CR158) from the Roman period in Egypt (around 30 BC) was chosen (VANDENBEUSCH, 2019). The tomography and photographs of this material were then passed on to the staff responsible for carrying out the project, with the scientific coordination being the responsibility of Dr Brancaglion Jr.



Todas as informações disponíveis foram utilizadas para reconstruir um arquivo tridimensional que pudesse reproduzir o corpo humano mumificado, uma vez que o original havia sido perdido. A principal base para a reconstrução foram os arquivos tridimensionais provenientes de tomografias computadorizadas realizadas em pesquisas anteriores. Além disso, foram utilizadas fotografias, descrições e orientações do curador da coleção egípcia do Museu Nacional, Antonio Brancaglioni Jr., e da bioarqueóloga da FIOCRUZ, Dra. Sheila Mendonça.

O modelo 3D gerado a partir da tomografia computadorizada realizada antes do incêndio, que era denso em polígonos, foi aperfeiçoado com o objetivo de adicionar características observadas nas fotos de referência e eliminar marcas do processo de captura. Em seguida, o modelo passou por um processo de otimização por meio de retopologia utilizando remesh, e os detalhes da superfície foram transferidos para um mapa de textura normal, que simula o relevo da superfície em reação à iluminação.

**Retoques efetuados no modelo.
A reconstrução utilizou o scan
e as fotos como referência.**

*Retouching of the model.
The reconstruction used the
scan and photos as a reference.*

Como a percepção de realismo era uma característica desejável, foram investigadas soluções para aproximar as fotos de referência do modelo. Dessa forma, no processo de texturização, foram inseridas fotos de registro e referência sobre o modelo. Muitas estampas e detalhes foram planejados, recortados e retocados para aplicação, enquanto partes ausentes foram preenchidas manualmente por meio de um sistema de camadas e carimbo. O modelo foi, então, exportado consolidado para o Blender, onde foram ajustados parâmetros do material, utilizando, em geral, a montagem de texturas no sistema.

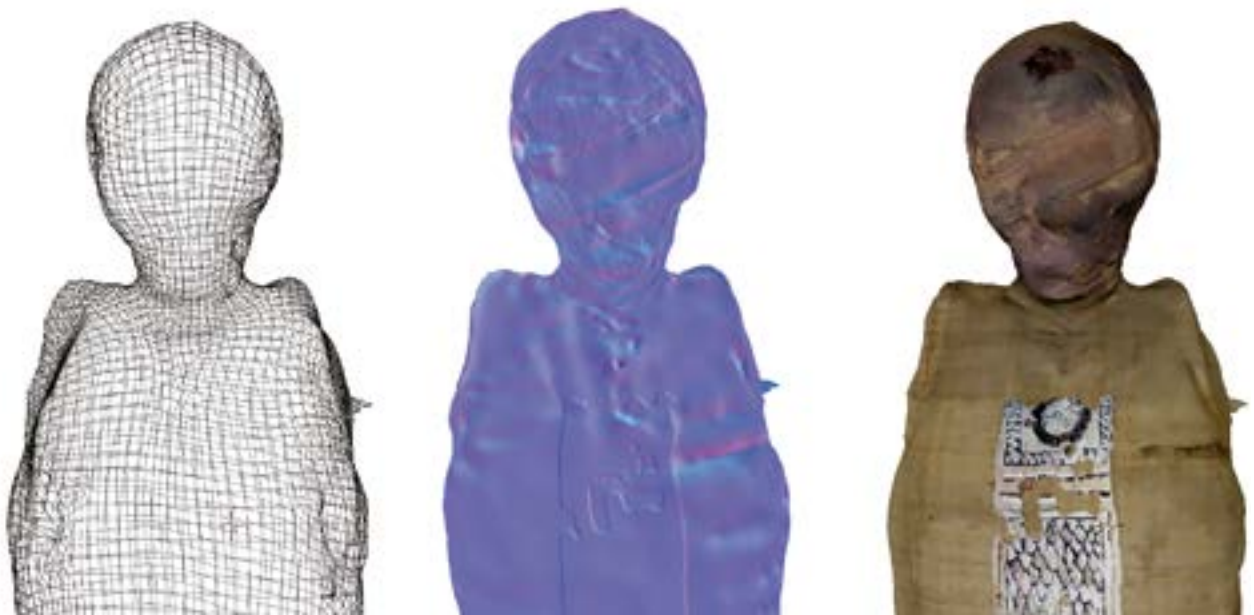
All available information was used to reconstruct a three-dimensional file that could reproduce the mummified human body, since the original had been lost. The main basis for the reconstruction were the three-dimensional files of computerized tomography scans from previous research. Photographs, descriptions and advice from the curator of the National Museum's Egyptian Collection, Antonio Brancaglioni Jr. and FIOCRUZ PhD bioarchaeologist Sheila Mendonça were also used.

The 3D model generated from the pre-fire CT scan, which was dense in polygons, was enhanced to add features observed in the reference photographs and to remove marks from the acquisition process. The model was then retopology-optimized using remesh, and the surface details were transferred to a normal texture map that simulates the relief of the surface in response to lighting.

Since the perception of realism was a desirable characteristic, solutions were investigated to approximate the reference photos to the model. Therefore, registration and reference photos of the model were included in the texturing process. Many prints and details were flattened, cut out and retouched for application, while missing parts were filled in manually using a system of layers and stamps. The model was then consolidated and exported to Blender, where material parameters were adjusted, usually using the system's texture assembly.

Imagem demonstrando os efeitos do mapa de normais sobre o relevo do modelo com a geometria já simplificada.

Image showing the effect of the normal map on the relief of the model, with the geometry already simplified.



Para a criação da máscara que cobria o rosto do corpo mumificado – que havia sido perdida – foram analisadas imagens de uma múmia do British Museum, a qual apresenta características semelhantes em relação ao período, materiais e método de mumificação.

Em paralelo aos processos de modelagem, foi produzido o roteiro por Andrea Lennhof e Luiz Velho, inspirado nos detalhes descritos pelos especialistas. A descrição elaborada por Antonio Brancaglioni Jr. guiou a narrativa. Para realçar os pontos citados, foi concebida uma iluminação direcional que acompanha o texto. A narração foi mixada sugerindo uma possibilidade musical de época.

A experiência foi implementada em plataforma direcionada ao desenvolvimento de games (Unity 3D, utilizando OpenVR) e os óculos de realidade virtual em PC VR (ou seja, o programa opera no computador e na placa gráfica, sendo visualizado por meio dos óculos conectados). O Unity possibilitou a integração e sincronização das mídias – luz, modelo tridimensional, narração e música – através de uma linha do tempo. A disposição e a narrativa escolhidas privilegiam a visualização do modelo. Além disso, durante a montagem, foi experimentado um sistema físico-virtual, com uma mesa que registrava a escala e a posição da base da múmia tridimensional.

Funcionário do Museu Nacional/UFRJ observa a múmia em realidade virtual.

A National Museum/UFRJ staff member observes the mummy in virtual reality.



Experiência V-Horus observada pela designer Evelyn Grumach na Semana de Design, PUC-Rio.

Imagem final do processo de modelagem.

V-Horus experience observed by designer Evelyn Grumach at Design Week, PUC-Rio.

Final image of the modelling process.

In order to create the mask that covered the face of the mummified body - which had been lost - images of a mummy from the British Museum, which has similar characteristics in terms of period, materials and method of mummification, were analyzed.

Parallel to the modelling process, the script was written by Andrea Lennhof and Luiz Velho, inspired by the details described by the experts. The description prepared by Antonio Brancaglioni Jr. guided the narrative. To emphasize the points mentioned, directional lighting was designed to accompany the text. The narration was mixed, suggesting the possibility of a musical period piece.

The experience was implemented on a platform dedicated to game development (Unity 3D, using OpenVR) and virtual reality glasses on PC VR. (i.e. the software runs on the computer and graphics card, and is viewed through the connected glasses). The use of the platform enabled the integration and synchronization of media – light, three-dimensional model, narration and music – through a timeline. The arrangement and the narration were chosen to favor the visualization of the model. In addition, a physical-virtual system was tested during assembly, using a table to record the scale and position of the base of the three-dimensional mummy.



Em parceria com Andrea Malanski, Luiz Velho e Alice Velho, foi criado o material de divulgação, incluindo uma marca que pudesse ser utilizada dentro da experiência, servindo como sinalização de início e fim. O pictograma é um desenho simplificado do Olho de Hórus – um hieróglifo que representa visão, proteção após a morte e que traz características matemáticas. A letra “V” foi adicionada ao nome Hórus, indicando o conceito de visualização, assim como o subtítulo “Virtual Egyptology”, para explicar o conceito apresentado. O tratamento gráfico de ambos pretende representar o ambiente digital, tanto pelas formas arredondadas quanto pela continuidade dos traços. A marca integrou o material de divulgação do projeto, juntamente com a malha geométrica originada da tomografia.

Após longos testes e adaptações, os arquivos digitais foram concluídos e a experiência, agora denominada “V-Horus: Virtual Egyptology”, passou a ser implementada. Para isso, foi criado um ambiente de visualização em óculos de realidade virtual. Na ocasião, o modelo utilizado foi o equipamento HTC Vive.

Experiência V-Horus apresentada no II Seminário de Tecnologias Tridimensionais, Laboratório ALTA, 2019.

V-Horus experience presented at the “II Seminar on Three-Dimensional Technologies”, ALTA Laboratory, 2019.



Em setembro de 2019 foi escolhida, para primeira apresentação ao público, a “VII Semana de Egiptologia do Museu Nacional”, na expectativa do forte apelo que a experiência poderia causar, tanto em função do público, intimamente ligado aos temas da egiptologia, como à comunidade do museu, fortemente impactada pelas perdas recentes ocasionadas pelo incêndio do Museu. Para tanto foi utilizada uma sala paralela ao evento, no prédio da Biblioteca Central do Museu Nacional, onde as equipes do LAPID/Museu Nacional/UFRJ, Biodesign/PUCRio e Visgraf/IMPA/MCTI disponibilizaram o ambiente VR para visualização do público. De modo a orientar o visitante durante a experiência VR foi providenciada uma mesa vazia, com cúpula de vidro, onde o equipamento visual posicionava a imagem virtual da múmia.

Como esperado o impacto foi imenso, não apenas do ponto de vista científico, já que a visualização de peça perdida, resgatada em realidade virtual, possibilita o conhecimento da mesma, mas, principalmente emocional, uma vez que a comunidade do Museu Nacional pode assim rever o exemplar, muitas vezes antes observado na exposição do Museu e perdido no incêndio de 2018.

Posteriormente, ainda em 2019, a experiência foi disponibilizada em outros locais ou vinculada a outros eventos tais como o II Seminário de Tecnologias Tridimensionais Aplicadas à Pesquisa Científica, Semana de Design da PUC-Rio e em edições do Projeto Meninas Com Ciência – Museu Nacional/UFRJ, sempre tendo sido recebido pelo público com grande entusiasmo.

Além da grande receptividade alcançada pelo Projeto V-Horus em todas as suas aplicações públicas, a experiência acabou se tornando ponto de partida para consolidação de um grupo de trabalho composto por pesquisadores do Museu Nacional/UFRJ, PUC-Rio e IMPA/MCTI e para diversas outras experiências em realidade virtual disponibilizadas em plataformas e mídias diversas. ●

In collaboration with Andrea Malanski, Luiz Velho and Alice Velho, the promotional material was created, including a pictogram that could be used within the experience, acting as a signpost for the beginning and end. The pictogram is a simplified drawing of the Eye of Horus - a hieroglyph that represents vision, protection after death and has mathematical properties. The letter "V" has been added to the name Horus to indicate the concept of visualization, as well as the subtitle "Virtual Egyptology" to explain the concept presented. The graphic treatment of both aims to represent the digital environment, both through the rounded shapes and the continuity of the lines. The brand was integrated into the project's promotional material, along with the geometric mesh derived from the tomography.

After extensive testing and adjustments, the digital files were finalized and the experience, now called "V-Horus: Virtual Egyptology", began to be implemented. A viewing environment was created using virtual reality glasses. The model used at the time was the HTC Vive device.

In September 2019, the "7th Egyptology Week at the National Museum" was chosen for its first public presentation, in anticipation of the strong appeal that this experience could generate, both in terms of the public, closely linked to the theme of Egyptology, and in terms of the museum community, strongly affected by the recent losses caused by the fire at the museum. For this purpose, a room was used parallel to the event, in the building of the Central Library of the National Museum, where the teams from LAPID/Museu Nacional/UFRJ, Biodesign/PUC-Rio and Visgraf/IMPACT/MCTI made the VR environment available to the public. To guide the visitor during the VR experience, an empty table with a glass dome was provided, where visual equipment positioned the virtual image of the mummy.

As expected, the impact was immense, not only from a scientific point of view, as viewing a lost piece rescued in virtual reality allows us to learn more about it, but above all from an emotional point of view, as the National Museum community can now see again the specimen that was often seen in the museum's exhibition and lost in the 2018 fire.

Later, in 2019, the experience was made available in other places or linked to other events, such as the "II Seminar on Three-Dimensional Technologies Applied to Scientific Research", "PUC-Rio Design Week", and in editions of the "Meninas Com Ciência" Project - Museu Nacional/UFRJ, and was always received with great enthusiasm by the public.

In addition to the great reception that the V-Horus project received in all its public applications, the experience ended up becoming a starting point for the consolidation of a working group composed of researchers from Museu Nacional/UFRJ, PUC-Rio and IMPACT/MCTI, as well as for several other virtual reality experiences made available on different platforms and media. ●



Experiência V-Horus apresentada paralelamente ao Projeto Meninas Com Ciência, Museu Nacional, 2019.

V-Horus experience presented in parallel with the "Meninas Com Ciência" Project, Museu Nacional, 2019.



THILLAI NATARAJA

O TEMPLO DO DEUS SHIVA DANÇANTE

THILLAI NATARAJA

THE TEMPLE OF THE DANCING GOD SHIVA

by Thaisa Martins



CONTEÚDO INTERATIVO
INTERACTIVE CONTENT

**Nataraja o templo do
deus Shiva dançante**

*Thillai Nataraja, the temple
of the dancing god Shiva*

PATRIMÔNIO.HERITAGE 



Complexo templário Thillai Nataraja

Thillai Nataraja temple complex

- **A**s atividades aqui relatadas fazem parte da pesquisa de doutorado da autora no Programa de Pós-Graduação em Arqueologia do Museu Nacional/UFRJ e contaram com o apoio do Laboratório de Processamento de Imagem Digital (LAPID), também sediado no Museu Nacional, bem como investimento de bolsa CAPES.

Thillai Nataraja está localizado na cidade de Chidambaram, que faz parte do distrito de Cuddalore no estado de Tamil Nadu na região sul do subcontinente Indiano. A cidade fica a 245 km de Chennai (capital do estado). O templo faz parte da história da região sul indiana, ele é testemunha material das disputas religiosas, disputas de poder e de discursos políticos. Evidências literárias, tanto de origem sânscrita, com

o Chidambara Māhātmya, quanto tamil, com o Kovil Purāṇam, apontam que santidade do santuário remete à época de Patañjali, o autor do Yoga Sūtra do século II AEC. O trabalho poético tamil Tirumandiram, do século II EC, localiza a antiguidade do santuário no século V AEC. Mas ao analisarmos as estruturas que se encontram presentes atualmente no complexo templário, nenhuma delas pode ser datada antes do período tardio dos Cholas (1070-1279 EC).

- *The activities reported here are part of the author's doctoral research in the Post graduate program in Archaeology at the National Museum/UFRJ and were supported by the Digital Image Processing Laboratory (LAPID), also based at the National Museum, as well as funding from a CAPES scholarship.*

Thillai Nataraja is located in the city of Chidambaram, which is part of Cuddalore district in the state of Tamil Nadu in the southern region of Indian subcontinent. The city is 245 km from Chennai (the state capital). The temple is part of the history of southern India; it is a material witness to religious disputes, power struggles, and political discourses. Literary evidence, both Sanskrit, with the Chidambara Māhātmya, and Tamil, with the Kovil Purāṇam, indicate that the sanctity of the shrine dates back to the time of Patañjali, the author of the Yoga Sūtra from the 2nd century BCE. The Tamil poetic work Tirumandiram, from the 2nd century CE, places the shrine's antiquity in the 5th century BCE. However, when analyzing the structures currently present in the temple complex, none can be dated before the late Chola period (1070-1279 CE).

Currently, the temple complex occupies an area of 50 acres (approximately 202,343 m²), with its entire extension enclosed and featuring four large pyramidal gates (gopura), each built facing a cardinal point, separating religious spaces from everyday life. The monumentality and colors of a gopura stand out among the houses and buildings of Tamil Nadu. The low buildings and wide streets create a landscape that integrates the vibrant colors of the gates (gopuras).

As one of the main elements of South Indian temples, the gopuras are characterized as Dravidian architectural style. They are gateways that can reach monumental proportions. They are usually built with a stone base and brick structures supported by pillars. Typically, their shape is pyramidal, and at the top, they feature a dome. The external walls are covered with sculptures that may or may not be painted.

In this research, we focus on the representations of the 108 dance movements (Karaṇas) of Shiva's Tandava dance that are found on the inner walls of the gateways (gopuras). These movements are described in the Nāṭyaśāstra, recognized as the codex of Indian performing arts, dated between the 2nd century BCE and the 2nd century CE.

Atualmente, o complexo templário ocupa um espaço de 50 acres (aprox. 202.343 m²), sendo toda sua extensão cercada e havendo quatro grande portões em formato piramidal (gopura), cada um construído voltado em um ponto cardeal, separando os espaços religiosos do cotidianos. A monumentalidade e as cores de um gopura são algo que se destacam entre as casas e prédios do estado de Tamil Nadu. Os prédios baixos e as vias largas constroem a paisagem que integra o colorido dos portões (gopuras).

Sendo um dos principais elementos dos templos do sul indiano, os gopuras são caracterizados como estilo arquitetônico Dravidiano. Trata-se de um portal e seu tamanho pode chegar a proporções monumentais. Eles costumam ser construídos com uma base de pedra e estruturas de tijolo com pilastra dando sustentação. Usualmente, seu formato é piramidal e no seu topo, apresenta uma abóbada. As paredes externas são revestidas de esculturas que podem ser coloridas ou não.

Na presente pesquisa, nos voltamos para as representações dos 108 passos de dança (Karaṇas) da dança Tandava do deus Shiva que se encontram nas paredes internas dos portais (gopuras). Tais passos são descritos no Nāṭyaśāstra, reconhecido como o codex das artes performáticas indianas, datado entre os séculos II AEC e II EC.

At the beginning of Chapter IV, "Tāṇḍava Nṛtya (Description of the Tāṇḍava Dance)," Bharata Muni (author of the Nāṭyaśāstra) explains how dance was incorporated into the repertoire of nāṭya (a performing art that comprehensively includes music, dance, and drama). Once the god Brahma finished composing the first nāṭya play, titled Amṛta-manthana (The Churning of the Ocean), he asked Bharata to prepare it for performance before the god Shiva. The performance took place in the Himalayan region and was attended by various celestial beings in the audience. At the end of the night, Shiva was very pleased with everything he saw. He said it reminded him of his dance and asked the sage Tāṇḍu to teach it to Bharata so he could include it in the repertoire of performing arts. From there, the chapter continues describing the details of this dance. We are introduced to the 108 Karaṇas (dance movements), 32 Aṅgahāras (choreographic sequences), and other relevant elements for dance practice and performance. The Karaṇas (dance movements) are defined in the work as: hastapādasamāyogo nṛtyasya Karaṇaṃ bhavet | śl 4.31.

In our translation: "The combination of hand and foot movements in a dance is called Karaṇa."

Between September 2023 and November 2023, as part of our field research, we conducted 3D capture of some representations for research and creation of digital objects. We used the Polycam application on a Samsung A54 mobile phone. We observed that the ability to use a phone as primary equipment facilitates both mobility and acceptance for the development of a work. Since it is rendered virtually, it is possible to analyze the capture result within minutes. Actions can be taken directly in the field, saving time and ensuring better quality of final material. Points of concern include spatial



Ao lado: Gopura piramidal oeste em Thillai Nataraja

Abaixo, à esquerda: Karanas na parede interna do Gopura leste

Abaixo: Karanas (K96-Nivesa; K47-Vrscika; K60-Dolapada; K87-Karihasta)

Beside: Western pyramidal gopura at Thillai Nataraja

Bellow left: Karanas on the inner wall of the eastern Gopura

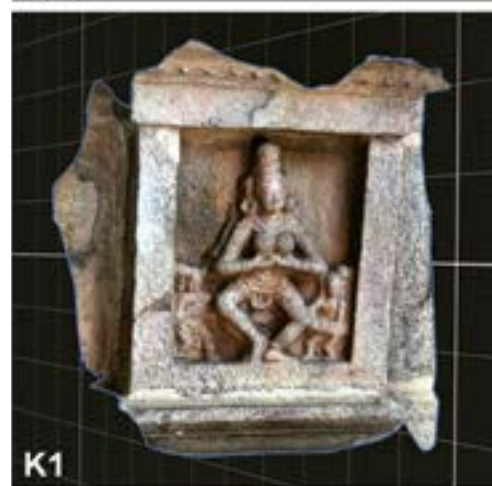
Bellow: Karanas (K96-Nivesa; K47-Vrscika; K60-Dolapada; K87-Karihasta)



No início do capítulo IV “Tāṇḍava Nṛtya (Descrição da dança Tāṇḍava)”, Bharata Muni (autor do Nāṭyaśāstra) nos conta de que forma a dança foi incluída no repertório de nāṭya (arte cênica que compreende a música, dança e drama de forma integral). Assim que o deus Brahma terminou de compor a primeira peça de nāṭya (arte cênica que compreende a música, dança e drama de forma integral), intitulada Amṛta-manthana (A agitação do oceano), ele pediu que Bharata a preparasse para ser performada perante o deus Shiva. A apresentação aconteceu na região dos Himalaias e contou com a presença de diversos seres celestiais na platéia. No final da noite, Shiva ficou muito satisfeito com tudo que viu. Ele disse que se lembrou de sua dança e pediu que o sábio Taṇḍu a ensinasse à Bharata para que ele a incluísse no repertório das artes performáticas. A partir daí, o capítulo prossegue descrevendo os detalhes dessa dança. Somos apresentados aos 108 Karaṇas (movimentos de dança), 32 Aṅgahāras (sequências coreográficas) e outros elementos relevantes para a prática e apresentação de dança. Os Karaṇas (movimentos de dança) são definidos na obra como: hastapādasamāyogo nṛtyasya Karaṇaṃ bhavet | śl 4.31.

Numa tradução nossa para o português a combinação dos movimentos das mãos e dos pés em uma dança é chamado Karaṇa.

Entre setembro de 2023 e novembro 2023, como pesquisa de campo, realizamos a captura 3D de algumas das representações com o propósito de estudo e construção de objetos digitais. Utilizamos o aplicativo Polycam em um celular Samsung modelo A54. Observamos que a possibilidade de utilizar o telefone como principal equipamento facilita tanto na mobilidade quanto na aceitação para o desenvolvimento do trabalho. Sendo renderizado de maneira virtual, é possível analisar o resultado da captura em questões de minutos. Ações podem ser tomadas diretamente em campo, economizando tempo e proporcionando uma melhor qualidade do material final. Como pontos de atenção temos as limitações espaciais, no nosso caso as esculturas localizadas em alturas muito elevadas



Digitalização 3D de Karanas (K60-Dolapada; K93-Talasanghattita; K87-Karihasta; K2-Vartita; K1-Talapuspaputa; K106-Nagapasarpita; K23-Ancita; K47-Vrscika)

3D scanning of Karanas (K60-Dolapada; K93-Talasanghattita; K87-Karihasta; K2-Vartita; K1-Talapuspaputa; K106-Nagapasarpita; K23-Ancita; K47-Vrscika)

não eram possíveis de serem acessadas facilmente, e questões tecnológicas como acesso a internet e consumo da bateria do aparelho. Neste campo, o templo tinha cobertura em apenas certos pontos. Como estratégia, realizamos a captura de três a quatro estátuas e nos deslocamos para o ponto onde poderíamos enviar para o processamento. Isso acabava por consumir muita bateria, o que facilmente foi resolvido com um powerbank. Realizamos esse mesmo trabalho em outros templos de Tamil Nadu, aplicando o mesmo método, o que se mostrou extremamente eficiente.

O material aqui obtido, além de integrar a pesquisa da tese de doutorado da autora, poderá ser incluído em materiais de difusão científica em mídias alternativas coordenadas pelo LAPID. ●

limitations; in our case, sculptures located at very high positions were not easily accessible. Technological challenges such as internet access and battery consumption were also noted. The temple had coverage only in certain areas. As a strategy, we captured three to four statues and then moved to a point where we could send them for processing. This process consumed a lot of battery, which was easily resolved with a powerbank. We conducted the same work in other temples in Tamil Nadu using the same method, which proved to be extremely efficient.

The material obtained here, in addition to integrating the author's doctoral thesis research, may also be included in scientific dissemination materials in alternative media coordinated by LAPID. ●





O MUSEU NACIONAL ASPECTOS ARQUITETÔNICOS EM ARQUIVOS TRIDIMENSIONAIS E REALIDADE VIRTUAL

THE NATIONAL MUSEUM ARCHITECTURAL ASPECTS IN THREE-DIMENSIONAL ARCHIVES AND VIRTUAL REALITY

by
Gabriel Cardoso
Orlando Grillo
Sergio Azevedo
Lilian Cardoso

**Brasão Imperial de Dom Pedro II
ornamentando a porta principal do
Palácio Imperial de São Cristóvão.**

*Imperial coat of arms of Dom Pedro II
decorating the main door of the Imperial
Palace of São Cristóvão.*



CONTEÚDO INTERATIVO
INTERACTIVE CONTENT

PATRIMÔNIO.HERITAGE 

- **O** Palácio Imperial de São Cristóvão, sede do Museu Nacional a partir de 1892, pode ser caracterizado como um dos mais importantes monumentos arquitetônicos do Brasil e constitui, por si só, um relevante acervo sob a guarda da instituição.



Os pesquisadores do Laboratório de Processamento de Imagem Digital (LAPID) • sediado no Departamento de Geologia e Paleontologia do Museu, tem como seu principal objetivo a digitalização, modelagem e prototipagem (impressão 3D) do acervo institucional para pesquisa científica e produção de material de apoio para atividades didáticas e exposições. Assim, o Palácio sempre figurou entre os acervos englobados nas atividades do Laboratório.

Lamentavelmente esse valioso patrimônio científico-cultural foi fortemente impactado pelo grande incêndio de setembro de 2018. Nos trabalhos de recuperação que se seguiram, arquivos tridimensionais previamente criados, assim como novos arquivos produzidos no período pós-incêndio, serviram tanto de apoio no processo de recuperação do Palácio e seus acervos quanto na implementação de experiências imersivas posteriores, como a disponibilização de espaços acessados através da realidade virtual.

Assim, apresentamos alguns elementos arquitetônicos digitalizados pela equipe do LAPID e discutimos a atual utilização e possibilidades futuras de uso desses arquivos.

The Imperial Palace of São Cristóvão, home of the National Museum since 1892, is one of the most important architectural monuments in Brazil and constitutes a significant collection under the institution's care. Researchers at the Digital Image Processing Laboratory (LAPID), based in the Museum's Department of Geology and Paleontology, focus on the digitization, modeling and prototyping (3D printing) of the institutional collection for scientific research and the production of support material for educational activities and exhibitions. Therefore, the Palace has always been among the collections included in the Laboratory's activities.

Unfortunately, this valuable scientific and cultural heritage was severely impacted by the large fire in September 2018. In the subsequent restoration work, previously created three-dimensional archives, as well as new archives produced post-fire, served as support in the restoration of the Palace and its collections. They also played a role in implementing immersive experiences, such as providing spaces accessible through virtual reality. Here, we present some architectural elements digitized by the LAPID team and discuss the current and future uses of these archives.



Fachada frontal do Palácio Imperial de São Cristóvão, prédio principal do Museu Nacional/UFRJ.

Front facade of the Imperial Palace of São Cristóvão, main building of the National Museum/UFRJ.

O Palácio Imperial de São Cristóvão

Originalmente construído como propriedade privada de moradia “Chácara do Elias”, o prédio localizado na área que posteriormente viria a ser conhecida como Quinta da Boa Vista, foi ofertado em 1808, juntamente com toda a Quinta, como presente à família real portuguesa, então sediada no Brasil. A intenção dos monarcas foi transformar o Palácio em um espaço de contato com a comunidade. Assim, a residência real passou a ser um modelo de civilidade na sociedade em relação à etiqueta e demais protocolos existentes na vida da Corte (Dantas, 2007). Visando adaptar a propriedade às necessidades e luxos da realeza, em equiparação aos luxuosos palácios portugueses, a propriedade passou por diversas adaptações e modificações. As adaptações e modificações tiveram continuidade ao longo do período real, imperial, republicano e moderno - sede do Museu Nacional a partir de 1892 (Azevedo, 2007), data esta que simboliza a mudança de identificação do Palácio como Paço de São Cristóvão para ser identificado como Museu Nacional.

The Imperial Palace of São Cristóvão

Originally built as a private residence “Chácara do Elias”, the building located in what later became known as “Quinta da Boa Vista” was gifted in 1808, along with the entire area, to the Portuguese royal family, who had recently relocated to Brazil. The monarchs intended to transform the Palace into a space for community engagement. Thus, the royal residence became a model of civility in society, particularly concerning etiquette and other courtly protocols (Dantas, 2007). To adapt the property to the needs and luxuries of royalty, matching the grandeur of Portuguese Palaces, it underwent several adaptations and modifications. These continued throughout the royal, imperial, republican, and modern periods. In 1892, it became the headquarters of the National Museum, (Azevedo, 2007), a date that symbolizes the change from being identified as “Paço de São Cristóvão” to being recognized as the National Museum.

O prédio é um exemplar do estilo neoclássico, em referência a construções europeias como o Palácio de Versalhes, localizado na cidade de Versalhes, França, e o Palácio Real da Ajuda, atual Palácio Nacional da Ajuda, na cidade de Lisboa, Portugal. A presença de estátuas de deuses e a imponência do prédio, que apresenta em sua fachada características arquitetônicas do Renascimento italiano, servem como um lembrete de uma parte da história do nosso país. Ao longo dos tempos recentes, em decorrência do Programa de Revitalização do Museu Nacional, o prédio passava por um amplo projeto de restauro, contemplando telhados, fachadas, diversas áreas internas e instalações já recuperadas, quando foi atingido pelo incêndio de 2018. Atualmente o prédio passa por um novo projeto de recuperação, sendo sua disponibilização ao público esperada em um futuro próximo.

As primeiras ações de digitalização de partes do prédio tiveram início antes do incêndio citado anteriormente. Já em 2008, por ocasião do desenvolvimento do Projeto Dinossauros Virtuais, partes internas e externas do Palácio foram digitalizadas, modeladas e disponibilizadas na internet (Monnerat *et al.*, 2010) porém o trabalho foi intensificado durante o processo de resgate de acervos pós-incêndio (Azevedo *et al.*, 2019; Carvalho *et al.*, 2021) e nos anos seguintes.

Nas últimas décadas temos testemunhado o desenvolvimento de diferentes tecnologias de digitalização 3D na intenção de reproduzir partes do patrimônio cultural para estudo e disponibilização ao grande público. Essas réplicas em 3D visam reproduzir de forma mais fiel possível um objeto tangível, incluindo aqui suas formas gerais e detalhadas, diferentes texturas presentes em sua superfície, e suas cores. Esses modelos servem como ferramentas de estudo e observação, além de perpetuar o patrimônio cultural, graças à disseminação do mesmo. As tecnologias de digitalização 3D vem se tornando aliadas na reprodução de estruturas arquitetônicas, tornando possível estudarmos as características históricas, culturais e morfológicas de estruturas com escala proporcionalmente superior à humana.

Além do acervo histórico e científico, o incêndio também afetou o edifício histórico que abrigava o Museu, antiga residência oficial da família imperial, danificando sua estrutura interna e fachadas, provocando o desabamento de sua cobertura e das lajes que constituíam seus três pavimentos. O uso de tecnologias e metodologias tridimensionais, área de atuação da equipe do LAPID, serviu como uma importante ferramenta para auxiliar o processo de resgate das coleções científicas do Museu e de seu prédio. O processo de modelagem do Palácio do Museu Nacional teve início no ano de 2024, devido à necessidade de termos um modelo físico em escala que servisse de referência para futuros estudos e projetos desenvolvidos dentro do laboratório.

The building is an example of the neoclassical style, reminiscent of European buildings such as the Palace of Versailles, located in the city of Versailles, France, and the Royal Palace of Ajuda, now the National Palace of Ajuda, in the city of Lisbon, Portugal. The presence of statues of gods and the grandeur of the building, with its facade featuring architectural elements of the Italian Renaissance, serves as a reminder of a part of our country's history. In recent times, under the National Museum Revitalization Program, the building was undergoing an extensive restoration project, including roofs, facades, and several internal areas and facilities that had already been restored when it was hit by the 2018 fire. The building is currently undergoing a new restoration project and is expected to be made available to the public soon.

The first digitization efforts of parts of the building began before the fire. In 2008, during the development of the Virtual Dinosaurs Project, internal and external parts of the Palace were digitized, modeled, and made available on the internet (Monnerat et al., 2010). The work intensified during the post-fire collection rescue process (Azevedo et al., 2019; Carvalho et al., 2021) and in the following years.

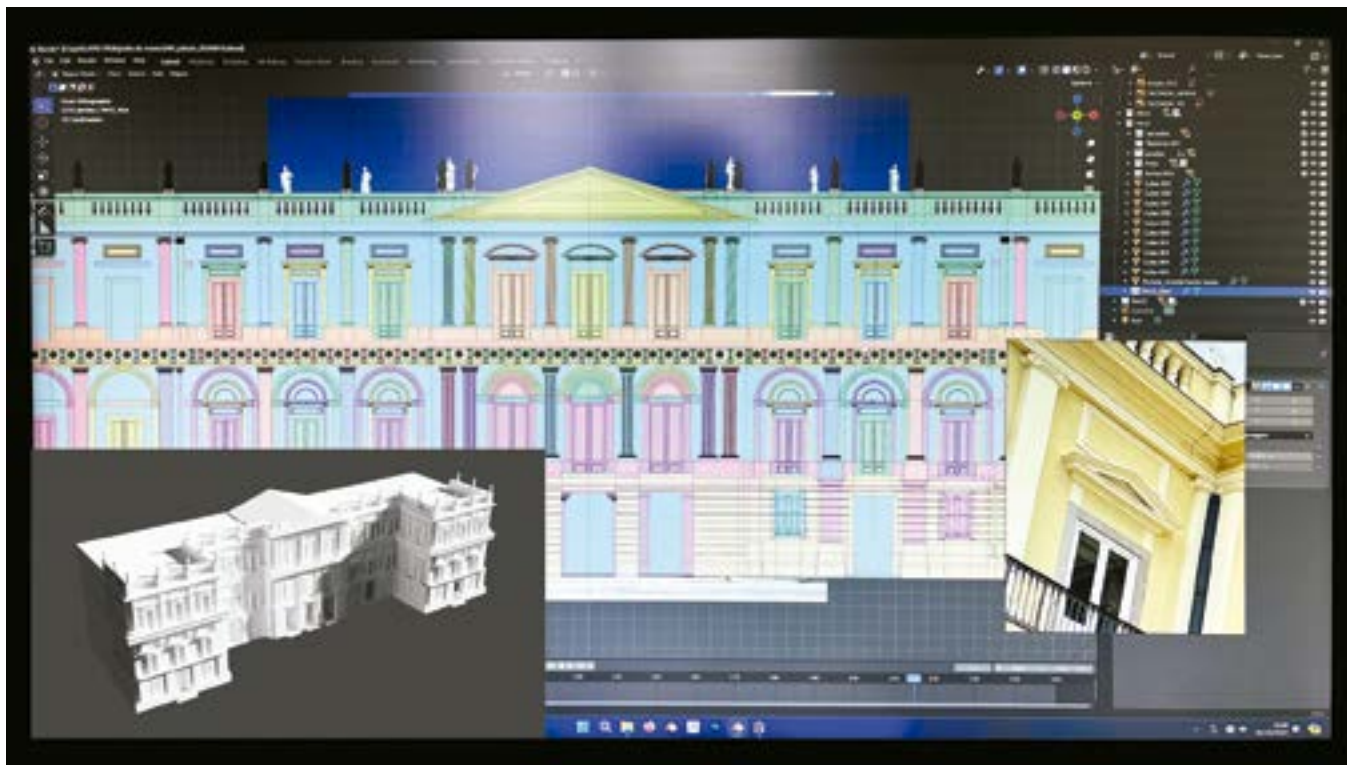
In recent decades, we have witnessed the development of various 3D scanning technologies aimed at reproducing parts of the cultural heritage for study and public availability. These 3D replicas strive to faithfully reproduce tangible objects, capturing their general and detailed shapes, surface textures and colors. These models serve as valuable study and observation tools, perpetuating cultural heritage through dissemination. 3D scanning technologies have become indispensable in reproducing architectural structures, allowing for the study of historical, cultural, and morphological characteristics of structures on a scale proportionally larger than human scale.

In addition to the historical and scientific collection, the fire also severely damaged the historic building that housed the Museum, the former official residence of the imperial family. The fire compromised the internal structure and facades, causing the collapse of the roof and the slabs that made up its three floors. The use of three-dimensional technologies and methodologies, an area of expertise of the LAPID team, played a crucial role in the process of rescuing the Museum's scientific collections and its building. The modeling process of the National Museum Palace began in 2024, driven by the need for a scaled physical model to serve as a reference for future studies and projects developed within the laboratory.



Processo de digitalização com drone da fachada frontal do Museu Nacional.

Drone scanning process of the front facade of the National Museum.



Processo de modelagem
do prédio em Blender.

Inicialmente, com o auxílio de câmeras digitais e um drone (DJI Mavic 2), diferentes áreas das fachadas do edifício foram registradas. Além dos levantamentos anteriores, também capturamos manualmente várias fotos de detalhes da sua fachada através de aparelhos smartphones. Essas fotos foram combinadas para gerar uma reconstrução digital de elementos do edifício por meio de algoritmos de fotogrametria, uma técnica que extrai informações de imagens georreferenciadas para reproduzir um modelo tridimensional. Além da técnica de fotogrametria, grande parte do material fotográfico registrado também serviu de referência visual para o trabalho de modelagem do Palácio, onde foram necessários ajustes na perspectiva e sobreposição das imagens para obtermos elementos da estrutura na forma mais fiel possível. Além disso, também foi necessária a aquisição dos projetos executivos do Palácio, como as plantas baixas dos três pavimentos que indicaram as posições dos elementos construtivos da estrutura do edifício.

Uma vez obtidas as imagens de referência, foi possível dar início à modelagem do Palácio. O programa utilizado foi o Blender, software de código aberto utilizado para modelagem e escultura digital, mapeamento UV, rigging, animação, entre outras áreas do 3D. A escolha desse programa em detrimento de outros similares se justificou por sua plataforma ser acessível e amigável, cobrindo todas as etapas da modelagem 3D. A modelagem do Palácio foi iniciada pela planta-baixa, seguida pela fachada, sendo inseridos elementos de cada pavimento por vez: portais e portões decorados, muretas com diferentes texturas, sacadas, janelas, arcos, colunas neoclássicas, frontão, dentre outros elementos. O modelo final comportou a fachada central e os torreões norte e sul do Palácio.

*Building modeling
process in Blender.*

Initially, different areas of the building's facades were captured using digital cameras and a drone (DJI Mavic 2). In addition to the previous surveys, we also captured several photos of the facade's details using smartphone devices. These photos were combined to generate a digital reconstruction of the building's elements using photogrammetry algorithms, a technique that extracts information from georeferenced images to create a three-dimensional model. Additionally, much of the photographic material recorded served as a visual reference for the Palace's modeling work, where adjustments to perspective and images overlays were necessary to obtain elements of the structure as faithfully as possible. It was also necessary to acquire the ground plans of the three floors to indicate the positions of the building's structural elements.

Once the reference images were obtained, we could begin modeling the Palace. The program used was Blender, an open-source software for digital modeling and sculpting, UV mapping, rigging, animation, and other three-dimensional tasks. This program was chosen over other similar programs due to its accessibility and user-friendly platform, covering all stages of 3D modeling. The Palace was modeled starting with the ground plan, followed by the facade, with elements of each floor being inserted in turn: decorated portals and gates, walls with different textures, balconies, windows, arches, neoclassical columns, pediments, and other elements. The final model included the central facade and the north and south towers of the Palace.

With the digital model ready, it was possible to develop some physical models on a reduced scale using additive manufacturing technologies (also known as 3D printing). The materialization process, conducted using 3D prototyping technologies, is based on the successive layering of material, in this case, PLA, a biocompatible and biodegradable thermoplastic derived from renewable resources such as cornstarch or sugar cane. The material layers are superimposed following the 3D file read from the STL extension (an acronym for stereolithography, also known as "Standard Triangle Language"), which consists of creating a model composed of a series of connected triangles that geometrically describe the surface of a 3D model.

Com o modelo digital pronto, foi possível desenvolver alguns modelos físicos em escala reduzida através de tecnologias de fabricação aditiva (também conhecidas como impressão 3D). O processo de materialização, conduzido com tecnologias de prototipagem 3D, é baseado na sobreposição sucessiva de material, nesse caso o PLA, um termoplástico biocompatível e biodegradável derivado de recursos renováveis como o amido de milho ou a cana-de-açúcar. As camadas de material são sobrepostas seguindo o arquivo 3D que é lido a partir da extensão STL (acrônimo que significa estereolitografia, também conhecida como "Standard Triangle Language"), que consiste na criação de um modelo composto por uma série de triângulos conectados que descrevem geometricamente a superfície de um modelo 3D.

Além dos modelos em escala do Palácio, as tecnologias de digitalização e prototipagem 3D atuaram neste projeto como um receptáculo da memória e visibilidade de um monumento representativo de uma parte da história do Brasil. O espaço criado através da arquitetura tem o poder de influenciar e dominar o nosso espírito: as suas dimensões levam em consideração não somente o valor espacial, mas também a luz e a sombra, a cor, as linhas horizontais e verticais do ambiente, todas sendo questões percebidas e estudadas ao nos debruçarmos sobre a

morfologia de uma construção (Zevi, 2009). Ao analisarmos a fisicalidade do que foi construído estamos divulgando a memória social de determinada época, identificando os costumes do soberano e sua relação com a residência por meio da leitura dos espaços delimitados pela construção (Dantas, 2007). Dito isto, este projeto está em andamento, possuindo espaço para trabalho futuro, como a modelagem das estruturas internas do Palácio, digitalização de detalhes em áreas específicas e extensão do projeto para as áreas além das já prototipadas.

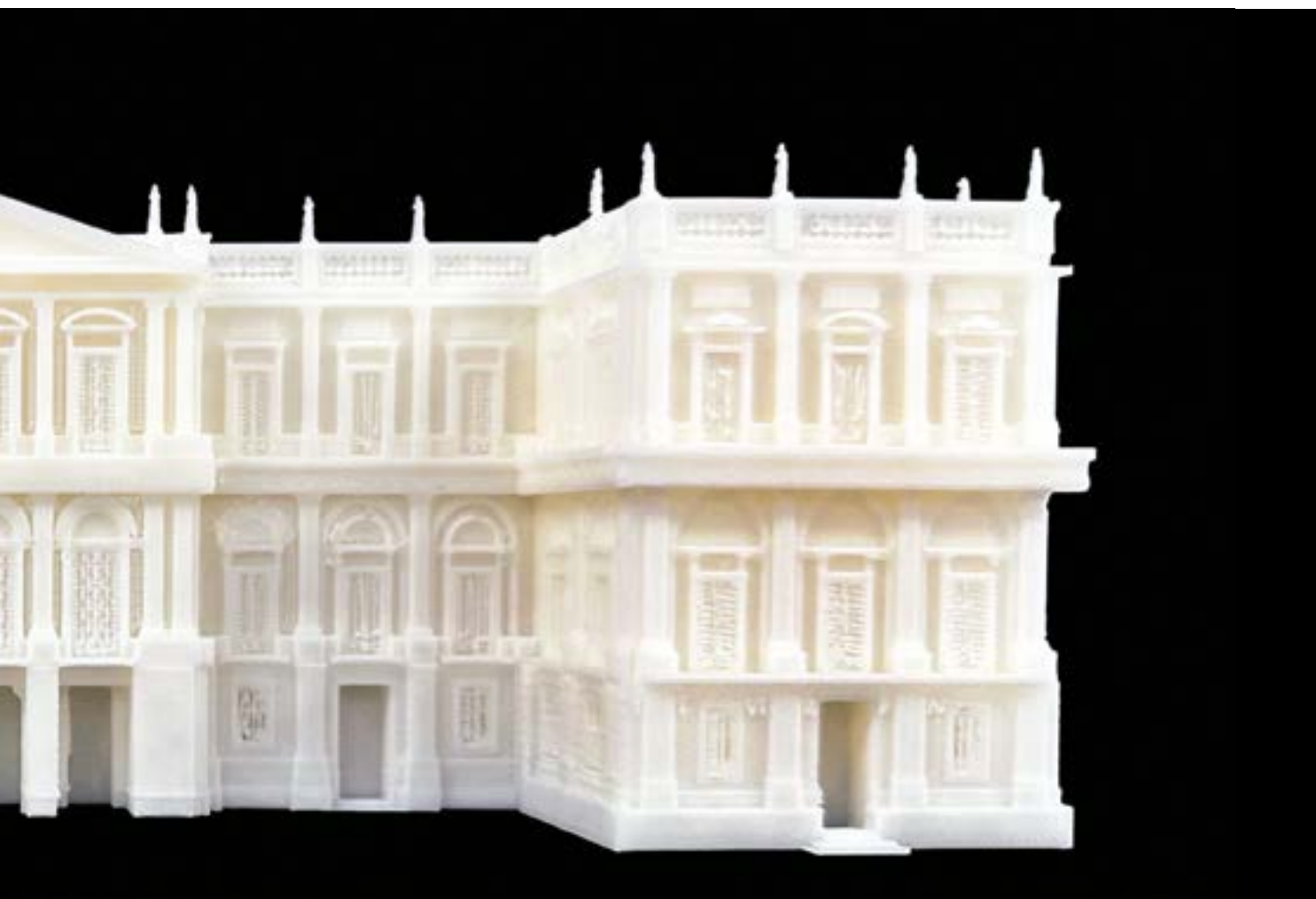


In addition to the scale models of the Palace, 3D scanning and prototyping technologies functioned in this project as a receptacle for the memory and visibility of a monument that represents a part of Brazilian history. The space created through architecture has the power to influence and dominate our spirit: its dimensions consider not only the spatial value but also the light and shadow, color, horizontal and vertical lines of the environment, all of which are perceived and studied when we examine the morphology of a building (Zevi,

2009). By analyzing the physicality of what was built, we are disclosing the social memory of a certain era, identifying the customs of the sovereign and his relationship with the residence through the reading of the spaces delimited by the building (Dantas, 2007). That said, this project is ongoing, with room for future work, such as modeling the internal structures of the Palace, digitizing details in specific areas, and extending the project to areas beyond those already prototyped.

**Protótipo 3D do prédio principal
do Museu Nacional.**

*3D prototype of the National
Museum main building.*



As “Musas” do Museu Nacional

Dentro da mitologia clássica, o termo “musas” refere-se às nove entidades da primavera, filhas de Mnemósine (deusa da memória) e Zeus, a quem eram atribuídas a capacidade de inspirar nos homens a criação artística e científica (poesia épica e lírica, história, música tradicional e cerimonial, tragédia, comédia, dança, astronomia e astrologia). Suas moradas eram normalmente próximas a fontes e riachos, mas também frequentavam o monte Helicón e frequentemente acompanhavam Apolo, deus das artes. Os lugares que eram dedicados às nove musas eram chamados de “muoseion”, termo este que futuramente deu origem à palavra “museu”.

O termo “musas” é ainda habitualmente utilizado para designar as estátuas que ornamentam a fachada principal do Palácio de São Cristóvão. Essas esculturas, embora tecnicamente não representem em sua maioria as musas clássicas, são assim popularmente conhecidas. O Palácio do Museu Nacional possui um conjunto de 31 esculturas centenárias de mármore carrara que pesam entre 200 e 300 quilos cada uma. Após o incêndio ocorrido em setembro de 2018, todo este acervo passou pelo processo de restauração, envolvendo procedimentos de limpeza técnica, consolidação do mármore, reforço estrutural interno e obturação de pequenas fissuras. A restauração dessas peças resultou na construção de réplicas em escala real que atualmente se encontram na platibanda do bloco histórico da fachada principal do Palácio. O trabalho de restauro foi executado pelo Projeto Museu Nacional Vive e um pequeno vídeo sobre o processo intitulado “Restauração das esculturas do Paço de São Cristóvão” está disponível na plataforma Youtube (fonte: museunacionalvive.org.br/esculturas). Oito delas (Belerofonte, Ceres, Cibele, Hígia, Luna, Mercúrio, Ninfa e Orfeu) estiveram expostas no jardim principal do Museu, ocasião em que foram digitalizadas pela equipe do LAPID.



Cabeça da estátua de uma das musas do Museu.

Head of the statue of one of the Museum's muses.

The “Muses” of the National Museum

In classical mythology, the term “muses” refers to the nine spring entities, daughters of Mnemosyne (goddess of memory) and Zeus, who were believed to inspire artistic and scientific creation in men (epic and lyrical poetry, history, traditional and ceremonial music, tragedy, comedy, dance, astronomy, and astrology). Their homes were usually near springs and streams, but they also frequented Mount Helicon and often accompanied Apollo, God of the arts. The places dedicated to the nine muses were called “mouseion”, a term that later gave rise to the word “museum”.

The term “muses” is still commonly used to designate the statues that decorate the main facade of the Palace of São Cristóvão. Although these sculptures do not technically represent the classical muses for the most part, they are popularly known as such. The National Museum Palace has a set of 31 centuries-old sculptures made of Carrara marble, each weighing between 200 and 300 kilos. After the fire in September 2018, this entire collection underwent a restoration process, involving technical cleaning procedures, consolidation of the marble, internal structural reinforcement, and filling of small cracks. The restoration of these pieces resulted in the construction of full-scale replicas that are currently located on the parapet of the historic block of the main facade of the Palace. The restoration work was carried out by the “Museu Nacional Vive” Project, and a short video about the process entitled “Restauração das esculturas do Paço de São Cristóvão” (Restoration of the sculptures of the Paço de São Cristóvão) is available on the YouTube platform (source: museunacionalvive.org.br/esculturas). Eight of them (Bellerophon, Ceres, Cybele, Hygieia, Luna, Mercury, Nymph and Orpheus) were exhibited in the Museum’s main garden, where they were digitized by the LAPID team.



Digitalização de estátua com aplicativo Polycam.

Digitizing a statue with the Polycam app.



For the process of digitizing and reproducing the statues, we opted for an image capture method (photogrammetry) due to its accessibility and efficiency. In this case, however, instead of using professional software, we decided to test a simpler solution based on a smartphone application (Polycam) to assess the feasibility of using these alternative methods. A sequence of photographs was taken around the eight statues that were open to the public in the main garden of the Palace, in front of the main facade of the National Museum building. This material was then processed using the Polycam application.

Para o processo de digitalização e reprodução das estátuas optamos por um método baseado em captura de imagens (fotogrametria) devido à sua acessibilidade e agilidade. Neste caso, no entanto, ao invés de utilizar um software profissional, decidimos testar uma solução mais simples, baseada em aplicativo para smartphones (Polycam), para testar a viabilidade do uso dessas soluções alternativas. Foi realizada uma sequência de fotografias ao redor das oito estátuas que se encontravam abertas ao público no Jardim principal do Palácio, em frente à fachada frontal do prédio do Museu Nacional. Em seguida, este material foi enviado para processamento no programa Polycam.

Após o processamento dos modelos, foram necessários ajustes na malha para corrigir eventuais falhas na superfície, principalmente na parte superior das estátuas, devido à dificuldade na obtenção das imagens devido à altura das esculturas. Também foram modeladas bases para as estátuas no software Blender, contendo informações como o nome da entidade e as logomarcas do Lapid e do Museu Nacional. Após a etapa de preparação e finalização dos modelos 3D, eles foram enviados para prototipagem 3D. A impressora utilizada foi a da série Creality K1 Max, e o filamento utilizado foi o Hyper PLA na cor branca, para manter a semelhança cromática com as esculturas originais.

After processing the models, adjustments were needed to the mesh to correct any flaws in the surface of the model, especially in the upper part of the statues, due to the difficulty in obtaining a satisfactory angle due to the height of the sculptures. Bases for the statues were also modeled in the Blender software, containing information such as the name of the entity and the logos of Lapid and the National Museum. After finalizing the 3D model, it was sent for 3D prototyping. The printer used was the Creality K1 Max series, and the filament used was Hyper PLA in white, to maintain the chromatic similarity with the original sculptures.

Processo de prototipagem 3D das musas.

3D prototyping process of the muses.



Os Jardins do Palácio e suas estátuas

A Quinta da Boa Vista é considerada um dos maiores parques urbanos do Rio de Janeiro, e também o cenário que abriga o Paço de São Cristóvão. No decorrer dos anos, este sofreu uma série de modificações, sendo o embelezamento paisagístico realizado por Auguste François Marie Glaziou (1833-1906), ocorrido durante os anos de 1866 e 1869, o mais significativo, pois transformou o parque seguindo o estilo romântico semelhante aos europeus, como o de Versalhes, contendo: lagos, estátuas, chafarizes e demais ornamentos (Dantas, 2007). Também foi elaborada uma alameda em linha reta que conduz o visitante do parque até o Palácio, chamada de Alameda das Sapucaias. Ao chegar ao Palácio, somos agraciados com a visão de duas estátuas representativas cultural e historicamente - as estátuas do Imperador D. Pedro II e da Imperatriz Leopoldina.

The Palace Gardens and its statues

“Quinta da Boa Vista” is considered one of the largest urban parks in Rio de Janeiro and also houses the Imperial Palace of São Cristóvão. Over the years, it has undergone a series of modifications, with the most significant landscaping carried out by Auguste François Marie Glaziou (1833-1906) between 1866 and 1869. Glaziou transformed the park into a romantic European-style landscape, similar to Versailles, featuring lakes, statues, fountains and other ornaments (Dantas, 2007). A straight avenue, “Alameda das Sapucaias”, was also created to lead visitors from the park to the Palace. Upon arriving at the Palace, visitors are greeted with the sight of two culturally and historically significant statues - those of Emperor D. Pedro II and Empress Leopoldina.

Estátua de Dom Pedro II.

Statue of Dom Pedro II.



As estátuas de Dom Pedro II e da Imperatriz Leopoldina

A estátua de D. Pedro II é uma escultura de bronze de autoria de Jean Magrou e projeto de Heitor da Silva Costa que foi projetada sobre um pedestal de granito. Foi inaugurada em dezembro de 1925 por ocasião do centenário de nascimento do Imperador (fonte: monumentosdorio.com.br). A estátua da Imperatriz Leopoldina também é uma escultura de bronze de autoria de Edgar Duvivier, tendo sua inauguração em 1996 em comemoração aos 200 anos do nascimento de Leopoldina. No monumento, vemos a Imperatriz acompanhada de seus dois filhos: Pedro de Alcântara (D. Pedro II, ao colo) e Maria da Glória (D. Maria II, ao seu lado).

O trabalho de digitalização das estátuas teve seu início na segunda metade de 2019, realizado pela equipe do LAPID. A técnica escolhida para esta captura foi a da fotogrametria, devido à altura das estátuas e da acessibilidade de suas áreas superiores e localização, já que ambas as esculturas se encontravam em meio a um passeio público. Para as duas estátuas a captura das imagens se deu a partir de um drone modelo DJI Mavic 2 Pro. Também foi necessário o uso de refletores led para as áreas inferiores da estátua de D. Pedro II que não tinham uma iluminação natural adequada.

Após a etapa de fotografia, as imagens foram processadas no software Agisoft Metashape, programa dedicado a toda pipeline de fotogrametria. Após o posicionamento das imagens e geração da nuvem de pontos e malha, foram gerados modelos na extensão STL para prototipagem. Estes foram impressos em PLA (em escala, as estátuas de D. Pedro II e da Imperatriz Leopoldina ficaram com, respectivamente, 18 cm e 12 cm). Para atingirmos similaridade com o bronze original das estátuas, as impressões foram pintadas com verniz acrílico fosco na cor marrom rústico.

The statues of Dom Pedro II and Empress Leopoldina

The statue of Dom Pedro II is a bronze sculpture by Jean Magrou, designed by Heitor da Silva Costa, and placed on a granite pedestal. It was inaugurated in December 1925 on the centenary of the emperor's birth (source: monumentosdorio.com.br). The statue of Empress Leopoldina is also a bronze sculpture, created by Edgar Duvivier, and was inaugurated in 1996 to commemorate the 200th anniversary of Leopoldina's birth. The monument depicts the Empress accompanied by her two children: Pedro de Alcântara (D. Pedro II, on her lap) and Maria da Glória (D. Maria II, at her side).

The work of digitizing the statues began in the second half of 2019, carried out by the LAPID team. Photogrammetry was chosen for this capture due to the height of the statues and the accessibility of their upper areas and location, as both sculptures were in the middle of a public promenade. The images for both statues were captured using a DJI Mavic 2 Pro drone. Additionally, LED reflectors were used for the lower areas of the statue of D. Pedro II, which lacked adequate natural lighting.

After the photography stage, the images were processed using Agisoft Metashape software, which is dedicated to the entire photogrammetry pipeline. After positioning the images and generating the point cloud and mesh, models were generated in STL format for prototyping. These models were printed in PLA, with the scaled statues of D. Pedro II and Empress Leopoldina measuring 18 cm and 12 cm, respectively. To achieve a resemblance with the original bronze statues, the prints were painted with matte acrylic varnish in a rustic brown color.

Processo de modelagem e protótipo 3D da estátua de Dom Pedro II.

3D modeling and prototyping process of the statue of Dom Pedro II.



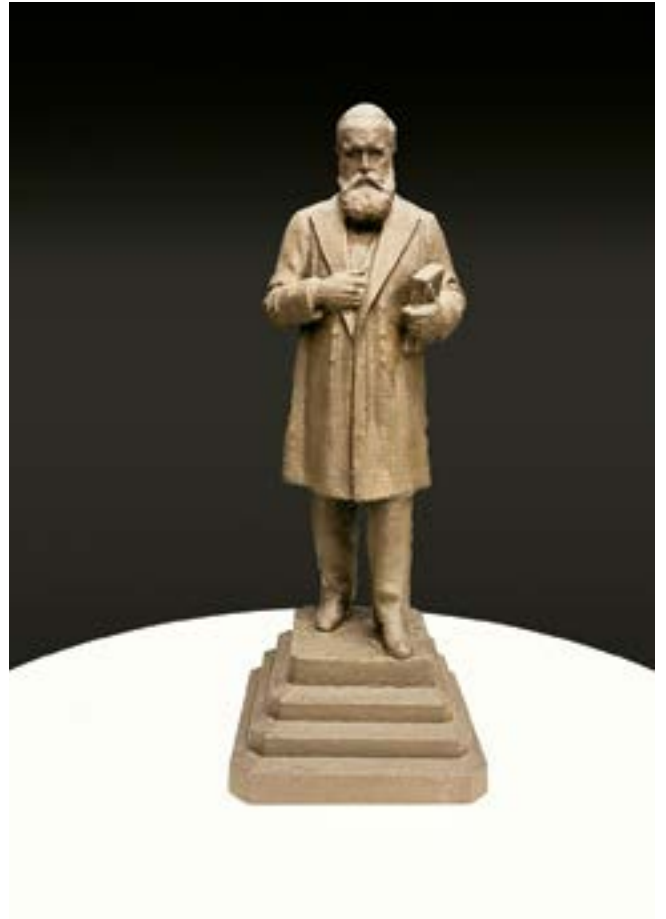
Processo de digitalização e protótipo 3D da estátua da Imperatriz Leopoldina.

3D scanning and prototyping process of the statue of Empress Leopoldina.



Processo de digitalização da estátua de Dom Pedro II

Digitization process of the statue of Dom Pedro II



Outras digitalizações

Além das peças anteriormente citadas, a equipe do LAPID ainda atuou na digitalização tridimensional de outros elementos arquitetônicos do Palácio de São Cristóvão tais como ornamentos de fachada (leão, brasão) e detalhes de algumas estruturas como portas e janelas. Assim como no caso das estátuas, estes elementos arquitetônicos foram digitalizados através de fotogrametria com auxílio de um drone. Além disso, as portas da entrada principal do Palácio, devido a sua decoração minuciosa, também foram submetidas a esta técnica, principalmente os detalhes menores, como os ornatos contendo a cabeça de leões, símbolo da Casa Real de Castela. Esses elementos, após digitalizados, foram incorporados aos modelos do Palácio de São Cristóvão, para futuras prototipagens em escala do monumento.

Other digitalizations

In addition to the pieces mentioned above, the LAPID team also worked on the three-dimensional scanning of other architectural elements of the São Cristóvão Palace, such as facade ornaments (e.g., lion, coat of arms) and details of some structures like doors and windows. As with the statues, these architectural elements were scanned using photogrammetry. Additionally, the main entrance doors of the Palace, with their meticulous decoration, were particularly subjected to this technique, focusing on smaller details such as the ornaments featuring lion heads, the symbol of the Royal House of Castile. After digitization, these elements were incorporated into the models of the São Cristóvão Palace for future scale prototyping of the monument.

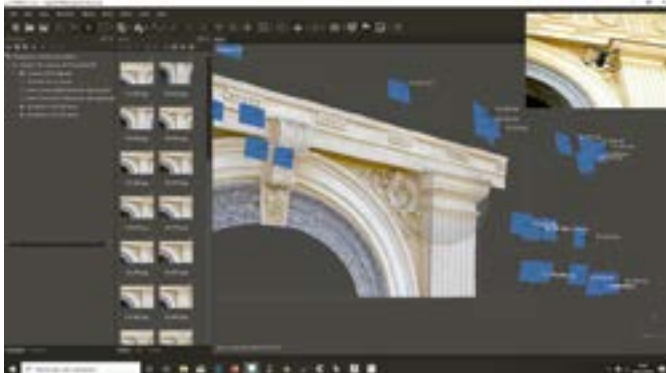
Modelagem de ornamentos

Modeling of ornaments



Ornamento na porta principal do prédio

Ornament on the building main door



Processo de digitalização e modelagem de elementos da fachada.

Scanning and modeling process of facade elements.

Projeto Bigodes do Imperador

O Projeto Bigodes do Imperador surgiu em dezembro de 2022 como uma iniciativa espontânea, voluntária, coordenada e plural de servidores técnicos, docentes e terceirizados, além de alunos do Museu Nacional/UFRJ. Entre seus principais objetivos estão a melhor compreensão da situação dos animais comunitários, bem como da dinâmica de abandonos nas áreas do Museu Nacional, além de testar procedimentos de controle populacional e bem-estar animal, respeitando-se a legislação vigente.

Seguindo os protocolos e recomendações da OMS, do Código Municipal de Direito e Bem-estar Animal do Município do Rio de Janeiro e de diversas outras regulamentações sobre o tema, o Projeto atua capturando, esterilizando, tratando, promovendo adoções e devolvendo às áreas de origem aqueles animais não passíveis de adoção.

O Projeto tem como principal fonte de recursos as contribuições mensais de membros do corpo social do Museu Nacional, além de público externo simpatizante da iniciativa, campanhas nas redes sociais e rifas. O Bigodes do Imperador conta, atualmente, com a importante parceria de uma clínica veterinária localizada em São Cristóvão e do Projeto Bigodes do Bunker, responsável por encaminhar alguns gatos provenientes do Museu Nacional para adoção no famoso Gato Café, na filial de Botafogo.

The “Bigodes do Imperador” Project

The “Bigodes do Imperador” (Emperor’s Whiskers) Project emerged in December 2022 as a spontaneous, voluntary, coordinated, and plural initiative of museum staff and students from the National Museum. Its main objectives include better understanding the situation of community animals, the dynamics of abandonment in the areas of the National Museum, and testing population control and animal welfare procedures while respecting current legislation.

Following the protocols and recommendations of the WHO, the Municipal Code of Animal Rights and Welfare of the Municipality of Rio de Janeiro, and several other regulations on the subject, the Project operates by capturing, sterilizing, treating, promoting adoptions, and returning to their areas of origin those animals that are not eligible for adoption.

The Project’s main source of resources come from monthly contributions by members of the National Museum’s social body, external public supporters, social media campaigns, and raffles. “Bigodes do Imperador” currently has an important partnership with a veterinary clinic located in São Cristóvão and the “Bigodes do Bunker” Project, which is responsible for sending some cats from the National Museum for adoption at the Botafogo branch of the famous “Gato Café” establishment.

Com a crescente conscientização da comunidade do Museu Nacional sobre a relevância do Projeto, foi instituído em dezembro de 2024 o “Grupo de Trabalho de Animais Comunitários do Museu Nacional/UFRJ”, com a finalidade de elaborar e estruturar procedimentos aderentes à legislação vigente para o controle populacional e bem-estar desses animais comunitários. O GT conta com dez servidores da Instituição. É importante ressaltar que a iniciativa tem especial importância no sentido de alinhar o Museu Nacional com as diretrizes da própria UFRJ que, em 2012, criou o “Grupo de Trabalho Animais” com a proposta de centralizar os encaminhamentos e propor procedimentos para a solução da questão dos animais abandonados nos campos da universidade.

Como forma de apoiar essa importante iniciativa da comunidade do Museu Nacional, a equipe do LAPID procurou delimitar interfaces de interesse comum de modo a aplicar suas técnicas e equipamentos às atividades desenvolvidas pela equipe do Projeto Bigodes do Imperador. Como primeira etapa do processo foi necessária a digitalização de um modelo humano. Optamos pelo escaneamento digital, onde foi utilizado um scanner modelo CR-Scan 01, da Creality, e também uma plataforma giratória

automática da Revopoint, com 500mm de diâmetro, para servir de base para a captura. O modelo foi posicionado sobre a plataforma, e o escaneamento foi realizado de forma manual, tendo suas leituras transferidas diretamente para o software do equipamento. Como metodologia de trabalho foi realizada uma sequência de 3 leituras: uma de corpo inteiro, outra somente do rosto e outra somente do tronco.

Após esta etapa o arquivo digitalizado foi trabalhado, retirando nuvens de pontos sobressalentes, corrigindo imperfeições da malha e preparando o arquivo para ser incorporado ao projeto final que estava sendo realizado no programa Blender. Aqui, foi adicionado ao modelo da estátua uma base modelada dentro do próprio programa, contendo o nome do projeto “Bigodes do Imperador” e as logomarcas do LAPID e do Museu Nacional. Também foram adicionados dois modelos de gatos, obtidos em sites de distribuição de modelos 3D de uso livre.

Tendo o modelo da estátua finalizado, foi gerado um arquivo em STL para prototipagem. Após algumas impressões de teste para verificar a melhor definição e escala, o protótipo final foi produzido na impressora 3D da Creality, modelo K1 Max PRO, utilizando um filamento de PLA Premium na cor grafite Velvet. A estátua possui as dimensões de: 70 x 70 mm de base e 170 mm de altura.

A criação de tal modelo tem como objetivo divulgar e subsidiar posteriores campanhas do Bigodes do Imperador, onde um colaborador poderá receber como prêmio um modelo 3D seu junto a um gato. ●

Bigodes do Imperador
Digitalização, modelagem e prototipagem.

“Bigodes do Imperador”
Digitization, modeling and prototyping.

With the growing awareness of the National Museum community about the importance of the Project, the “Working Group for Community Animals of the National Museum/ UFRJ” was established in December 2024. The purpose of this group is to develop and structure procedures that comply with current legislation for the population control and well-being of these community animals. The Working Group has ten employees from the Institution. It is important to emphasize that the initiative is especially important in aligning the National Museum with the guidelines of UFRJ itself, which, in 2012, created the “Working Group for Animals” to centralize referrals and propose procedures for solving the issue of abandoned animals on university campuses.

To support this important initiative of the National Museum community, the LAPID team sought to define interfaces of common interest to apply their techniques and equipment to the activities developed by the “Bigodes do Imperador” Project team. The first step in the process was to digitize a human model. We opted for digital scanning using a Creality CR-Scan 01 scanner and a Revopoint automatic rotating platform with

a diameter of 500 mm to serve as a basis for the capture. The model was positioned on the platform, and the scan was performed manually, with its readings transferred directly to the equipment’s software. As a working methodology, a sequence of three scans was carried out: one of the whole body, another only of the face, and another only of the torso.

After this step, the scanned file was processed, removing extra point clouds, correcting imperfections in the mesh, and preparing the file to be incorporated into the final project created in Blender software. A base modeled within Blender was added to the statue model, containing the name of the project “Bigodes do Imperador” and the logos of LAPID and the National Museum. Two cat models, obtained from websites that distribute free-to-use 3D models, were also added.

With the statue model finalized, an STL file was generated for prototyping. After a few test prints to check for the best definition and scale, the final prototype was produced on the Creality 3D K1 Max print, using Premium PLA filament in graphite Velvet color. The statue has the following dimensions: 70 x 70 mm base and 170 mm height. The creation of such a model aims to publicize and support future “Bigodes do Imperador” campaigns, where a collaborator can receive a three-dimensional model of themselves with a cat as a prize. ●

As atividades apresentadas nesse capítulo contaram com o apoio do CNPq através de Processo 407050/2022-1





Ilhas do Rio: MoNa Ilhas Cagarras



PATRIMÔNIO EM REALIDADE VIRTUAL

HERITAGE IN VIRTUAL REALITY

Sergio Azevedo
Orlando Grillo
Pedro Von Seehausen
Gabriel Cardoso
Leonardo Lobo
Luciana Carvalho
Ana Carolina Navarro
Thaísa Martins

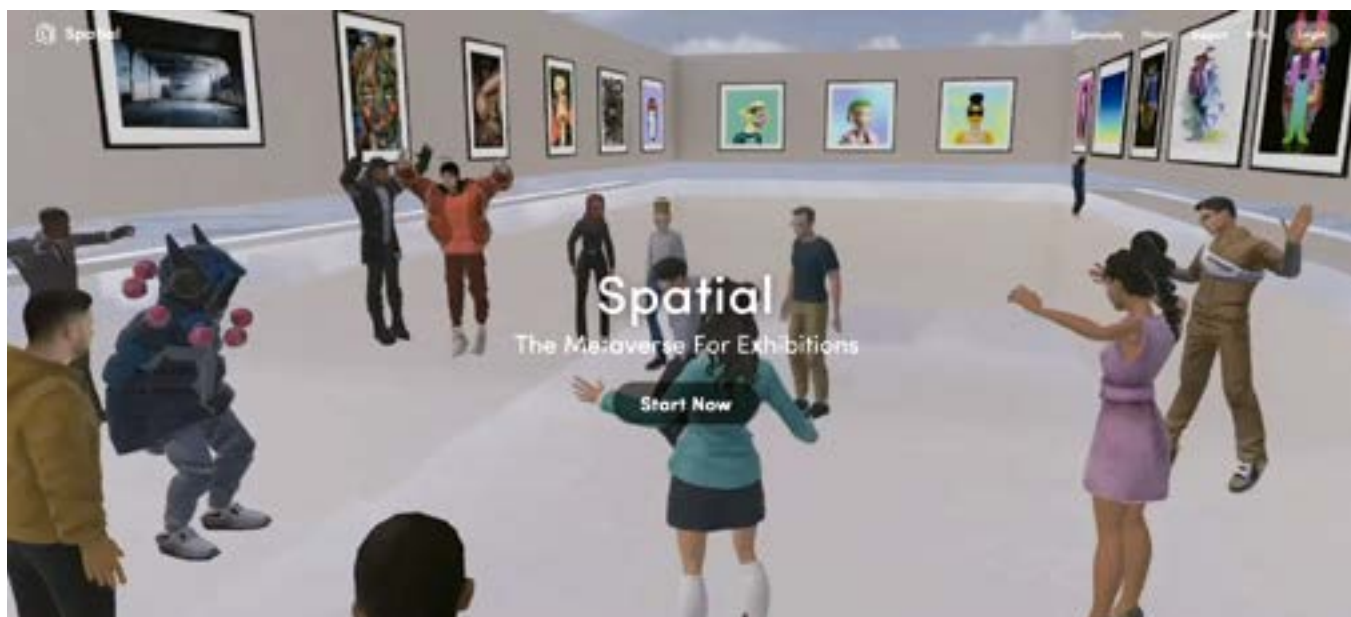
**Ambiente virtual que reproduz
a estrutura das Ilhas Cagarras,
no litoral do Rio de Janeiro.**

*Virtual environment that reproduces
the structure of the Cagarras Islands,
on the coast of Rio de Janeiro.*



CONTEÚDO INTERATIVO
INTERACTIVE CONTENT

PATRIMÔNIO.HERITAGE 



Página de entrada da plataforma Spatial em meados de 2020.

Home page of the Spatial platform in mid-2020.

• **R**elatamos aqui parte das atividades desenvolvidas pela equipe de pesquisadores do Laboratório de Processamento de Imagem Digital (LAPID) com o objetivo de proporcionar a difusão através do metaverso das atividades de ensino e pesquisa desenvolvidas com o acervo científico-cultural do Museu Nacional/UFRJ. Essas atividades estão diretamente relacionadas à vinculação do LAPID ao Projeto Space-XR: Pesquisa em Metaversos Compartilhados, que envolve, ainda, o Laboratório Biodesign vinculado à PUC-Rio, além do Visgraf, Instituto de Matemática Pura e Aplicada-IMPA/MCTI. Nesse projeto o LAPID atuou na coordenação da linha denominada Patrimônio Científico-Cultural.

As atividades desenvolvidas nessa linha tiveram início com a escolha dos dispositivos de mediação e da plataforma de disponibilização dos dados. Optamos pelos óculos de Realidade Virtual Quest 2 devido, principalmente, à praticidade de uso do equipamento, pois esse modelo (ao contrário

de outros dispositivos anteriormente testados) não precisava de conexão física através de cabos com fontes de dados (desktop) ou energia (alimentação externa). O Quest 2, além de custo mais acessível, é relativamente pequeno, leve e razoavelmente confortável, adaptando-se adequadamente ao uso físico, especialmente quando comparado aos similares disponíveis (Obs: como todo dispositivo de avanço tecnológico, os óculos de realidade virtual encontram-se em franco desenvolvimento e alternativas estão surgindo constantemente, como o recente lançamento do Quest 3, Quest Pro e outros dispositivos de intermediação).

Concomitantemente, em colaboração com os colegas do Projeto Space-XR (<https://space-xr.com/>), passamos a analisar as possíveis plataformas virtuais (VELHO *et al.*, 2022). Assim, em função de suas particularidades, a plataforma inicialmente escolhida foi a Spatial (Spatial.io).

• *This text reports on some of the activities developed by the research team of the Laboratory for Digital Image Processing (LAPID) with the aim of disseminating through the metaverse the teaching and research activities developed with the scientific-cultural collection of the National Museum/UFRJ. These activities are directly related to the link between LAPID and the Space-XR project: Research in Shared Metaverses. This project also involves the Biodesign Laboratory linked to PUC-Rio, as well as Visgraf at the Institute of Pure and Applied Mathematics-IMPA/MCTI. In this project, LAPID coordinated the Scientific-Cultural Heritage line.*

The activities developed in this area began with the selection of the mediation devices and the platform for delivering the data. We chose the Quest 2 Virtual Reality headsets due to their practicality (unlike other previously tested devices), this model does not require a physical connection via cables to data sources (desktop) or power (external power supply). The Quest 2 is more affordable, relatively small, lightweight, and reasonably comfortable, making it well-suited for physical use, especially compared to similar devices available on the market (note: like all technologically advanced devices, Virtual Reality headsets are continuously evolving, with new alternatives constantly emerging, such as the recent launch of the Quest 3, Quest Pro, and other intermediate devices).

At the same time, in collaboration with colleagues from the Space-XR project (<https://space-xr.com/>), we began analyzing possible virtual platforms (VELHO et al., 2022). The Spatial platform (Spatial.io) was initially chosen because of its features.

ESPAÇOS VIRTUAIS. VIRTUAL SPACES

Nosso primeiro contato com essa realidade (virtual) se deu através do espaço denominado XR Showcase e seu paralelo XR Meeting Point, ambos na plataforma Spatial, onde, semanalmente, realizamos nossas reuniões do projeto Space-XR, fonte inesgotável de troca de experiências e informações. O passo seguinte foi a inclusão de nossos arquivos digitais (tratados em aplicativos como Photoshop, ZBrush, Blender, etc...) em modelos (templates) disponibilizados pela plataforma Spatial e, posteriormente, a customização de nossos próprios espaços.

A seguir, passamos a apresentar os principais espaços criados dentro dessa iniciativa, sempre com a colaboração e sugestões dos colegas do Space-XR:

Our first contact with this (virtual) reality was through the space called XR Showcase and its parallel XR Meeting Point, both on the Spatial platform, where we held our weekly Space-XR project meetings, an inexhaustible source of sharing experiences and information. The next step was to incorporate our digital files (processed in applications such as Photoshop, ZBrush, Blender, etc.) into the models (templates) provided by the Spatial platform, and, then, to customize our own spaces.

Below we present the main spaces created as part of this initiative, always with the collaboration and suggestions of Space-XR colleagues:



Lapid Meeting Room: montado no template Boardroom do Spatial e seguindo a linha do XR Meeting Point, esse espaço foi criado para reunir a equipe de Laboratório de Processamento de Imagem Digital (LAPID) em suas reuniões de trabalho em ambiente virtual em decorrência das limitações de mobilidade impostas pela pandemia de Covid19. O ambiente foi posteriormente realocado em função de restrições impostas pela Plataforma Spatial, passando a se chamar Lapid Meeting Room 2.

Lapid Meeting Room: *A room assembled in the Spatial Boardroom template and following the XR Meeting Point line, this room was created to bring together the Digital Image Processing Laboratory (LAPID) team for their work meetings in a virtual environment due to mobility restrictions imposed by the Covid-19 pandemic. The room was later relocated due to restrictions imposed by the Spatial platform and renamed Lapid Meeting Room 2.*



LAPID Park: *Modelled on a customised environment, this space is designed to showcase LAPID's many areas of activity, particularly in the fields of Palaeontology, Geology, Archaeology, Egyptology, Meteoritics, Zoology, Ecology, Art, Dance, and more. It serves as a showroom for activities already carried out and as a point of departure and access to all other spaces created by the laboratory. The space is divided into several modules, each with a theme, in addition to a central module where visitors can learn more about LAPID. Visitors can enter a cave to explore the palaeontology and geology pavilion or board a capsule that takes them on a journey through the sky to space, where the astronomy pavilion is located. The pavilions and their layout are based on the octahedron shape of the Laboratory's logo.*



LAPID Park: modelado em ambiente customizado, o espaço é destinado a apresentar as múltiplas áreas de atuação do LAPID, especialmente nos campos da Paleontologia, Geologia, Arqueologia, Egíptologia, Meteorítica, Zoologia, Ecologia, Artes, Dança, entre outros. Serve, portanto, como um showroom para as atividades já realizadas e como ponto de partida e acesso a todos os outros espaços criados pelo laboratório. O espaço está organizado em diversos pavimentos, cada um com uma temática, além de um módulo central onde os visitantes podem saber mais sobre o LAPID. É possível entrar numa caverna, onde se encontra o pavilhão da Paleontologia e Geologia, ou viajar numa cápsula que leva os visitantes por um passeio pelo céu até o espaço, onde fica o pavilhão astronômico. Os pavilhões e sua disposição foram criados tendo como inspiração o formato de octaedro do logotipo do laboratório.



Megafauna do Quaternário da Bahia:

montado em template Outdoors do Spatial, esse espaço tem por objetivo apresentar modelos tridimensionais da megafauna brasileira além de diversas informações de cunho paleontológico sobre esses fósseis.

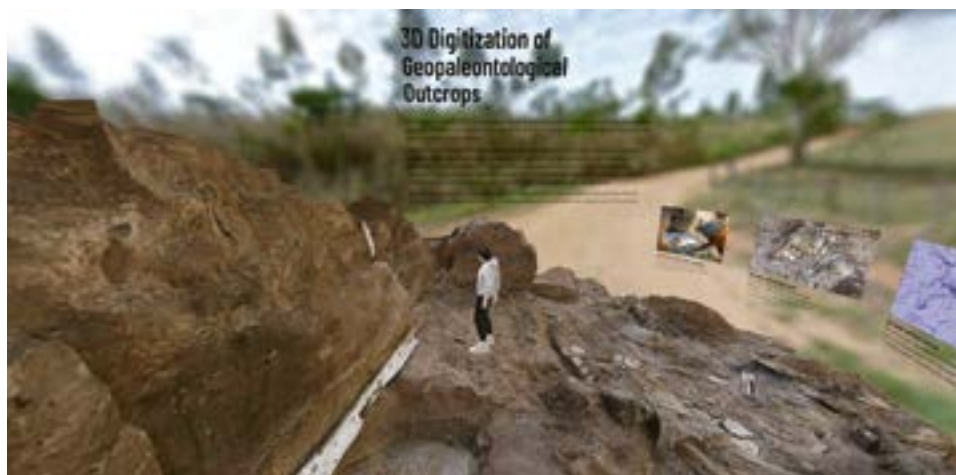


Quaternary Megafauna: *This space, assembled in the Spatial Outdoors template, aims to present three-dimensional models of Brazilian megafauna, along with various palaeontological information about these fossils.*

Tartaruguito: modelado em ambiente que reproduz a digitalização tridimensional do afloramento fossilífero conhecido como Tartaruguito, localizado em Pirapozinho (São Paulo). Os visitantes podem caminhar virtualmente pelo afloramento. Painéis e modelos 3D adicionais apresentam informações sobre o trabalho dos paleontólogos do Museu Nacional na localidade.



Tartaruguito: *This space is modelled in an environment that reproduces the three-dimensional digitization of the fossil outcrop known as Tartaruguito, located in Pirapozinho (São Paulo). Visitors can virtually walk around the outcrop, accompanied by images showing the work of palaeontologists from the National Museum on the site.*





Grillo's Memories and Works: desenvolvido no template Obsidian Gallery do Spatial, esse espaço apresenta um resumo dos projetos nos quais o pesquisador Orlando Grillo participou, entre eles projetos de Paleontologia, Geologia e Meteorítica, bem como resultados de sua linha de pesquisa em biomecânica e trabalhos de digitalização 3D de grandes estruturas naturais como o Monumento Natural das Ilhas Cagarras e o costão rochoso de Arraial do Cabo.

Grillo's Memories and Works: Developed using the Obsidian Gallery template in Spatial, this space presents a summary of the projects in which researcher Orlando Grillo participated, including projects in Paleontology, Geology, and Meteoritics, as well as the results of his research line in biomechanics and 3D digitization work of large natural structures such as the Natural Monument of the Cagarras Islands and the rocky shore of Arraial do Cabo.



Lobo's Gallery: Developed using Spatial's Isle Gallery template, this space presents a summary of the projects developed by researcher Leonardo Lobo, covering aspects mainly related to paleomastozoology.



Lobo's Gallery: desenvolvido no template Isle Gallery do Spatial, esse espaço apresenta um resumo dos projetos que o pesquisador Leonardo Lobo desenvolveu, abrangendo aspectos principalmente relacionado à paleomastozoologia.





Galeria LAPIDVR: em mais uma tentativa de customizar um ambiente, agora em desenho arquitetônico inédito, o espaço apresenta duas exposições intimamente correlacionadas. A primeira, ocupando o anel externo da sala, é intitulada “Na Alegria e na Tristeza” e apresenta imagens e vídeos obtidos por Sergio Azevedo e sua esposa e companheira de vida, Luciana Carvalho durante o trabalho conjunto na Equipe de Resgate de Acervos do Museu Nacional. A segunda mostra, disponibilizada no salão central da galeria, é intitulada “Mãos do Resgate” e apresenta, através de fotografias de Marcos Gusmão, Sergio Azevedo e Luciana Carvalho, as mãos dos membros da equipe de Resgate de Acervos no seu árduo trabalho de resgatar as peças após o incêndio. A galeria é apresentada em ambiente (skybox) que retrata a Quinta da Boa Vista, no bairro Imperial de São Cristóvão - RJ, local onde o Palácio Imperial, sede principal do Museu Nacional, está localizado.

LAPIDVR Gallery: In another attempt to customize an environment with a new architectural design, this space presents two closely related exhibitions. The first, occupying the outer ring of the space, is entitled ‘In Joy and Sadness’ and presents images and videos obtained by Sergio Azevedo and his wife and partner, Luciana Carvalho, during their joint work on the National Museum’s Collection Rescue Team. The second exhibition, located in the central hall of the gallery, is entitled “Mãos do Resgate” (Hands of Rescue) and presents, through photographs by Marcos Gusmão, Sergio Azevedo and Luciana Carvalho, the hands of the Collection Rescue Team members in their hard work of rescuing the pieces after the fire. The gallery is presented in an environment (skybox) representing Quinta da Boa Vista, in the Imperial district of São Cristóvão - RJ, where the Imperial Palace, the main headquarters of the National Museum, is located.



Expo Resgate - Marcos Gusmão: montado em template Aeries Gallery do Spatial e desenvolvido com o objetivo de apresentar imagens do fotógrafo Marcos Gusmão obtidas no acompanhamento dos trabalhos da Equipe de Resgate de Acervos do Museu Nacional/UFRJ após o trágico incêndio de setembro de 2018.



Rescue Exhibition - Marcos Gusmão: *This space, assembled using Spatial's Aeries Gallery template, aims to present images by photographer Marcos Gusmão, captured while documenting the work of the National Museum/UFRJ Collection Rescue Team after the tragic fire of September 2018.*

Formatae ignem: montado no template Isle Gallery do Spatial: esse espaço constitui uma mostra que mescla arte e memória ao apresentar formas geradas pela ação do fogo durante o incêndio que atingiu o Museu Nacional em setembro de 2018. As peças constituídas por metal, vidro, madeira, plástico, etc., foram coletadas durante o trabalho da Equipe de Resgate de Acervos do Museu Nacional. A montagem dessa exposição teve para os organizadores forte impacto psicológico no sentido de resgatar e reinterpretar formas de um ambiente tão caro, onde convivemos durante mais de 30 anos, impedindo, assim, que tudo fosse acabar nos depósitos de lixo.



Formatae ignem: *Assembled using the Isle Gallery template in Spatial, this space is an exhibition that mixes art and memory by presenting forms created by the action of the fire during the fire that hit the National Museum in September 2018. The pieces, made of metal, glass, wood, and plastic, were collected during the work of the National Museum's Collection Rescue Team. For the organisers, setting up this exhibition had a strong psychological impact, in the sense of rescuing and reinterpreting forms from such a significant environment in which they had lived for more than 30 years, preventing everything from ending up in the rubbish dump.*



Núcleo de Conservação: modelado em ambiente customizado, o espaço apresenta distintas etapas de recuperação de peças do acervo científico e arquitetônico do Palácio de São Cristóvão após o incêndio.



Conservation Center:

Modeled in a customized environment, this space presents different stages of recovery for pieces from the scientific and architectural collection of the "Palácio de São Cristóvão" after the fire.

Museum of Ashes – Vik Muniz: a primeira experiência em modelar um ambiente próprio customizado em colaboração com o Vik Muniz Studios. O espaço apresenta em realidade virtual a exposição Museum of Ashes do artista plástico Vik Muniz, fisicamente montada em 2019 na Sikkema Art Gallery, em New York, exibindo obras de arte elaboradas pelo artista com detritos resgatados dos escombros do incêndio do Museu Nacional.



Museum of Ashes Space - Vik Muniz: *This was the first experience in modeling a customized environment in collaboration with Vik Muniz Studios. The space presents, in virtual reality, visual artist Vik Muniz's Museum of Ashes exhibition, which was physically assembled at the Sikkema Art Gallery in New York in 2019 and features artworks created by the artist using debris salvaged from the rubble of the National Museum fire.*





Archeoverse - Quinta da Boa Vista: Modeled in a customized environment, this space allows visitors to explore the archaeological excavations carried out during the recovery process of the "Palácio de São Cristóvão" after the fire.



Arqueoverso - Quinta da Boa Vista: modelado em ambiente customizado, o espaço permite uma visita às escavações arqueológicas realizadas durante o processo de recuperação do Palácio de São Cristóvão após o incêndio.



Lapa da Zilda em Carrancas-MG: Assembled using Spatial's Outdoors template, this room aims to provide visitors with a tour of the archaeological site of Lapa da Zilda in the municipality of Carrancas, MG, featuring its caves and cave paintings.

Lapa da Zilda em Carrancas-MG: montado em template Outdoors do Spatial, esse espaço tem por objetivo propiciar aos visitantes um passeio pelo sítio arqueológico da Lapa da Zilda no município de Carrancas, MG, com suas cavernas e pinturas rupestres.



Infinite Space: elaborado em ambiente customizado que remete a uma viagem futurista ao espaço, os visitantes caminham por uma ponte de vidro em formato de loop infinito, rodeados de modelos tridimensionais animados de itens da coleção de meteoritos do Museu Nacional. Há ainda uma galeria em forma de plataforma espacial futurista onde são apresentados os painéis da exposição “Meteoritos, da Gênese ao Apocalipse”, que foi inaugurada no Museu Nacional em 2015.

Infinite Space: Developed in a customized environment that evokes a futuristic space journey, visitors walk along a glass bridge in the shape of an infinite loop, surrounded by animated three-dimensional models of items from the National Museum’s meteorite collection. There is also a gallery in the form of a futuristic space platform where the panels of the exhibition “Meteorites: From Genesis to Apocalypse,” which was inaugurated at the National Museum in 2015, are presented.

Ilhas do Rio - MoNa

Ilhas Cagarras: desenvolvida em ambiente customizado que reproduz a estrutura das Ilhas Cagarras no litoral do Rio de Janeiro (produzidas por meio de digitalização por fotogrametria das ilhas). O espaço foi desenvolvido em colaboração com a equipe do "Projeto Ilhas do Rio" e apresenta aspectos da fauna, inclusive submarina, do arquipélago. Os visitantes podem escalar as ilhas, "dar um mergulho" ao lado de peixes e tartarugas e "navegar" em barcos.



Rio Islands - MoNa Cagarras: *Developed in a custom environment that reproduces the structure of the Cagarras Islands off the coast of Rio de Janeiro (created through photogrammetric scanning of the islands), this space was developed in collaboration with the "Ilhas do Rio" (Rio Islands) project team. It presents aspects of the archipelago's fauna, including underwater fauna. Visitors can climb the islands, "swim" with fish and turtles, and "sail" in boats.*



Dance Space: nesse espaço, montado em template Isle Gallery do Spatial, desenvolvido inicialmente para apresentação no Encontro 22+100 LABAN e o Projeto Modernista em Junho de 2022, foram utilizadas imagens, vídeos e fotografias dos trabalhos de Rudolf Laban, Irmgard Bartenieff e Helenita Sá Earp, expoentes das artes da dança e do movimento. Além disso, foram inseridos modelos tridimensionais dos sólidos platônicos utilizados por Laban em suas escalas e um avatar dançante (produto do trabalho conjunto de Bernardo Alevato e Taiane Lobo), dentro do sólido octaedro.



Dance Space: *Created using the Spatial's Isle Gallery template and originally developed for presentation at the 22+100 LABAN Meeting and the Modernist Project in June 2022, this space uses images, videos, and photographs of the works of Rudolf Laban, Irmgard Bartenieff, and Helenita Sá Earp, exponents of the art of dance and movement. Additionally, three-dimensional models of the platonic solids used by Laban in his scales and a dancing avatar (product of the joint work of Bernardo Alevato and Taiane Lobo), inside the octahedron solid were included.*





Indian Room: Modeled in a customized environment, the room is a parallel activity to Thaisa Martins' Ph.D. program. It is intended to present aspects related to the architectural structure of an Indian temple. The room is under development, and models representing different characteristics related to the eight classical Indian dances will be presented.



Sala Indiana: modelado em ambiente customizado, o espaço constitui atividade paralela ao programa de doutoramento de Thaisa Martins e se destina a apresentar aspectos relacionados à estrutura arquitetônica de um templo indiano. O espaço se encontra em elaboração e serão apresentados modelos representando diferentes características relacionadas às oito danças clássicas indianas.



MusasMN: montado em template Outdoors do Spatial, esse espaço tem por objetivo apresentar os modelos tridimensionais de estátuas restauradas após o incêndio de 2018 e que ornamentam o topo da fachada frontal do Palácio de São Cristóvão, sede do Museu Nacional/UFRJ.



MusasMN: Assembled in Spatial's Outdoors template, this space aims to present the three-dimensional models of the statues restored after the 2018 fire that decorate the top of the front facade of the "Palácio de São Cristóvão", the headquarters of the Museu Nacional/UFRJ.

Arqueoverso - Experiência Cerâmica Grega: modelado em ambiente customizado, o espaço foi desenvolvido objetivando apresentar material didático de modo a permitir a familiarização dos visitantes aos processos de criação dos distintos utensílios em cerâmica desenvolvidos pela cultura grega. A sala serviu de apoio às aulas da disciplina "Análise Iconográfica Grega Antiga" do Curso de História da UFRJ.



Arqueoverso - Greek Ceramic Experience: Modeled in a customized environment, this space was developed to present educational material allowing visitors to familiarize themselves with the processes of creating the different ceramic utensils developed by Greek culture. The space supports the teaching of the discipline "Ancient Greek Iconographic Analysis" in the History course at UFRJ.

CONCLUSÃO . CONCLUSION

A utilização de plataforma de disponibilização de conteúdos tridimensionais no metaverso através do desenvolvimento de espaços destinados à difusão e popularização do patrimônio científico-cultural vinculado às atividades de ensino, pesquisa e extensão do Museu Nacional/UFRJ possibilitou a abertura de novas vertentes de pesquisa e difusão científica e artística. A escolha da plataforma marcou o início na exploração do ambiente de Realidade Virtual, esse importante meio de interação que, cada vez mais, assume vital relevância no avanço das metodologias de difusão da ciência e do conhecimento.

O uso da plataforma Spatial inicialmente atendeu plenamente aos objetivos pretendidos. No entanto, com o passar do tempo, a plataforma implantou uma série de restrições que dificultaram, ou mesmo impediram, o acesso a determinados espaços. No momento, a equipe estuda formas de contornar essas restrições ou mover os arquivos para plataformas alternativas que permitam a difusão irrestrita dos conteúdos. ●

The use of a platform to provide three-dimensional content in the metaverse, through the development of spaces dedicated to the dissemination and popularization of scientific-cultural heritage linked to the teaching, research, and extension activities of the National Museum/UFRJ, has opened new avenues for scientific and artistic research and dissemination. This initiative also marked the beginning of exploring the Virtual Reality environment, an increasingly important means of interaction that advances methodologies for the dissemination of science and knowledge. Initially, the use of the Spatial platform fully met its intended objectives. However, over time, the platform introduced several restrictions that made access to certain spaces difficult or even impossible. The team is currently investigating ways to circumvent these restrictions or move the files to alternative platforms that allow for the unrestricted dissemination of content. ●



EXPERIÊNCIAS IMERSIVAS EM REALIDADE VIRTUAL

IMMERSIVE WORKSHOPS IN VIRTUAL REALITY



CONTEÚDO INTERATIVO
INTERACTIVE CONTENT

Sergio Azevedo
Luciana Carvalho
Gabriel Cardoso
Orlando Grillo
Leonardo Lobo
Thaisa Martins
Ana Carolina Navarro
Alice Azevedo
Pedro Von Seehausen
Tamires Machado
Gisela Chapot
Lilian Cardoso
Leonardo Massoto

Jovens estudantes em uma experiência
imersiva de Realidade Virtual

*Young students in an immersive
Virtual Reality experience*

PATRIMÔNIO.HERITAGE 

Seguindo o modelo de experiência em Realidade Virtual apresentada no Projeto V-HORUS - iniciativa pioneira desenvolvida pela equipe do Projeto Space-XR (grupo que reúne pesquisadores do Lapid/Museu Nacional/UFRJ, VISGRAF/IMPA, BIODESIGN/PUC-Rio e LAMOT/INT) e apresentada em múltiplas ocasiões e diferentes locais, diversas outras atividades similares foram moduladas com a intenção de popularizar o uso dos óculos de intermediação para Realidade Virtual (VR) e divulgar conteúdos científico-culturais abordados nas pesquisas do Laboratório de Processamento de Imagem Digital (LAPID) do Museu Nacional/UFRJ, onde diversas dessas atividades ocorreram em colaboração com colegas do grupo Space-XR.

Nesse sentido, o primeiro teste de visualização de ambientes em Realidade Virtual foi realizado em junho de 2022, em atividade vinculada ao evento “22+100 Laban e o Projeto Modernista” (Figura 01). Nessa ocasião foi apresentado aos participantes do evento aspectos da sala “Dance Space” disponibilizada na plataforma Spatial – a sala em questão apresenta em Realidade Virtual informações, vídeos e fotografias dos trabalhos de Rudolf Laban, Irmgard Bartenieff e Helenita Sá Earp, expoentes das artes da dança e do movimento.

Em outubro de 2022, paralelamente à Semana de Arqueologia Histórica do Museu Nacional, foi realizada nossa primeira Experiência VR nos moldes que viriam a ser adotados nas experiências futuras, contando agora com o uso dos dispositivos de mediação do tipo Oculus VR (modelo Quest2). Durante os três dias do evento, participantes tiveram acesso virtual a um ambiente que reproduzia as escavações arqueológicas que estavam sendo desenvolvidas pelas equipes de arqueólogos do Museu Nacional dentro do Palácio Imperial de São Cristóvão, com o objetivo de conhecer a evolução histórica do prédio.

Em novembro de 2022 a equipe do Lapid apresentou a Experiência VR “Arqueoverso: Experiência Cerâmica Grega” como parte integrante da disciplina “Análise Iconográfica Grega Antiga” do Curso de História da UFRJ. A atividade (Figura 03) foi desenvolvida na sala provisória do Lapid, ainda no prédio anexo ao prédio principal do Museu na Quinta da Boa Vista.

Uma terceira Experiência VR, dessa vez paralela ao 2º Simpósio de Tecnologias 3D, no laboratório Alta-Imagem (RJ) foi implementada em dezembro de 2022, apresentando avanços no metaverso em museologia e medicina. Uma quarta Experiência VR (Figura 04), paralela ao evento PaleoRJ/ES 2022, foi realizada no mesmo mês, apresentando ambientes de Realidade Virtual com temática paleontológica com a disponibilização de uma visita virtual à Sala “Megafauna do Quaternário da Bahia” na plataforma Spatial.

Em abril de 2023, a equipe Space-XR participou da organização do evento Dance & Tech, realizado na Faculdade Angel Vianna, importante centro de formação em dança da cidade do Rio de Janeiro. Nesse evento foram abordados diversos temas relacionados à dança e sua interface com as tecnologias digitais em mostras artísticas e experimentações, além de mesas redondas tais como: diálogo entre dança e tecnologia, tecnologias digitais na criação em dança, dança e captura de movimento e dança no metaverso. A Experiência VR (Figura 05) apresentou, em ambiente virtual, avanços das pesquisas da equipe Space-XR no processo de captura de movimento (MoCap) integrados a modelos virtuais (avatars).



Figura 01
(no alto): Evento
22+100 Laban.

Figura 02:
Experiência VR
Arqueoverso.

Figure 01 (top):
22 + 100 Laban
Event .

Figure 02:
Archeoverse
VR Experience.



- Following the model of the Virtual Reality experience presented in the V-HORUS project - a pioneering initiative developed by the Space-XR team (a group that brings together researchers from LAPID/National Museum/UFRJ, VISGRAF/IMPA, BIODESIGN/PUC-Rio and LAMOT/INT) and presented on several occasions and in different locations - other similar activities were designed to popularize the use of Virtual Reality (VR) headsets and disseminate the scientific and cultural content addressed in the research of the Digital Image Processing Laboratory (LAPID) of the National Museum/UFRJ. Several of these activities took place in collaboration with colleagues from the Space-XR group.

The first test of viewing environments in Virtual Reality took place in June 2022, in an activity linked to the event "22+100 Laban and the Modernist Project" (Figure 01). On this occasion, participants were presented with aspects of the Dance Space room available on the Spatial platform. This room presents in Virtual Reality information, videos, and photographs of the works of Rudolf Laban, Irmgard Bartenieff, and Helenita Sá Earp, exponents of the art of dance and movement.



Figura 03: Arqueoverso: Experiência Cerâmica Grega.



Figure 03: Archeverse: Greek Ceramic Experience.

Com o sucesso da primeira edição, o Dance & Tech foi convidado a realizar uma segunda edição na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Realizada em agosto de 2023 (Figura 06), a edição aconteceu em formato híbrido, ampliando o alcance e atendendo ao interesse de participantes de outros estados. O evento contou com a participação de convidados internacionais, como Daiane Lopes e Weidong Yang, bailarinos e pesquisadores norte-americanos, que vieram ao Brasil para compartilhar suas pesquisas. O tema central, "Dança e tecnologia: articulações em potência", foi explorado em mesas de debate que discutiram as conexões entre dança, tecnologia, saúde, memória e interdisciplinaridade.

O ano de 2023 marcou ainda a associação de nossas oficinas em Realidade Virtual ao Projeto "Meninas Com Ciência", iniciativa do Museu Nacional com o objetivo de familiarizar meninas em idade escolar com as pesquisadoras e as atividades científicas desenvolvidas no Museu – neste ano, vinculadas às edições do Projeto Meninas Com Ciência, diversas experiências (Figura 07) foram ofertadas, sempre procurando apresentar para essas jovens meninas as possibilidades de difusão da ciência em ambiente de Realidade Virtual.

Encerrando 2023, agora paralelamente à IX Semana de Egiptologia do Museu Nacional (SEMNA), evento que tem contado com a participação sistemática do LAPID e da equipe Space-XR ao longo dos últimos anos, uma Experiência VR (Figura 08) foi disponibilizada, apresentando um vídeo em 360 graus onde era demonstrada a participação de pesquisadores do Museu Nacional/ UFRJ dentro do Projeto Neferhotep, projeto este que consiste na restauração da Tumba Tebana 49 (TT-49), localizada em Luxor, Egito. Esse vídeo, intitulado "Neferhotep 360", fruto também da colaboração com a equipe Space-XR, passou a ser tema de diversas outras oficinas implementadas ao longo do ano seguinte.

O início de 2024 foi marcado por nossa primeira oficina em evento internacional. Por ocasião da disponibilização ao público da Tumba TT-49 o LAPID apresentou, em fevereiro, uma Experiência VR (Figura 09) em Luxor (Egito), propiciando aos presentes a visualização da versão preliminar do filme Neferhotep 360.

Em Julho de 2024, em colaboração com o Laboratório de Egiptologia do Museu Nacional (SESHAT), foi realizada Experiência



Figura 04: Experiência VR Megafauna do Quaternário.

Figure 04: VR Workshop Quaternary Megafauna.

In October 2022, in parallel with the National Museum's Historical Archaeology Week, our first VR Experience was held, following the format adopted for future experiences using VR mediation devices (Quest 2 headsets). During the three days of the event, participants had virtual access to an environment that reproduced the archaeological excavations carried out by the National Museum's teams of archaeologists inside the Imperial Palace of São Cristóvão. The goal was to learn about the historical evolution of the building (Figure 02).

In November 2022, the LAPID team presented the VR Experience Archeoverso: Greek Ceramic Experience as an integral part of the discipline Ancient Greek Iconographic Analysis of the History Course at UFRJ. The activity (Figure 03) was developed in the temporary room of LAPID, still in the building attached to the main building of the Museum in Quinta da Boa Vista.

A third VR Experience, held in parallel with the 2nd Symposium on 3D Technologies at the Alta-Imagem Laboratory (RJ), was implemented in December 2022. This event presented advances in the metaverse in museology and medicine.



In the same month, a fourth VR Experience (Figure 04) was held in parallel with the PaleoRJ/ES 2022 event. This experience showcased Virtual Reality environments with a palaeontological theme, including a virtual visit to the Quaternary Megafauna of Bahia room on the Spatial platform.

In April 2023, the Space-XR team participated in the organization of the Dance & Tech event, held at the Angel Vianna College, an important dance training centre in the city of Rio de Janeiro.

This event covered several topics related to dance and its interface with digital technologies, through artistic exhibitions and experiments, as well as round tables, such as: dialogue between dance and technology, digital technologies in dance creation, dance and motion capture, and dance in the metaverse. The VR Experience (Figure 05) presented, in a virtual environment, the progress of the Space-XR team's research into motion capture (MoCap) integrated with virtual models (avatars).



Figura 05: Experiência VR Dance & Tech (Faculdade Angel Vianna, RJ).

Figure 05: VR Dance & Tech Workshop (Faculdade Angel Vianna, RJ).



VR paralela ao evento “Clube de Jovens Cientistas do Museu Nacional” (Figura 10). Na ocasião foi disponibilizado aos participantes a visualização em óculos VR do filme Neferhotep 360.

Em agosto de 2024 o Projeto “Meninas Com Ciência” organizou atividades destinadas às meninas das comunidades da Maré e Morro da Mangueira, Rio de Janeiro. Por ocasião desses eventos o LAPID implementou diversas oficinas abordando suas pesquisas em tecnologias tridimensionais e ambiente virtual, assim estruturadas:

A primeira oficina propiciou às participantes do evento uma visita ao LAPID, ocasião em que pesquisadores do laboratório apresentaram atividades tais como: escaneamento digital tridimensional, modelagem digital de arquivos 3D e prototipagem física (impressão 3D) do acervo científico-cultural do Museu Nacional para disponibilização em ambiente virtual e apoio à pesquisa científica e exposições (Figura 11) – um dos exemplos apresentados foi o processo de digitalização, modelagem e prototipagem do esqueleto do dinossauro triássico *Staurikosaurus pricei*, a ser utilizado nas futuras exposições paleontológicas do Museu.

A segunda Experiência (Figura 12) consistiu em mais uma apresentação do vídeo Neferhotep 360 produzido pelo Grupo Space-XR. A Experiência contou também com a colaboração do grupo de pesquisadores do SESHAT (grupo que se ocupa de estudos relacionados à cultura egípcia antiga no Museu Nacional).

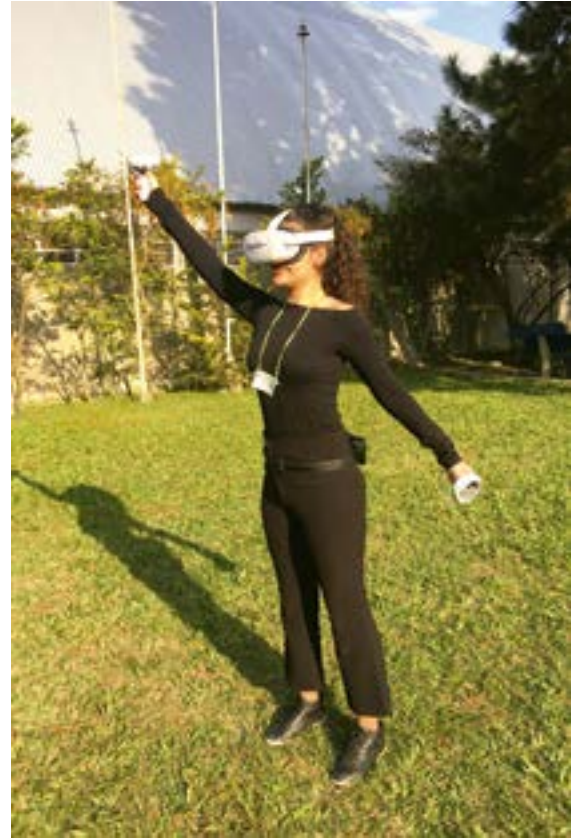
Figura 06:
Experiência VR
Dance & Tech
(UFRGS, RS).

Figure 06:
VR Dance &
Tech Workshop
(UFRGS, RS).



The success of the first edition of the Dance & Tech led to an invitation to hold a second edition at the Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS). Held in August 2023 (Figure 6), the event was conducted in a hybrid format (online and in-person) to extend the reach and interest of participants from other states. The event featured international guests such as Daiane Lopes and Weidong Yang, North American dancers and researchers, who came to Brazil to share their research. The central theme, Dance and Technology: Articulations in Power, was explored in round tables that discussed the links between dance, technology, health, memory, and interdisciplinarity.

The year 2023 also marked the link between our Virtual Reality workshops and the “Meninas Com Ciência” project, an initiative of the National Museum aimed at familiarising school-age girls with female researchers and the scientific activities developed at the museum. This year, several experiences (Figure 07) were offered in conjunction with the editions of the project, always with the aim of showing these young girls the possibilities of disseminating science in a Virtual Reality environment.



At the end of 2023, in parallel with the National Museum of Egyptology Week (SEMNA), an event in which LAPID and the Space-XR team have systematically participated in recent years, a VR Experience (Figure 08) was made available. It presented a 360-degree video demonstrating the participation of researchers from the National Museum/UFRJ in the Neferhotep project, which consists of the restoration of Theban Tomb 49 (TT-49) in Luxor, Egypt. This video, entitled Neferhotep 360, also the result of a collaboration with the SpaceXR team, became the subject of several other workshops held during the following year.

The beginning of 2024 was marked by our first workshop at an international event. On the occasion of the opening of Tomb TT-49 to the public, LAPID presented a VR Experience (Figure 09) in Luxor (Egypt), in February, allowing attendees to view the preliminary version of the Neferhotep 360 film.



Em Setembro de 2024, como atividade integrada ao “3º Festival Nacional da Matemática” (Realização: IMPA/MCTI), evento destinado a estudantes e ao público em geral, a equipe do LAPID ficou responsável por conduzir mais uma Experiência VR.

Essa atividade, denominada oficialmente como “Espaço de Realidade Expandida Space-XR”, foi dividida em dois ambientes, sendo o primeiro ambiente (Figura 13) destinado a apresentar aos participantes uma série de informações relatando as pesquisas do Museu Nacional no Egito, particularidades históricas da civilização egípcia antiga e detalhes da produção e apresentação do vídeo em Realidade Virtual “Neferhotep 360”. Na ocasião, os pesquisadores do Museu Nacional procuravam ainda elucidar as dúvidas do público sobre os aspectos envolvidos na experiência. Como material de apoio à visualização por portadores de deficiência visual foi utilizada uma impressão tridimensional do espaço da tumba que abriga as estátuas de Neferhotep, sua esposa e filhos (Figura 14).



Figura 07: Experiência VR Meninas Com Ciência.

Figure 07: Meninas Com Ciência VR Workshop.

A segunda parte (Figura 15) consistiu na apresentação em dispositivo de mediação virtual (óculos Quest2) do vídeo “Neferhotep 360”, produzido pelo Grupo Space-XR. A oficina contou com a colaboração de pessoal técnico contratado pelo IMPA (promotor do evento) e de voluntários. Cabe ainda ressaltar que durante os três dias do evento cerca de 1000 (mil) pessoas realizaram a experiência.



Figura 08: Experiência VR Neferhotep 360.

Figure 08: Neferhotep 360 VR Workshop.

Finalizando o ano de 2024, os dispositivos Quest 2 foram ainda utilizados como atividade didática complementar na disciplina “Metodologias Tridimensionais Avançadas” (Figura 16), ministrada por Orlando Grillo no Programa de Pós-graduação em Patrimônio Geopaleontológico do Museu Nacional/ UFRJ. Na ocasião, os alunos puderam visitar espaços virtuais criados pela equipe na plataforma Spatial, bem como assistir ao vídeo “Neferhotep 360”.

**Figura 09: Experiência VR
Neferhotep 360 em Luxor, Egito.**

*Figure 09: Neferhotep 360
VR Workshop in Luxor, Egypt.*



In July 2024, in collaboration with the Egyptology Laboratory of the National Museum (SESHAT), a VR Experience was held in parallel with the “Clube do Jovem Cientista do Museu Nacional” event (Figure 10). On this occasion, participants had the opportunity to watch the film “Neferhotep 360” through VR headsets.

In August 2024, the “Meninas Com Ciência” project organised activities for girls from the communities of Maré and Mangueira, Rio de Janeiro. During these events, LAPID conducted several workshops related to its research in three-dimensional technologies and virtual environments, structured as follows: in the first workshop, participants visited LAPID, where researchers from the laboratory presented activities such as three-dimensional digital scanning, digital modelling of 3D files, and physical prototyping (3D printing) of the scientific-cultural collection of the National Museum for availability in a virtual environment and support for scientific research and exhibitions (Figure 11). One of the examples presented was the process of digitization, modelling, and prototyping of the skeleton of the Triassic dinosaur Staurikosaurus pricei, to be used in future palaeontological exhibitions at the museum.



**Figura 10: Experiência VR
Clube de Jovens Cientistas.**

Figure 10: “Clube de Jovens Cientistas” VR Workshop.

The second experience (Figure 12) was the presentation of the video “Neferhotep 360”, produced by the Space-XR group. The video shows the participation of researchers from the National Museum in the Neferhotep project, which consists of the restoration of Theban Tomb 49 (TT-49) in Luxor, Egypt. The experience once again involved the SESHAT group of researchers (a group dedicated to the study of ancient Egyptian culture at the National Museum).

Por fim, apresentamos algumas considerações que visam aprimorar o desenvolvimento de experiências similares.

A principal fonte de possíveis problemas nesse tipo de experiência decorre da necessidade de acesso à internet para a configuração dos dispositivos (óculos Quest) e acesso aos ambientes VR na plataforma Spatial – se no local não estiver disponível um sinal de internet de qualidade e velocidade, a eficiência da experiência pode ser comprometida. Ao longo dos eventos por nós realizados, foi possível constatar a relação direta entre qualidade do sinal de internet e a fluidez da apresentação.

Quando o conteúdo está previamente gravado no dispositivo, caso dos filmes 360 (Neferhotep 360, por exemplo), este fator é reduzido, porém a configuração prévia dos dispositivos Quest ainda exige conexão com a internet. No caso de apresentação com material pré gravado, seria de grande valia disponibilizar um programa que permita controlar e sincronizar todos os equipamentos de forma que apresentem o vídeo simultaneamente, aprimorando o tempo de cada sessão e evitando tempo extra decorrente de atrasos no início de algum equipamento.

A disponibilização de equipamento adicional tem demonstrado ser de grande valia, tanto para eventuais substituições de equipamentos com problemas quanto para a introdução extra de visitantes com necessidades especiais – pessoas em cadeiras de rodas, por exemplo, necessitavam utilizar o equipamento nessas, tornando necessário a regulagem dos Quests para operarem fora do raio pré-definido para as cadeiras giratórias.



Figura 11: Experiência Pesquisas LAPID.

Figure 11: LAPID Research Workshop.



Figura 12: Experiência VR Meninas Com Ciência.

Figure 12: "Meninas Com Ciência" VR Workshop.



Figura 13:
Apresentação do Espaço de Realidade Expandida Space-XR.



Figure 13: Presentation of Space-XR Expanded Reality Space.



In September 2024, as an integrated activity of the “3rd National Mathematics Festival” (produced by IMPA/MCTI), an event aimed at students in the school system and the general public, the LAPID team was responsible for implementing another VR Experience. This activity, officially called “Space-XR Expanded Reality Space”, was divided into two areas, the first of which (Figure 13) was designed to present the participants with a series of information related to the research carried out by the National Museum in Egypt, historical particularities of the ancient Egyptian civilization, and details of the production and presentation of the Virtual Reality video “Neferhotep 360”. Researchers from the National Museum also took the opportunity to clear up any doubts the public might have about the aspects of the experience. A three-dimensional impression of the room in the tomb that contains the statues of Neferhotep, his wife, and children was used as a support material for the visually impaired (Figure 14).

The second part (Figure 15) consisted of a presentation of the video “Neferhotep 360”, produced by the Space-XR group, using a virtual mediation device (Quest2 headsets). The video presents the work of researchers from the National Museum as part of the Neferhotep Project, which consists of the restoration of Theban Tomb 49 (TT-49) in Luxor, Egypt. The workshop was supported by technical staff hired by IMPA (the organizer of the event) and volunteers. It is also worth mentioning that, during the three days of the event, approximately 1,000 (one thousand) people participated in the experience.

At the end of 2024, the Quest2 devices were also used as a complementary teaching activity in the course Advanced Three-Dimensional Methodologies (Figure 16), taught by Orlando Grillo in the Postgraduate Programme in Geopaleontological Heritage at the National Museum/UFRJ. On this occasion, the students were able to visit the virtual spaces created by the team on the Spatial platform and watch the “Neferhotep 360” video.

Especial atenção deve ser ainda destinada à durabilidade das baterias, tanto internas quanto extras e ainda ao aquecimento normal dos equipamentos devido ao uso contínuo evitando a necessidade de efetuar períodos de parada nas apresentações ou substituição de dispositivos superaquecidos.

No caso de experiências direcionadas a um grande número de participantes é recomendado que os filmes a serem apresentados tenham uma duração máxima de 5 minutos, permitindo assim que um maior número de pessoas realize a experiência e/ou reduzindo o tempo de espera em fila.

O uso de dispositivos VR pode, em alguns casos, ocasionar certos desconfortos ao utilizador, tais como, tontura, enjoo, vista irritada ou dor de cabeça. Esses sintomas são atualmente conhecidos como “cybersickness” ou “motion sickness”. Nas oficinas realizadas por nossa equipe esses eventos, embora presentes, foram raros (cerca de 5% dos utilizadores). No entanto é necessário ressaltar que a ocorrência pode ser maior no caso do público envolvido não ter tido nenhum contato prévio com o equipamento. Ainda com relação ao quesito saúde e conforto, é importante manter um protocolo de higienização dos dispositivos, limpando com álcool as partes internas e de contato com o rosto depois de cada uso. Essa prática foi adotada em todas as oficinas e apresentações que realizamos, especialmente lembrando que as atividades descritas tiveram início durante a pandemia de COVID-19.

O uso do dispositivo Quest 2 se mostrou perfeitamente adequado à realização das oficinas, principalmente se levarmos em consideração sua praticidade e custo moderado. É evidente que, com o desenvolvimento tecnológico desse tipo de dispositivo, outras opções possam vir a ser consideradas.

Figura 14: Modelo tridimensional das estátuas de Merytra e Neferhotep.

Figure 14: Three-dimensional model of the statues of Merytra and Neferhotep.



Figura 15: Experiência VR Neferhotep 360.

Figure 15: Neferhotep 360 VR Workshop.

Finally, we present some considerations aimed at improving the development of similar experiences.

The main source of potential problems with this type of experience is the need for internet access to configure the equipment (Quest headsets) and access the VR environments on the Spatial platform. If a high quality, high speed signal is not available at the venue, the efficiency of the experience can be compromised. Throughout our events, we have seen a direct correlation between the quality of the internet signal and the fluidity of the presentation.

If the content is pre-recorded on the device, such as 360 films (e.g. Neferhotep 360), this factor is reduced, but the pre-configuration of the Quest devices still requires an internet connection. In the case of presentations with pre-recorded material, it would be very useful to have a programme that allows to control and synchronise all the devices so that they present the video simultaneously, improving the time of each session and avoiding extra time due to delays in the start of some devices.



Figura 16: Alunos do curso de mestrado do PPGEO/MN interagindo com objetos digitais em VR.

Figure 16: Students of the PPGEO/MN master's course interacting with digital objects in VR.

The provision of additional equipment has proved to be of great value, both for the eventual replacement of faulty equipment and for the introduction of additional visitors with special needs. For example, people in wheelchairs needed to use the equipment in these, so the Quests devices had to be adjusted to work outside the pre-defined radius for the chairs.

Special attention had to be paid to the durability of the batteries, both internal and external, and to the normal heating of the equipment due to continuous use, to avoid the need to interrupt presentations or replace overheated equipment.

For experiences with a large number of participants, it is recommended that the films to be shown have a maximum duration of 5 minutes to allow more people to participate in the experience and/or to reduce queuing time.

The use of VR equipment can, in some cases, cause discomfort to the user, such as dizziness, nausea, eye irritation, or headaches. These symptoms are currently known as 'cybersickness' or 'motion sickness'. In the workshops conducted by our team, these events were present but rare (around 5% of users). However, it is important to note that the incidence may be higher if the audience has had no previous contact with the device.

Still regarding the health and comfort aspect, it is important to maintain a device hygiene protocol, cleaning the internal parts and those in contact with the face after each use. This practice was adopted in all the workshops and presentations we conducted, especially considering that the described activities began during the COVID-19 pandemic.

The Quest 2 device proved to be an excellent tool for conducting the workshops, especially considering its practicality and moderate cost. It is clear that as the technology of this type of device develops, other options may be considered.

CONCLUSÃO . CONCLUSION

Após a realização de diversas oficinas em Realidade Virtual, em locais, tipo e quantidade de público variadas, abordando temáticas diversas, foi possível concluir que:

After running several Virtual Reality workshops in different locations, with different types of audiences and on different topics, it was possible to conclude that:

01. Temas científicos e culturais despertam grande interesse entre estudantes e público em geral e os equipamentos de visualização realista como os óculos VR acabam se tornando fortes aliados na difusão e popularização desses temas;

Scientific and cultural topics are of great interest to students and the general public, and realistic visualization tools such as VR headsets are strong allies in the dissemination and popularization of these topics;

02. A utilização de dispositivos de intermediação para Realidade Virtual (óculos VR) cada vez se torna mais familiar ao público, especialmente a parcela mais jovem, bastante habituada aos desenvolvimentos tecnológicos recentes. No entanto é ainda fundamental a presença de pessoas qualificadas para auxiliar na colocação dos dispositivos e fornecer informações básicas sobre o uso dos equipamentos para navegação adequada no metaverso;

The use of Virtual Reality mediation devices (VR headsets) is becoming more familiar to the public, especially the younger generation, who are well accustomed to recent technological developments. However, it is still essential to have qualified people present to help with the placement of the equipment and provide basic information on how to use the equipment for proper navigation in the metaverse;

03. Também é necessário considerar o fator sócio econômico, pois é possível constatar uma maior afinidade ao uso das ferramentas VR por parte daquelas pessoas que integram classes socioeconômicas mais privilegiadas. O que se espera é que cada vez mais integrantes de classes menos privilegiadas possam ter maior acesso a esse tipo de tecnologia, tanto através da implementação de programas governamentais de inclusão quanto na obtenção de possibilidades de melhoria de suas condições socioeconômicas;

It is necessary to consider the socio-economic factor, as it is possible to observe a greater affinity for the use of VR tools by those who belong to more privileged socio-economic classes. It is expected that more and more members of the less privileged classes will have greater access to this type of technology, both through the implementation of government inclusion programmes and through opportunities to improve their socio-economic conditions;

04. As oficinas VR se constituíram em um enorme sucesso tendo obtido excelente receptividade por parte de todos os participantes envolvidos;

The VR workshops were a great success and were well received by all participants;

05. Todos os eventuais problemas surgidos ao longo das apresentações foram adequadamente resolvidos pela equipe, mesmo que para isso tenham sido necessárias adaptações na proposta original, fato que só foi possível devido a qualificação da equipe de desenvolvimento;

All potential problems that arose during the presentations were adequately resolved by the team, even if this required adaptations to the original proposal, which was only possible due to the qualifications of the development team;

06. A contratação de equipe de apoio e a presença de voluntários é de extrema importância, principalmente em eventos com grande quantidade de público. Porém, é importante ressaltar que é necessária a presença constante da equipe de pesquisadores para acompanhar e coordenar o processo, dirimir eventuais dúvidas relativas às pesquisas e promover o contato do público com os agentes da pesquisa, dando mais credibilidade à atividade (visto não serem estas atividades apenas lúdicas, mas também de caráter científico);

The recruitment of a support team and the presence of volunteers is extremely important, especially for events with a large audience. However, it is important to emphasise that the permanent presence of the research team is necessary to supervise and coordinate the process, clarify any doubts about the research, and promote contact between the public and the research agents. This gives the activity more credibility, as these activities are not only recreational but also scientific in nature;

07. Todos os envolvidos nas experiências aqui relatadas consideram fundamental a continuidade desse tipo de apresentação/ evento, apresentando novas atividades e aprimorando as experiências no intuito de disponibilizar informações qualificadas a respeito do patrimônio científico, histórico e cultural objeto de estudo pelas equipes de pesquisadores do Museu Nacional/UFRJ. ●

All those involved in the experiences reported here consider it essential to continue the activities, present new activities, and improve the experiences in order to provide qualified information on the scientific, historical, and cultural heritage that is the object of study of the research teams of the National Museum/UFRJ. ●

As atividades apresentadas nesse capítulo contaram com o apoio do CNPq através de Processo 407050/2022-1



QUANDO O LONGE É PERTO

ESCANEAMENTO 3D E REALIDADE
AUMENTADA COMBINADOS
EM DOIS EXPERIMENTOS

WHEN THE FAR IS NEAR
3D SCANNING AND AUGMENTED
REALITY COMBINED
IN TWO EXPERIMENTS



CONTEÚDO INTERATIVO
INTERACTIVE CONTENT

by
Jorge Lopes
Vinicius Arcoverde
Sergio Azevedo
George Olavo

01.

Como parte de uma iniciativa da fundação de amparo a projetos de pesquisa no Estado do Rio de Janeiro - FAPERJ, serão brevemente descritas duas experiências de realidade aumentada (RA) com o objetivo de disseminar o uso e a aplicação de tecnologias 3D para um público não acadêmico. Para este artigo foram selecionadas duas experiências feitas por meio da combinação de escaneamento a laser 3D, fotogrametria e óculos VR/RA.

A primeira experiência foi feita no território amazônico, mais especificamente na ilha de Marajó, estado do Pará. Como parte do projeto "Amazonizar"¹ da PUC Rio, foi possível visitar o "Museu do Marajó", idealizado e criado pelo padre italiano Giovanni Gallo. O acervo do museu possui uma coleção muito importante de urnas funerárias da Cultura Marajoara. (<https://museus.pa.gov.br/museus/163/museu-do-maraj>)

No museu foi possível demonstrar aos alunos, estagiários do Museu, um modelo 3D em RA de uma urna funerária, também da cultura Marajó, que pertencia ao acervo arqueológico do Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Esta urna foi escaneada em 3D por equipamento de alta resolução dimensional a laser, em 2015, antes do lamentável incêndio que destruiu parte do acervo do museu em 2018 (esta urna também foi destruída pelo incêndio).

Com o arquivo virtual 3D e trabalhando com o "unreal engine" foi possível inserir o modelo virtual 3D de uma parede com vários desenhos rupestres em um equipamento de RA. O experimento mostrou uma urna inserida em um ambiente real de urnas semelhantes do museu no acervo do museu Marajó. O resultado de adicionar mais uma urna funerária (ainda que virtualmente) ao acervo permanente do Museu do Marajó foi descrito como "mágico" pelos alunos, que, após a experiência, ficaram muito entusiasmados com as possibilidades das tecnologias 3D.

As part of an initiative from the foundation to support research projects in Rio de Janeiro State - FAPERJ, Brazil, two augmented reality (AR) experiences will be briefly described in order to disseminate the use and application of AR technologies for a non-academic audience. For this article it was selected two experiences done through the combination of 3D laser scanning, photogrammetry and VR/AR glasses.

The first experience was done in the Amazon territory, more specifically in the Marajo island, State of Pará. There, as part of the "Amazonizar" project of PUC Rio, it was possible to visit the "Museu do Marajó", idealized and created by an Italian Priest called Giovanni Gallo. The museum collection has a very important collection of funerary urns from the Marajoara Culture². (<https://museus.pa.gov.br/museus/163/museu-do-maraj>)

When visiting the museum, it was possible to demonstrate to the intern students of the Museum, an AR 3D model of a funerary urn, also from the Marajo's culture, which belonged to the archeological collection of the National Museum of the Federal University of Rio de Janeiro. This urn was 3D scanned through laser 3D scanner in 2015, previous to the unfortunate fire which destroyed part of the museum's collection in 2018 (this urn was also destroyed by the fire).

Having the 3D virtual file and working with the "unreal engine" it was possible to insert the 3D virtual model of a wall with several ancient drawings on an AR equipment. The experiment shown an urn inserted on a real ambience of similar urns of the museum at the Marajo museum's collection. The result to add another funerary urn (even virtually) to the permanent collection of the Museum of Marajo was described as "magic" by the students, who, after the experience became very enthusiastic about the possibilities brought by 3D technologies.

¹ <https://youtu.be/YqE-4-o26Q0?si=FjxRd0h3uRe2cJTn>

² <https://pueblosoriginarios.com/sur/amazonia/marajo/marajoara.html>

Escaneamento 3D de urna funerária Marajoara na coleção do Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro, em 2015.

3D laser scanning process of a Marajoara Funerary urn at the National Museum of the Federal University of Rio de Janeiro, in 2015.



Aluno interagindo virtualmente em RA com urna funerária virtual do acervo permanente do Museu do Marajó, na Amazônia Ilha de Marajó, Pará, Brasil.

Student virtually interacting with the funerary urn on the permanent collection of the "Museu do Marajó", in the Marajo Island, Amazon, Pará, Brazil.



02.

O segundo experimento foi feito no Nordeste do Brasil, no Parque Arqueológico da Serra das Paridas, projeto de divulgação e conservação do patrimônio cultural da região, localizado nas proximidades do Parque Nacional da Chapada Diamantina, município de Lençóis, estado da Bahia, onde já foram mapeadas e é possível ver centenas de pinturas rupestres.”
(<https://www.serradasparidas.com.br/>) .

No local foi possível obter cerca de 100 imagens de uma área específica, para então gerar um modelo virtual 3D através de outra tecnologia 3D conhecida como fotogrametria. O modelo 3D gerado foi então inserido em óculos de RA através do software “unreal engine”.

O resultado foi apresentado em uma aula do Departamento de Artes e Design da PUC Rio, permitindo que alunos de pós-graduação experimentassem e visualizassem, em alta definição (a textura foi melhorada para aumentar o contraste para uma melhor visualização), uma imersão virtual tridimensional, simultaneamente com outros pesquisadores através de óculos de RA.

*“The second experiment was carried out in the north-east of Brazil, at the Serra das Paridas Archaeological Park, a project to publicize and conserve the region’s cultural heritage, located near the Chapada Diamantina National Park, in the municipality of Lençóis, in the state of Bahia, where hundreds of cave paintings have already been mapped and can be seen.
(<https://www.serradasparidas.com.br/>) .*

At the site it was possible to obtain about 100 images of a specific location, to then generate a 3D virtual model through another 3D technology known as photogrammetry. The generated 3D model was then inserted on the different AR glasses through the “unreal engine”.

The result was presented on a class of the Arts and Design Department at PUC Rio, allowing post-graduation students to experiment and visualize, in a high definition quality (as the texture was improved in order to enhance the contrast for a better visualization), a three dimensional virtual immersion, simultaneously among others researchers through AR glasses.

Dr. George Olavo (UEFS) mostrando figuras rupestres no sítio arqueológico “Serra das Paridas”, Bahia, Brasil - 2025

Dr. George Olavo (UEFS) pointing to rock paintings at “Serra das Paridas” archaeological site, Bahia, Brasil - 2025



Imagens capturadas no laboratório BIODESIGN por um dos participantes de uma visualização simultânea de RA imersiva do sítio arqueológico "Serra das Paridas".

Images captured on the BIODESIGN laboratory by one of the participants of a simultaneous immersive AR visualization of the "Serra das Paridas" archaeological site.

Os resultados de ambos os experimentos resultaram em experiências imersivas de alto realismo, permitindo experiência visual similar ao real por meio de tecnologias de RA. ●

The results of both experiments resulted in a realistic immersion allowing a real on-site experience through AR technologies. ●



RV E RA NA EDUCAÇÃO

DEMONSTRAÇÕES PÚBLICAS DO
POTENCIAL DO USO DE TECNOLOGIAS
DE REALIDADE VIRTUAL E REALIDADE
AUMENTADA NA EDUCAÇÃO.

VR AND AR IN EDUCATION

PUBLIC DEMONSTRATIONS OF
THE POTENTIAL USE OF VIRTUAL
REALITY AND AUGMENTED REALITY
TECHNOLOGIES IN EDUCATION.

by

Jorge Lopes

Americo Mateus

Susana Leonor

Gabriel Patrocínio

Vincius Arcoverde

Heron Werner



CONTEÚDO INTERATIVO
INTERACTIVE CONTENT

PATRIMÔNIO.HERITAGE 

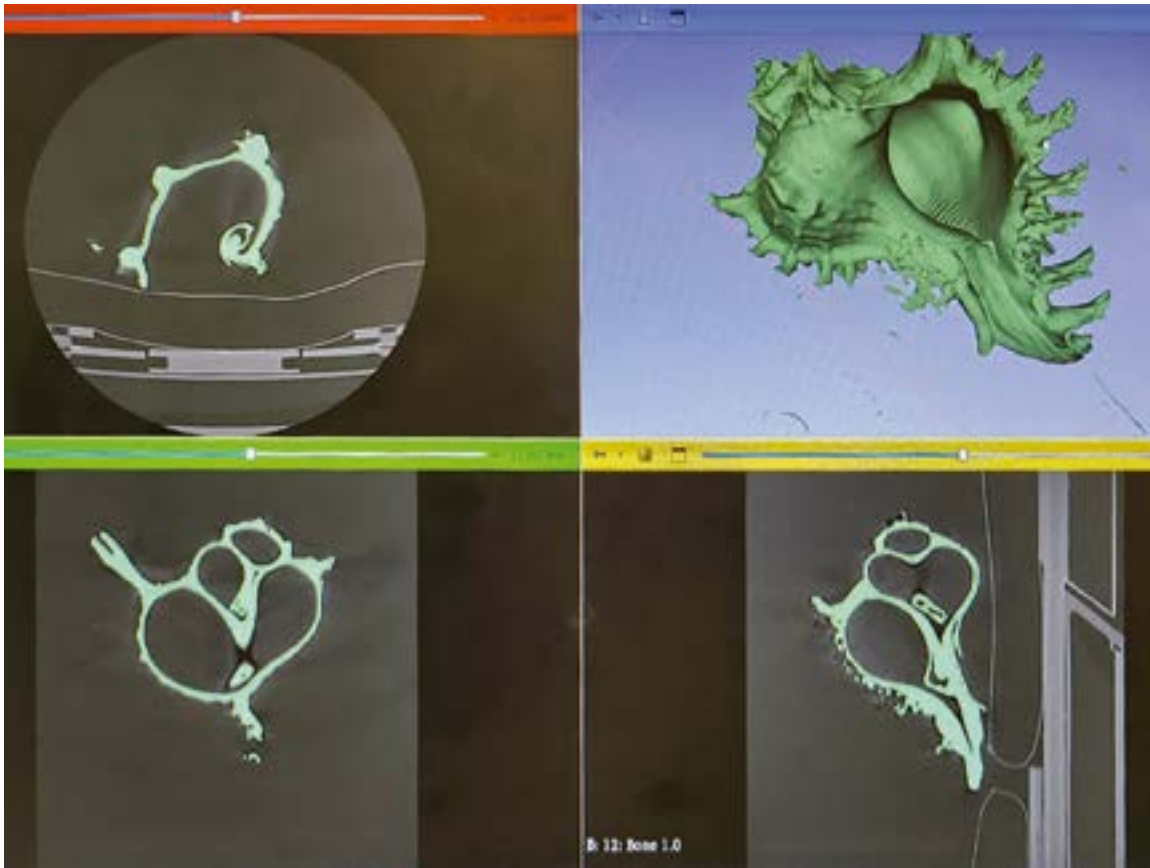
- Organizado pelo Instituto Superior Manuel Teixeira Gomes – ISMAT, como parte do projeto da Comunidade Europeia para o desenvolvimento de novos métodos para o ensino de biodesign “COCOON – NATURE BASED SOLUTIONS”, foram realizadas demonstrações de visualização e interação através de tecnologias Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (AR) para públicos de variadas faixas etárias.



As experiências interativas foram realizadas no período de março de 2025, na cidade de Portimão, região do Algarve em Portugal. Foram utilizadas conchas de variados tamanhos e geometrias, as quais, de forma não destrutiva, foram tomografadas e analisadas em equipamento de imagem tomógrafo computadorizado de alta resolução dimensional, na Clínica de Diagnóstico por Imagem, do Grupo DASA, na cidade do Rio de Janeiro.

Amostra de uma das conchas em tamanho natural.

A life-size sample of one of the shells.



Visualização em tomógrafo computadorizado mostrando três vistas e perspectiva da concha.

CT view showing three views and perspective of the shell.

Organized by the Instituto Superior Manuel Teixeira Gomes – ISMAT, as part of the European Community project for the development of new methods for teaching biodesign “COCOON – NATURE BASED SOLUTIONS”, demonstrations of visualization and interaction were carried out through Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR) technologies for audiences of various age groups.

The interactive experiences were carried out in March 2025, in the city of Portimão, Algarve region in Portugal. Shells of various sizes and geometries were used, which, in a non-destructive manner, were tomographically scanned and analyzed in high-resolution computed tomography imaging equipment at the DASA Group’s Imaging Diagnostic Clinic, in the city of Rio de Janeiro.





**Imersão em Realidade Virtual
(fora da concha e
dentro da geometria da concha).**

*Virtual Reality immersion (outside the
shell and inside the Shell geometry).*



Visualização de Realidade Aumentada no ambiente do escritório.

Augmented Reality visualization on the office ambience.

Uma vez obtidas as camadas sequenciais por raio X, foi então gerado o arquivo 3D, ao qual, posteriormente, foi acrescentada a textura colorida da superfície, a partir de imagens digitais. Finalizada toda a modelagem tridimensional, os arquivos das conchas foram então inseridos através do software "UNITY" no ambiente do óculos "META QUEST 3", adquirido com recursos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro – FAPERJ.

Em ambas tecnologias (VR e AR), a possibilidade de virtualmente "entrar" na concha e verificar "in loco" a complexidade geométrica em espiral das conchas foi muito apreciada pelo público de variadas faixas etárias. Os experimentos também demonstraram as diferenças nas possibilidades diversas oferecidas pelas tecnologias VR (imersão completa em ambiente virtual) e AR (visualização 3D em ambiente real), que podem ser utilizadas e difundidas para projetos interdisciplinares educacionais e de pesquisa em áreas diversas da ciência. ●

Once the sequential layers were obtained by X-ray, the 3D file was then generated, to which the colored surface texture was later added from digital images. Once all the three-dimensional modeling was completed, the shell files were then inserted through the "UNITY" software into the "META QUEST 3" goggle environment, acquired with resources from the Rio de Janeiro State Research Support Foundation – FAPERJ.

In both technologies (VR and AR), the possibility of virtually "entering" the shell and verifying "in loco" the spiral geometric complexity of the shells was greatly appreciated by the public of various age groups. The experiments also demonstrated the differences in the various possibilities offered by VR (full immersion in a virtual environment) and AR (3D visualization in a real environment) technologies, which can be used and disseminated for interdisciplinary educational and research projects in various areas of science. ●



Palestra do professor Jorge Lopes no Design Bootcamp do ISMAT.

Lecture by professor Jorge Lopes at the ISMAT Design Bootcamp.



Demonstrações no Bootcamp Design do ISMAT, na Associação MODO em Portimão e durante o Salão de Design de Milão.

Demonstrations at the ISMAT Design Bootcamp, at the MODO Association in Portimão and during the Milan Design Week.



REALIDADE EXPANDIDA

NOVAS MÍDIAS E IA



REALIDADE EXPANDIDA

EXPANDED REALITY

NEW MEDIA AND AI
NOVAS MÍDIAS E IA

COORDENADORES
HERON WERNER
JORGE LOPES
LÍZ VELHO
SÉRGIO AZEVEDO



TECENDO REDES VIRTUAIS

O DESIGN INTERATIVO COMO
CATALISADOR DA EDUCAÇÃO
E DA PUBLICAÇÃO CIENTÍFICA
NOS LABORATÓRIOS
BIODESIGN, LAPID E VISGRAF

WEAVING VIRTUAL NETWORKS

INTERACTIVE DESIGN AS A
CATALYST FOR EDUCATION AND
SCIENTIFIC PUBLICATION IN
LABORATORIES
BIODESIGN, LAPID AND VISGRAF

by
Fabiana Prado
Bernardo Alevato



CONTEÚDO INTERATIVO
INTERACTIVE CONTENT

PATRIMÔNIO.HERITAGE 

- Esse capítulo explora a intersecção entre o Design e a Educação, com um foco especial na expansão da comunicação e na valorização da publicação científica.

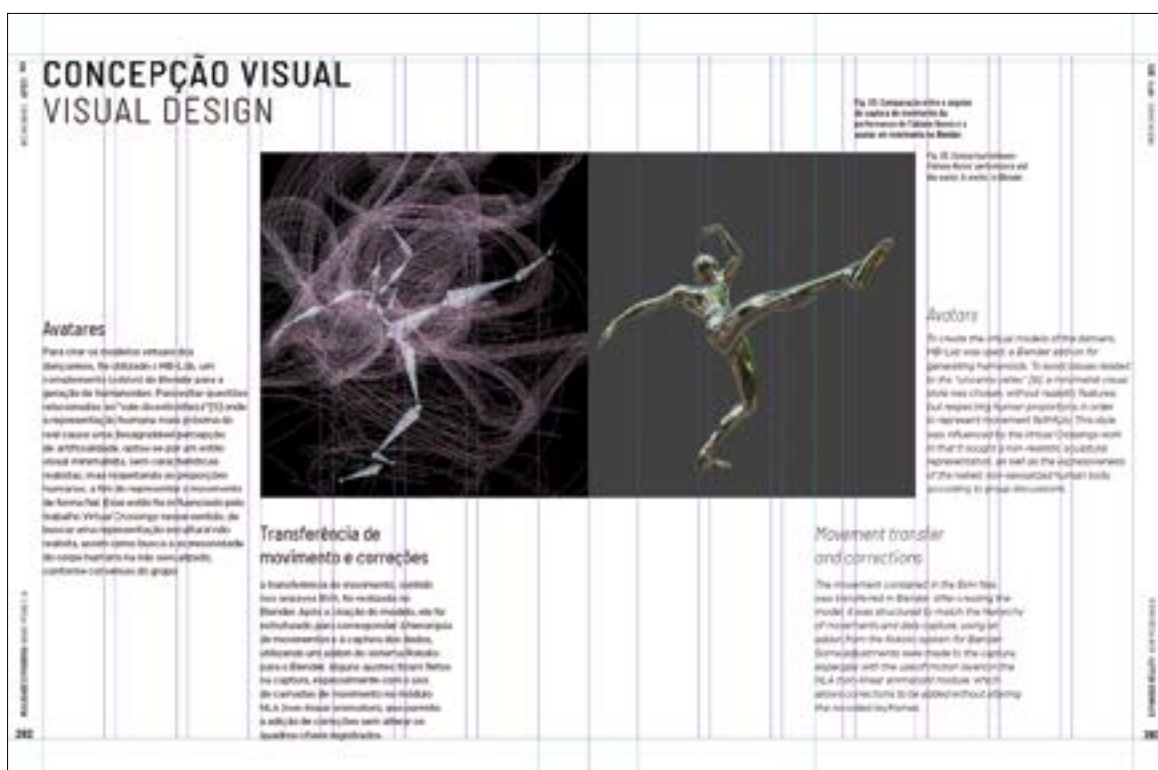
Tendo em vista que a publicação científica constitui um pilar fundamental para laboratórios de pesquisa, atuando como mecanismo de validação, divulgação e impacto social do conhecimento gerado, essa publicação interativa foi concebida para fortalecer a disseminação do conhecimento científico produzido nos laboratórios de pesquisa, Biodesign (PUC-Rio), Lapid (MN) e Visgraf (IMPA). Ela contribui para a divulgação dos projetos e pesquisas para públicos não especializados.

Nesse sentido, o design gráfico atua como mediador entre o conhecimento científico e seu público, potencializando a educação por meio de soluções visuais que tornam a informação acessível e atraente.

O projeto gráfico desenvolvido desafia a rigidez das páginas estáticas, com elementos visuais que parecem pairar no espaço, ainda que respeite linhas e grades convencionais. Busca a semelhança com a Realidade Expandida ao explorar a sensação de quebra de barreiras dimensionais, onde textos, imagens 3D e intrincados processos ganham vida, flutuando livremente na página. Essa abordagem fluida e sem amarras não apenas cativa o olhar, mas elabora conceitos complexos ao permitir que o observador navegue pelas informações de maneira mais intuitiva e exploratória, como se interagisse com objetos virtuais em seu próprio campo de visão.

O projeto gráfico desta publicação é fluido e flutuante, graças à uma estrutura de grade que permite que os elementos visuais sejam posicionados de modos variados.

The graphic design of this publication is fluid and floating, thanks to a grid structure that allows visual elements to be positioned in different ways.




- This chapter explores the intersection between Design and Education, with a special focus on expanding interactive communication and valuing scientific publication.

Given that scientific publication is a fundamental pillar for research laboratories, acting as a mechanism for validation, dissemination and social impact of the knowledge generated, this interactive publication was designed to strengthen the dissemination of scientific knowledge produced in the research laboratories, Biodesign (PUC-Rio), Lapid (MN) and Visgraf (IMPA). It helps disseminate projects and research to non-specialized audiences.

In this sense, graphic design acts as a mediator between scientific knowledge and its audience, enhancing education through visual solutions that make information accessible and appealing.

The graphic design challenges the rigidity of static pages, with visual elements that seem to hover in space, even though it respects conventional lines and grids. It seeks resemblance to Expanded Reality by exploring the sensation of breaking dimensional barriers, where texts, 3D images and intricate processes come to life, floating freely on the page. This fluid and unconstrained approach not only captivates the eye, but also elaborates complex concepts by allowing the viewer to navigate through information in a more intuitive and exploratory way, as if interacting with virtual objects in their own field of vision.

07. IA e a Democratização das Ferramentas Artísticas



A democratização da geração de conteúdo e arte permite um tipo de criação de arte generativa através de ferramentas artísticas digitais, como aquelas transformadas em ferramentas. Quando usado à esquerda, democratização significa a ilimitação de um tipo de arte, permitindo a produção de conteúdo digital, democratizando a criação de arte e permitindo que aqueles que não são artistas possam criar arte.


No entanto, essa democratização também apresenta riscos, pois a criação de arte generativa de IA muitas vezes envolve um nível de produção automatizada, permitindo a criação de conteúdo que não é verdadeiramente humano. Isso pode levar a uma perda de diversidade e originalidade, além de levantar questões sobre a propriedade intelectual e a responsabilidade por obras geradas por IA.

AI and the Democratization of Artistic Tools

Artificial intelligence (AI) has democratized the ability to generate art, allowing anyone to create digital art through the use of generative AI tools. This has led to a proliferation of digital art, democratizing the creation of art and allowing those who are not artists to create art.

However, this democratization also presents risks, as the creation of AI-generated art often involves a level of automation that can lead to a loss of diversity and originality, as well as raising questions about intellectual property and responsibility for AI-generated works.

08. Preservando e Reimaginando o Patrimônio Cultural com a IA



A IA possui um potencial poderoso para preservar e reimaginar o patrimônio cultural. Através de algoritmos de inteligência artificial, é possível criar réplicas digitais de objetos culturais históricos, preservando-os e permitindo que sejam acessados em qualquer lugar.

Além disso, a inteligência artificial também pode ser usada para reimaginar o patrimônio cultural. Isso pode ser feito criando novas versões de obras de arte, permitindo que sejam vistas sob novas perspectivas históricas e contemporâneas. Dessa forma, a IA também pode ser usada para criar experiências culturais imersivas, permitindo que os visitantes tenham uma experiência mais rica e envolvente.

Preserving and Reimagining Cultural Heritage with AI

AI holds powerful potential for preserving and reimagining cultural heritage. Through digital replication and generation, it offers new ways of interacting with historical artifacts, bridging past and present, creating dialogues that transcend across time.

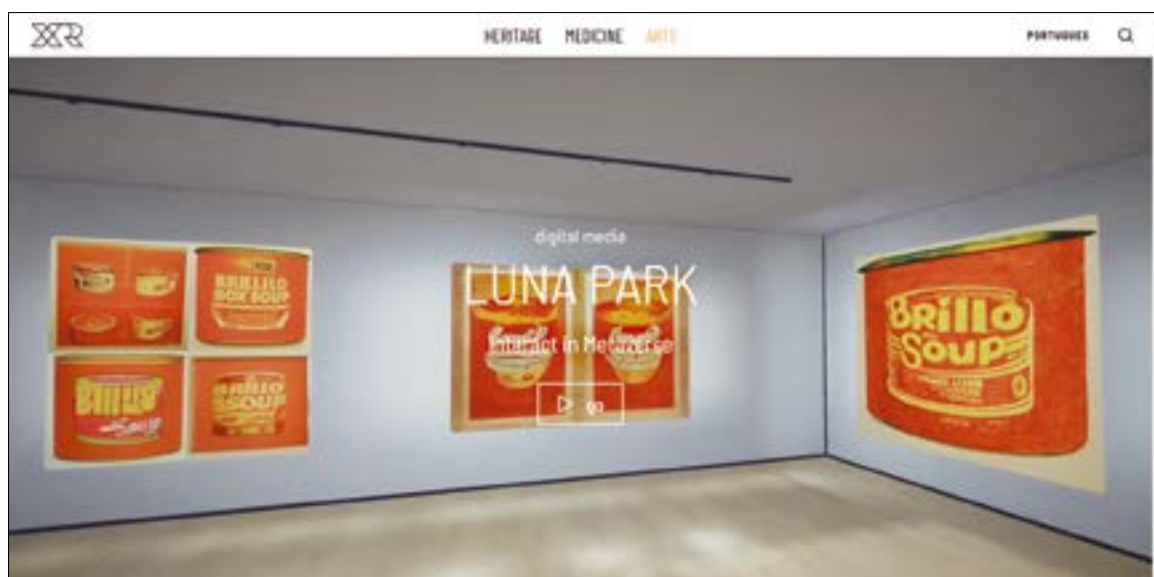
Just as cultural heritage was central to movements like Arts and Crafts, it enables the democratization of Art Technology through the fusion of digital and contemporary perspectives. In this way, AI functions as a bridge, allowing that cultural history remains alive, relevant, and continuously engaging.

O conceito multimídia elaborado abrange a integração de publicação impressa e website, oferecendo a possibilidade de examinar informações complexas, como modelos em realidade virtual e vídeos de experimentos, de forma tridimensional e interativa, diretamente a partir dos QR codes. Essa abordagem visa transcender as limitações do formato bidimensional tradicional, oferecendo uma experiência de aprendizado e visualização mais imersiva e intuitiva.

O website foi construído em Wordpress, com a diretriz de acesso para visualização através de dispositivos móveis, computadores e óculos de realidade mista, como Metaquest 2 e 3. Diferentes tipos de conteúdos produzidos durante as pesquisas estão disponibilizados, como vídeos, modelos tridimensionais e metaversos. No website ainda estão incluídos os capítulos completos da publicação impressa, tanto para atender a consultas como para indexar conteúdos adicionais.

Conscientes da importância da apresentação visual na comunicação científica, dedicamos uma atenção especial à elaboração da capa desta publicação, que visa despertar o interesse e transmitir a relevância do trabalho de forma imediata. Elaboramos uma abordagem criativa, integrando os elementos visuais gerados em 3D, 2D e em movimento. A partir dos qr codes impressos, assim como na utilização do endereço direto.

As imagens que fazem parte da composição da capa utilizam modelos gerados em estudos dos três laboratórios, Lapid, Biodesign e Visgraf, envolvidos nas pesquisas aqui publicadas. Na construção das imagens para a composição da capa foi utilizado o Blender, software 3D de código aberto e utilização livre, que merece especial atenção, pois boa parte das pesquisas o utiliza. Esse software possibilita integração e preparo de modelos tridimensionais para diversas mídias, desde motores de jogo para implementação de metaversos, incluindo animação, até a impressão 3D e mídia audiovisual.

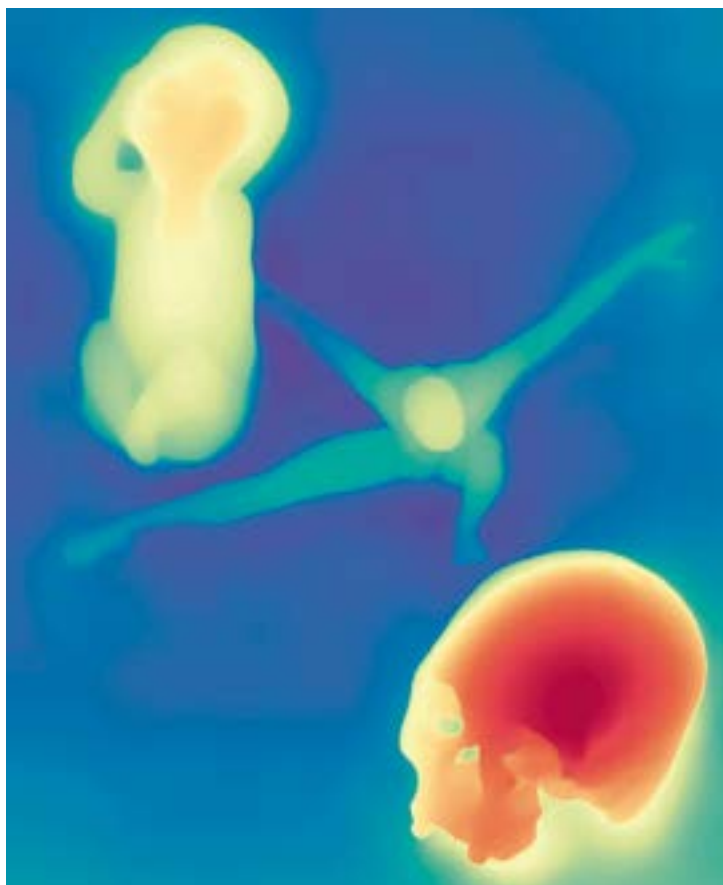


Tela do website mostrando o projeto Luna Park no metaverso.

Website screenshot showing the Luna Park project in the metaverse.

<https://visgraflab.impa.br/xr-ai/>

Mapa de profundidade gerado por IA no Depth Anything 2 a partir de modelos tridimensionais contruídos no Blender.



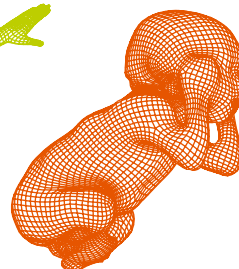
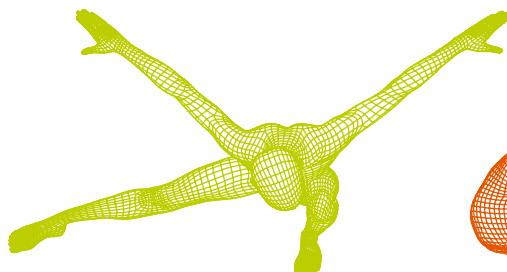
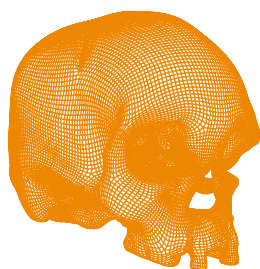
Depth map generated by AI in Depth Anything 2 from three-dimensional models built in Blender.

Aware of the importance of visual presentation in scientific communication, we dedicated special attention to creating the cover of this publication, which aims to arouse interest and convey the relevance of the work immediately. We developed a creative approach, integrating visual elements generated in 3D and 2D.

The multimedia concept developed encompasses the integration of print and web publication, offering the possibility of examining complex information, such as virtual reality models and videos of experiments, in a three-dimensional and interactive way, directly from QR codes. This approach aims to transcend the limitations of the traditional two-dimensional format, offering a more immersive and intuitive learning and viewing experience.

The website was built in Wordpress, with access guidelines for viewing via mobile devices, computers and mixed reality glasses, such as Metaquest 2 and 3. Different types of content produced during the research are available, such as videos, three-dimensional models and metaverses. The website also includes the complete chapters of the printed publication, both to answer queries and to index additional content.

The images that are part of the cover composition use models generated in studies by the three laboratories, Lapid, Biodesign and Visgraf, involved in the research published here. When constructing the images for composing the cover, Blender was used, an open source and free to use 3D software that deserves special attention, as a large part of the research uses it. This software enables integration and preparation of three-dimensional models for various media, from game engines for implementing metaverses, including animation, to 3D printing and audiovisual media.

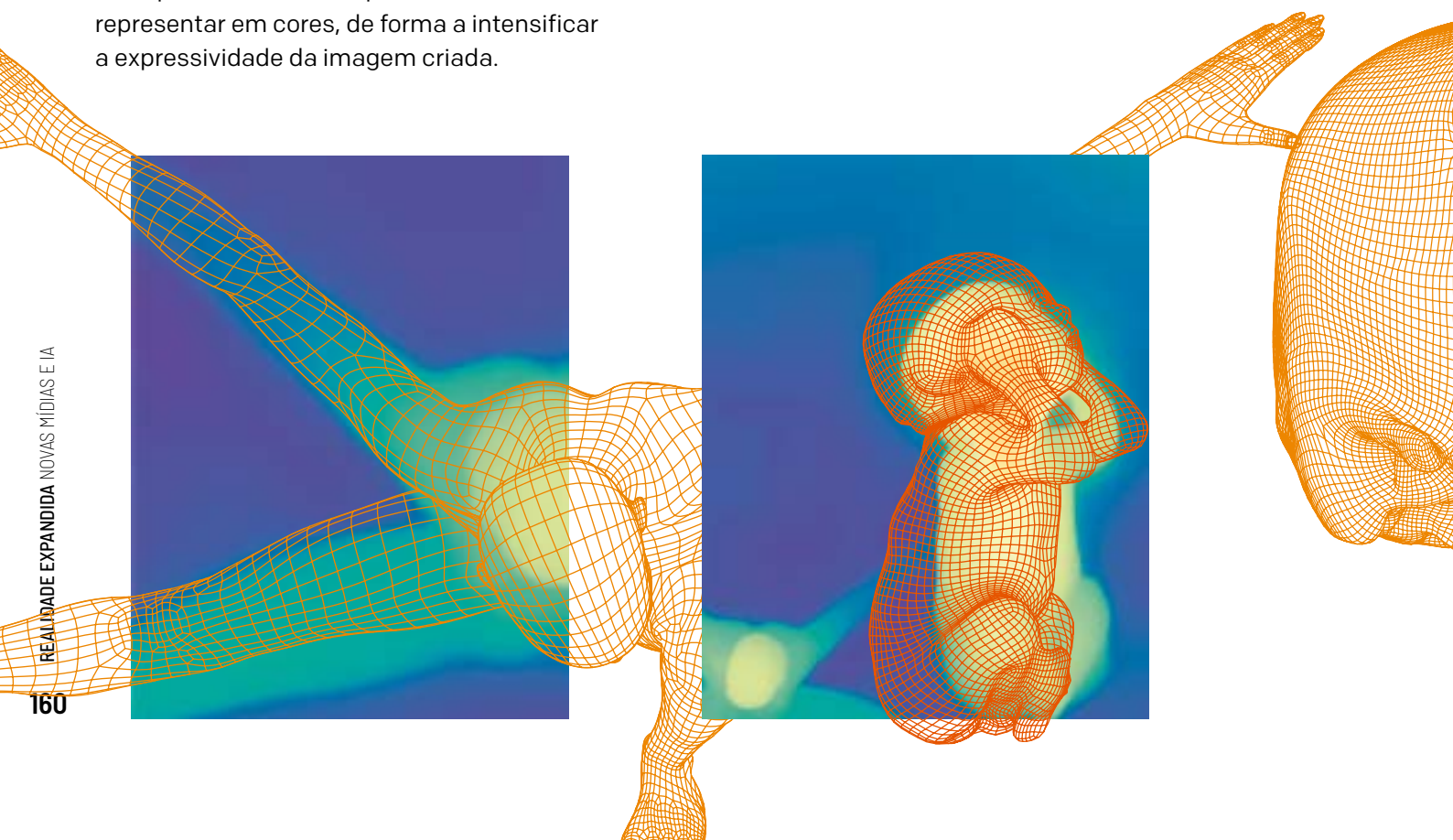


Malhas dos modelos de Luzia (Lapid), feto (Biodesign) e dançarino (Vicgraf), retocadas e exportadas via Blender para imagem vetorial.

Meshes of the models of Luzia (Lapid), fetus (Biodesign) and dancer (Vicgraf), retouched and exported via Blender for vector image.

As malhas dos modelos foram retocadas em uma geometria quadrada limpa e foi utilizado o recurso freestyle do Blender para exportar arestas e partes selecionadas para 2D vetorial, viabilizando edição em programas de desenho vetorial de finalidade gráfica. Para a construção do colorido mapa de profundidade, foi utilizado um render cru, sem materiais, e depois processada em utilizando IA (Depth Anything 2). Embora o Blender seja capaz de exportar em imagem, como mapa de profundidade, ao utilizar o modelo de IA foi possível estimar a profundidade e representar em cores, de forma a intensificar a expressividade da imagem criada.

The models' meshes were retouched into clean square geometry and Blender's freestyle feature was used to export edges and selected parts to 2D vector, enabling editing in vector drawing programs for graphic purposes. To build the colorful depth map, a raw render was used, without materials, and then processed using AI (Depth Anything 2). Although Blender is capable of exporting as an image, as a depth map, by using the AI model it was possible to estimate the depth and represent it in colors, in order to intensify the expressiveness of the created image.



A partir dessas imagens, geradas pelos pesquisadores Bernardo Alevato e Vinicius Arcoverde, foram desenvolvidas composições no software Photoshop, pela designer e pesquisadora Fabiana Prado, para a capa, guardas e divisórias.

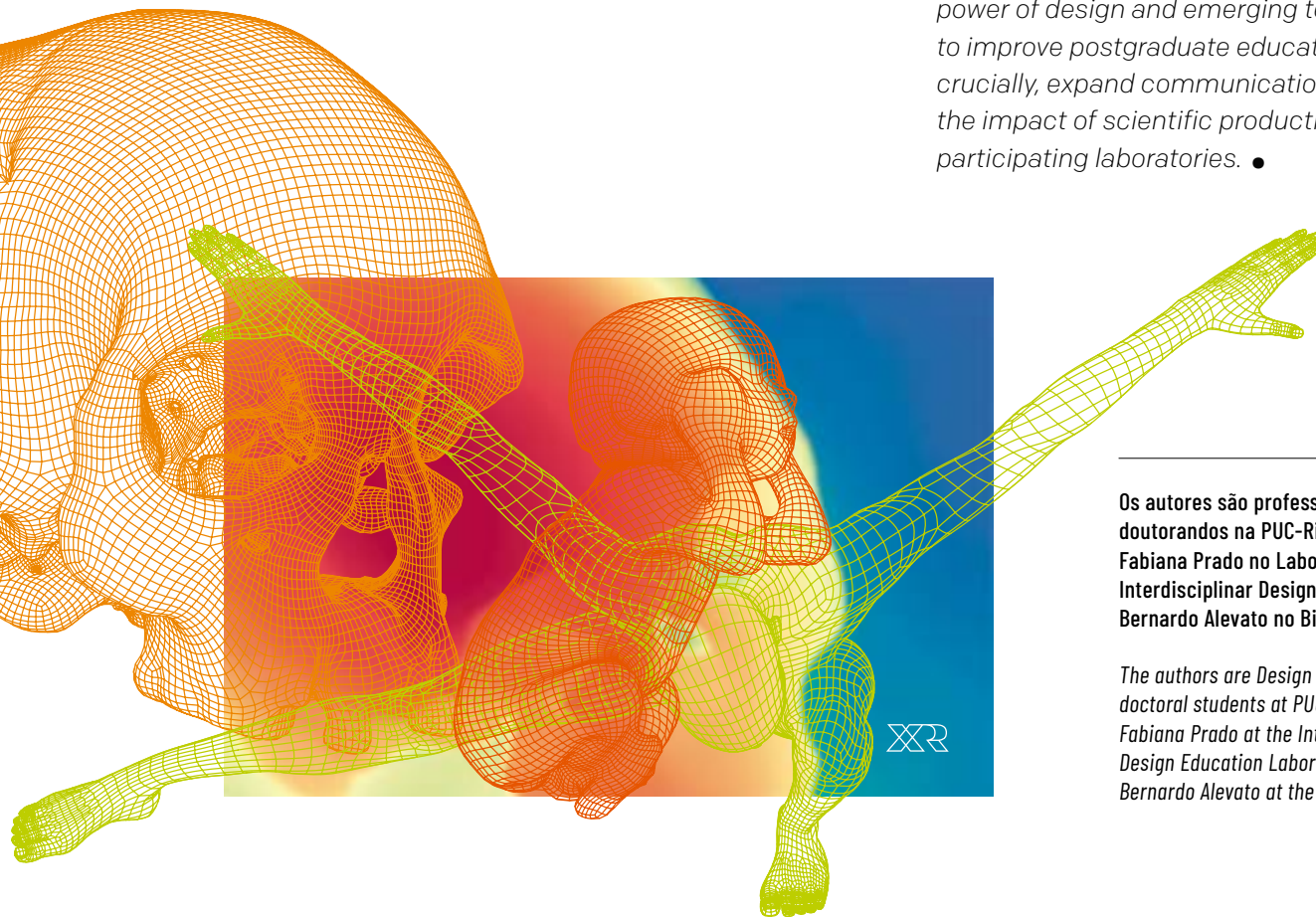
Diferentes detalhes do mapa de profundidade serviram de um fundo etéreo e dinâmico, em que foram sobrepostas as malhas tridimensionais de objetos de pesquisa de cada um dos laboratórios envolvidos: o crânio de Luzia, do Lapid, um feto do Biodesign e um dançarino do Visgraf. Tal sobreposição, aliada ao superclose e aos sangramentos ostensivos, resultou em composições complexas e únicas que flertam com a abstração, o que permite que o leitor construa seu próprio sentido, além de enfatizar o conceito de flutuação presente em todo o projeto gráfico desta publicação.

Em suma, esta publicação busca integrar o poder do design e das tecnologias emergentes para expandir a educação na pós-graduação e, de maneira crucial, fortalecer a comunicação e o impacto da produção científica dos laboratórios participantes. ●

Based on these images, generated by researchers Bernardo Alevato and Vinicius Arcoverde, compositions were developed in Photoshop software, by designer and researcher Fabiana Prado, for the cover, endpapers and dividers.

Different details of the depth map served as an ethereal and dynamic background, on which the three-dimensional meshes of research objects from each of the laboratories involved were superimposed: the skull of Luzia, from Lapid, a fetus from Biodesign and a dancer from Visgraf. Such overlapping, combined with the super close-up and the ostentatious bleeds, resulted in complex and unique compositions that flirt with abstraction, which allows the reader to construct their own meaning, in addition to emphasizing the concept of fluctuation present throughout the graphic design of this publication.

In short, this publication seeks to integrate the power of design and emerging technologies to improve postgraduate education and, crucially, expand communication and the impact of scientific production from participating laboratories. ●



Os autores são professores de Design e doutorandos na PUC-Rio, Fabiana Prado no Laboratório Interdisciplinar Design Educação (LIDE) e Bernardo Alevato no Biodesign Lab.

The authors are Design professors and doctoral students at PUC-Rio, Fabiana Prado at the Interdisciplinary Design Education Laboratory (LIDE) and Bernardo Alevato at the Biodesign Lab.



RÉPLICAS EMOCIONAIS

EMOTIONAL REPLICAS

by
Carlos Eduardo Félix da Costa
Claudio Freitas de Magalhães
Jorge Lopes
Sergio Azevedo



CONTEÚDO INTERATIVO
INTERACTIVE CONTENT

**Réplica de múmia egípcia de gato elaborada
com as cinzas provenientes do incêndio
do Museu Nacional em 2018 na exposição
"Museum of Ashes" (Vik Muniz, 2019).**

*Replica of an Egyptian cat mummy made
from ashes from the 2018 National Museum
fire in the "Museum of Ashes" exhibition
(Vik Muniz, 2019).*

PATRIMÔNIO.HERITAGE 

01.

Réplicas, cópias e fac-símiles – Falsificações ou homenagens?

Em 1973, Orson Welles dirige “*F de fake*”, a história de Elmyr de Hory (1905-1976), um falsificador bem-sucedido especializado em Matisse e Modigliani, além de certas fases de Picasso e outros pintores impressionistas e pós-impressionistas. Estabelecido na velhice em Ibiza, o artista tentou seu próprio caminho, mas encontrou um modo de vida mais lucrativo, quando em 1946 um amigo confunde uma cópia de um desenho de Picasso como original. Elmyr então tem a ideia de vender o material através das galerias de Paris. Ganhando pouco, mas colaborando consistentemente com negociantes desinteressados na origem do material, acabam transformando a falsificação em sua principal atividade. Ele levou uma vida cigana, obscura, às vezes próspera, às vezes espartana, passando por vários países e dois continentes.

A narrativa já confusa pelos cortes rápidos de Welles, que intercala cenas fictícias com imagens reais, torna-se ainda mais fabulosa quando parte do filme é dedicada a Clifford Irving, biógrafo de Elmyr e autor de “*Fake!*” (Irving, 1969), livro que conta a vida do pintor falsificador, que se revelou um best-seller,

e cuja casa também é a ilha espanhola. Talvez entusiasmado com a facilidade com que o mundo das artes absorvia e legitimava mentiras, o próprio Irving se torna um falsificador ao garantir um suntuoso contrato editorial ao adulterar a caligrafia do recluso industrial Howard Hughes, afirmando que o escritor estava preparando uma publicação narrando suas memórias. No final, Irving é desmascarado pelo magnata, passando algum tempo na prisão.

O que chama a atenção no filme, além do encontro improvável de dois talentosos falsificadores, é o destino das obras criadas por Elmyr diante das câmeras, atestando suas habilidades. Os desenhos depois de feitos são queimados impiedosamente na lareira de sua residência. As chamas nas liturgias purificam e separam os escolhidos dos infiéis, o sagrado do profano. O que é feito com o único propósito de enganar e causar mal-entendidos, de iludir. Mas seria esse o fim que mereciam? Nesse ponto, a história do falsificador encontra a história do incêndio.

Replica's, copies and facsimiles - Fakes or tributes?

In 1973 Orson Welles directs "F for fake", the story of Elmyr de Hory (1905-1976), a successful forger specialized in Matisse's and Modigliani's, in addition to certain phases of Picasso and other Impressionism and post-Impressionism painters. Established in old age in Ibiza, the artist tried his own path, but found a more profitable way of life, when in 1946 a friend mistakes a copy of a Picasso drawing as original. Elmyr then has the idea of selling the material through the galleries in Paris. Earning little, but consistently collaborating with dealers disinterested in the source of the material, ends up turning counterfeiting into their main activity. He led a gypsy life, obscure, sometimes prosperous, sometimes spartan, passing through several countries and two continents.

The narrative already confused by Welles' quick cuts, which intersperses fictional scenes with true images, becomes even more fabulous when part of the film is dedicated to Clifford Irving, Elmyr's biographer and author of "Fake!" (Irving, 1969), a book that tells the life of the painter counterfeiter, who proved to be a best seller, and whose home is also the Spanish island. Perhaps enthusiastic

about the ease way the arts world absorbed and legitimized lies, Irving himself becomes a forger by securing a sumptuous editorial contract by tampering the handwriting of reclusive industrialist Howard Hughes, stating that the writer was preparing a publication narrating your memories. In the end, Irving is unmasked by the magnate, spending some time in prison.

What stands out in the film, in addition to the improbable encounter of two talented counterfeiters, is the fate of the works created by Elmyr on camera attesting his skills. The drawings after being made are mercilessly burned in the fireplace of his residence. The flames in liturgies purify and separate the chosen from the infidels, the sacred from the profane. For what is done for the sole purpose of deceiving and causing misunderstanding, of deluding. But was this the end they deserved? At this point the story of the forger meets the story of the fire.



Entrada principal do Museu Nacional
após o incêndio.

*Main entrance of Museu Nacional
after the fire.*

Em 2 de setembro de 2018, o incêndio sofrido pelo Museu Nacional no Rio de Janeiro praticamente transformou uma parte da instituição em cinzas. Nessa história de incêndio e perda, não defendemos que imitações de grandes mestres ou cópias ganhem o mesmo status de seus originais, principalmente quando a intenção é fraudar. No entanto, esses exemplos de maestria não poderiam ter outro valor, ou estar alinhados

a uma linha sinuosa e borrada da História da Arte, que incentiva a cópia e a imitação como parte da formação de um artista, mas que em algum momento do surgimento do capitalismo e da especulação em torno de objetos com valor histórico ou artístico passam a ser questionados? Então, quando falamos da perda e do luto de um instituto para uma coleção, o ato de copiar se torna um ato de homenagem.



Sala de coleção de Geologia e Paleontologia de Museu Nacional após o incêndio.

Museu Nacional Geology and Paleontology collection room after the fire.

On September 2, 2018, the fire suffered by the National Museum of Rio de Janeiro practically turned a part of the institution to ashes. In this story of fire and loss, we don't advocate that imitations by great masters or copies should gain the same status as their originals, especially when the intent is to scam. However, these examples of mastery could not have any other value, or be aligned with a winding and blurred line in the History of Art, which encourages copying and imitation as

part of the formation of an artist, but that at some point in the emergence of capitalism and speculation around objects with historical or artistic value come to be questioned? So when we talk about the loss and the mourning of an institute for a collection, the act of copying becomes an act of tribute.

02.

O papel de uma coleção digital

Por 18 anos, pesquisadores de três diferentes instituições no Brasil: o Museu Nacional, a primeira instituição científica do Brasil (1818), o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação - MCTI e a Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC-Rio, trabalharam juntos na digitalização e materialização de réplicas impressas em 3D da coleção do MN. Durante esse período, centenas de peças foram escaneadas em 3D da vasta coleção por meio de várias tecnologias de imagem não destrutivas, como tomografia computadorizada e escaneamento 3D.

Essa parceria entre os laboratórios ganhou também o apoio de uma clínica privada de imagem médica (Clínica de Diagnóstico por Imagem - CDPI), resultando no cruzamento de conhecimento na obtenção de arquivos 3D que permitem aos pesquisadores ter acesso aos tomógrafos médicos para visualização de estruturas ocultas. Os resultados obtidos foram melhores do que o esperado, expandindo o projeto para outras áreas do MN, como a Egíptologia.

**Tomografia computadorizada
de uma cabeça humana
egípcia antiga. Coleção MN
(aproximadamente 1550-1070 a.C.)**

*CT scanner of an ancient
Egyptian human head.
MN collection (1550-1070 AC)*





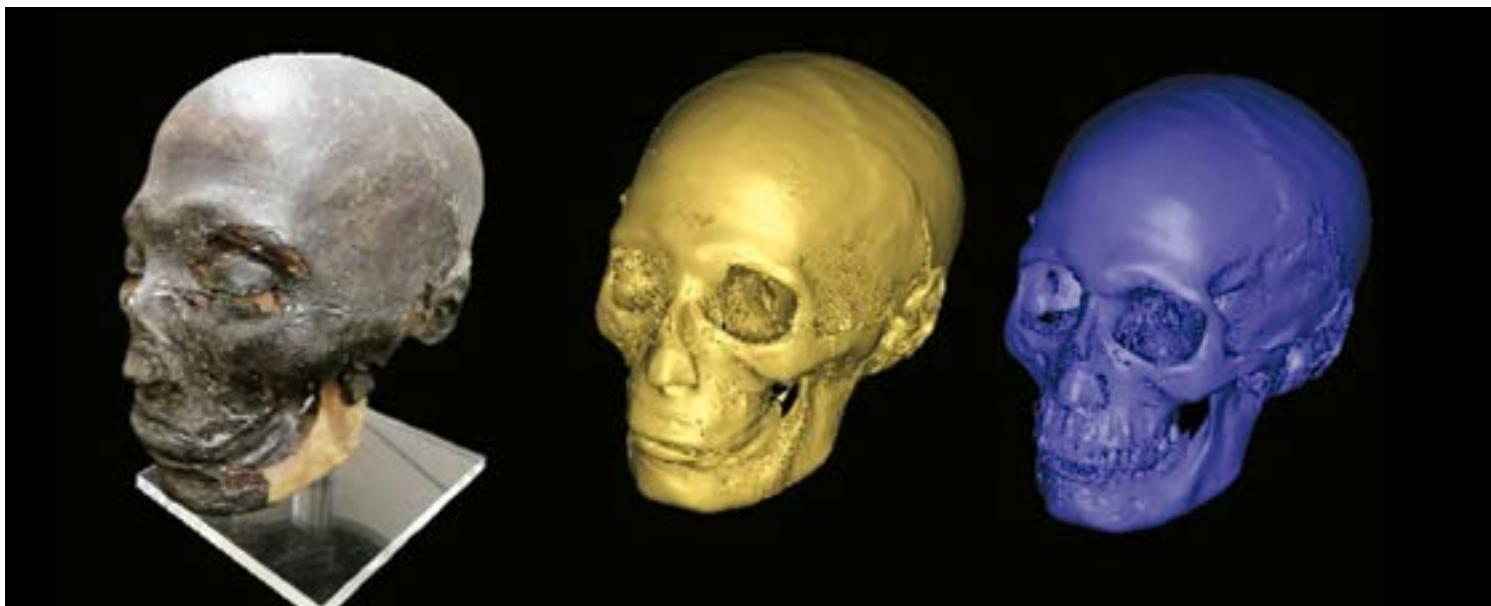
Visualização interna da cabeça.

Internal visualization of the head.

The role of a digital collection

For 18 years, researchers from three different Institutions in Brazil: the Brazilian National Museum-MN, the first scientific institution in Brazil (1818), the Brazilian Ministry of Science, Technology and Innovation-MCTI and the Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro – PUC-Rio, have worked together on the digitization and materialization of 3D printed replicas of the MN collection. During this period, hundreds of pieces have been 3D scanned from the vast collection through various non-destructive image technologies such as computed tomography and 3D

scanning. This partnership among the labs gained also the support of a medical image private clinic (Clínica de Diagnóstico por Imagem – CDPI), resulting in the crossing knowledge on the obtaining of 3D files that allow researchers to have access to the medical CAT scanners for visualizing hidden structures. The obtained results were better than expected, expanding the project forward to other areas of the MN as the Egyptology.



Durante quase 20 anos, acompanhando os rápidos avanços tecnológicos, diversas tecnologias 3D foram utilizadas no projeto, resultando em centenas de arquivos 3D relacionados à coleção do MN, obtendo arquivos de objetos da Arqueologia, Paleontologia, Antropologia, Zoologia e outros departamentos do Museu (Lopes *et al.*, 2019). Nesse contexto, diversas réplicas para diferentes propósitos foram feitas, como a réplica de uma cabeça egípcia antiga que foi exibida ao lado da original, a fim de explicar aos visitantes o que poderia ser encontrado dentro das bandagens da múmia. Esse tipo de réplica serve a um propósito meramente educacional e é sempre mostrada como uma réplica tecnológica em vez de tentar substituir o original que perdeu sua "aura" de autenticidade.

Quando o incêndio no Museu Nacional ocorreu em 2018, parte do acervo existente no Palácio principal foi seriamente danificado ou mesmo perdido. Todos os laboratórios localizados no palácio foram drasticamente impactados, porém, devido à Equipe de Resgate de Acervos do Museu Nacional, que imediatamente atuou na busca e recuperação do acervo, muitas peças foram encontradas e recuperadas. Com o auxílio dos arquivos digitais 3D descritos acima, muitas peças ainda estão sendo recuperadas, analisadas e, às vezes, reparadas física e virtualmente por meio de tecnologias como impressão 3D e Realidade Virtual. Mas esta é uma situação sem precedentes. Pela primeira vez na história, um museu perdeu uma coleção tão grande e diversa de objetos físicos, restando apenas seus correspondentes digitais. Surgem questões sobre como protegemos o patrimônio científico-cultural e gerenciamos um arquivo físico e digital. Hoje, esses modelos 3D de alta resolução oferecem a possibilidade de rematerializar memórias e explorar como adicionar significado relevante por meio do ato de refazer.



Sequência da cabeça original, passando virtualmente pela remoção do tecido até o crânio impresso em 3D

Sequence from the original head, virtually passing through the tissue removal until the 3D printed skull

During nearly 20 years, accompanying the fast technological advances, several 3D technologies have been used on the project, resulting in hundreds of 3D files related to the MN collection, obtaining files from objects from the archaeology, paleontology, anthropology, zoology and other departments of the museum (Lopes et al., 2019). In this context, several replicas for different purposes have been made, such as the replica of an ancient Egyptian head was exhibited besides the original, in order to explain to visitors what could be found inside the wrapped mummy. This kind of replica serves a mere educational purpose and is always shown as a technological replica instead of trying to replace the original that lost his "aura" of authenticity.

When the fire at Museu Nacional occurred on 2018, part of the existing collection in the main Palace was seriously damaged or even lost. All the laboratories located in the palace were drastically impacted, and due to the Museum's rescue team, which immediately acted in the search and recovery of the collection, many pieces were found and recovered. With the aid of the 3D digital files described above, many pieces are still being recovered, analyzed and sometimes physically and virtually repaired through technologies such as 3D printing and Virtual Reality. But this is an unprecedented situation. For the first time in history, a museum has lost such a large and diverse collection of physical objects, leaving only its digital counterparts. Questions arise about how we protect scientific-cultural heritage and manage a physical and digital archive. Today, these high-resolution 3D models offer the possibility to re-materialize memories and to explore how to add relevant meaning through the act of re-making.

03.

A honra de copiar

O potencial das cópias parece nascer com a produção de artefatos na humanidade, e permanece, mais tarde, como um estatuto ao que recebe a qualidade de artístico. Por muito tempo na história, aproximar-se da habilidade do mestre pelo exercício da imitação foi a garantia de uma passagem de conhecimento sólido. Somente após o Renascimento a ideia de autoria amadureceu, e os artesãos são reconhecidos por suas características particulares de estilo, sem deixar de permanecer vinculados aos ateliês de seus professores e serem celebrados como tal. Ser aprendiz de alguém estabelecido e experiente parecia ser o caminho natural para ratificar-se como manipulador de formas. Isso, pelo menos, até a fundação de escolas que ofereciam educação de forma formal e sistemática.

Imitar é o exercício pragmático de vivenciar os desafios técnicos e estéticos de um antecessor com a intenção de fixar lições, tomando como ponto de partida algo já atestado pelo campo como relevante. Esse processo está presente em praticamente todos os atos civilizatórios, do uso de talheres à troca de pneus de carros ou atracação de barcos. Quando assistimos alguém fazê-lo, tudo fica mais fácil.

Pois há conhecimentos tácitos mais complexos a serem adquiridos teoricamente; seja por fontes escritas ou orais. Richard Sennett em seu livro *“The Craftsman”* (2008), conta o quão complicado seria explicar a desossa de um frango usando palavras, mas como o processo pode ser intuitivamente internalizado quando observamos um *chef* manipulando a faca e o animal. Há uma curva de aprendizado, mas com tempo e disciplina, é possível percorrê-la. O autor elege argila, madeira e alimentos como os três materiais historicamente escolhidos para o estabelecimento de laços de confiança e transferência de conhecimento entre mestre e iniciante. Materiais segundo ele, disponíveis a metamorfoses quase infinitas e que nos acompanham há milênios.

O que se questiona na publicação é a desvalorização do tempo investido até a aquisição de uma especialização diante da aceleração dos meios de produção, e de como o fazer manual passou a ser considerado inferior diante das tecnologias velozes dos processos construtivos atuais. Porém, ainda assim, o desejo de fazer bem feito ainda hoje se mantém como nobre herança do trabalho que une prática e teoria pelo envolvimento direto do corpo. Não é nosso objetivo aqui analisar esse desgaste, mas atualizar e relembrar, o que aprendemos com exemplos, o que consciente ou subliminarmente tentamos emular. Então, onde começam nossos problemas de cópia, se eles são parte intrínseca de nossa afirmação no mundo?

The honour to copy

The potential of the copies seems to be born with the production of artifacts in humanity, and remains, later, as a statute to what receive the quality of artistic. For a long time in history, approaching the skill of the master through the exercise of imitation was the guarantee of a passage of solid knowledge. Only after the Renaissance the idea of authorship matured, and artisans are recognized for their particular characteristics of style, while remaining linked to their teachers' studios and being celebrated as such. Being apprenticed to someone established and experienced seemed to be the natural way to ratify himself as a manipulator of forms. This, at least, until the foundation of schools that offered education in a formal and systematic way.

Imitating is the pragmatic exercise of experiencing the technical and aesthetic challenges of a predecessor with the intention of fixing lessons, taking as a starting point something already attested by the field as relevant. This process is present in practically all civilizing acts, from using cutlery to changing car tires or docking boats. When we watch someone do it, everything is easier. For there are more complex tacit knowledge to be acquired theoretically; either by written or oral sources. Richard Sennett in his book "The Craftman" (2008), tells how complicated it would be to explain the boning of a chicken using words, but how the process can be intuitively internalized when we observe a chef manipulating the knife and the animal. There is a learning curve, but with time and discipline, it is possible to go through it. The author chooses clay, wood and food as the three materials historically chosen for the establishment of bonds of trust and knowledge transfer between master and beginner. Materials according to him, available to almost infinite metamorphoses and that have been with us for millennia.

What is questioned in the publication is the devaluation of the time invested until the acquisition of a specialization in view of the acceleration of the means of production, and of how manual making has come to be considered inferior in view of the fast technologies of the current construction processes. However, even so, the desire to do something well is still maintained today as the noble heritage of work that unites practice and theory through the direct involvement of the body. It is not our aim here to analyze this wear and tear, but to update and remember, which we learn from examples, which we consciously or subliminally try to emulate. So, where do our copy problems begin, if they are an intrinsic part of our affirmation in the world?

For Walter Benjamin (2012), the rupture occurs when capitalism, through the massive exploitation homogeneous the proletarian labor, not only the codes and work procedures of the new industrial order, but also contributes to the suppression of its singularities as an individual. As someone who loses, despite

Para Walter Benjamin (2012), a ruptura ocorre quando o capitalismo, por meio da exploração massiva homogênea o trabalho proletário, não apenas os códigos e procedimentos de trabalho da nova ordem industrial, mas também contribui para a supressão de suas singularidades como indivíduo. Como alguém que perde, apesar de pertencer a um coletivo, um direito sobre sua imaginação e a maneira como se comporta e faz as coisas no mundo que o tornariam único. Essa diferenciação o sistema admite como perigosa e subversiva. Já conhecemos e vivemos as consequências dos diferentes regimes que o século XX atravessou tentando lidar politicamente com essas divergências. Hoje nos encontramos atolados no capitalismo tardio, que pouco fez pelos trabalhadores, mas que incorporou muito bem, e de forma conveniente, a oscilação entre desvalorizar ou não algo que é ou não único.

O próprio autor no famoso texto em que apresenta o conceito de "aura", já admitia que em essência a obra de arte sempre foi passível de ser reproduzível, seja por discípulos, para difusão ou lucro. O que parece incomodar o autor é o nível de qualidade e indistinção que as obras podem ter quando reproduzidas por meios técnicos de produção. Algo se perderia nesse processo, o autor chama de "aura", mas nós aqui, em nosso exercício de pensamento, proporemos que estamos diante também da ausência de algo valorizado por Sennett, que é o envolvimento do corpo para realizar bem algo dentro de uma tradição, com uma ideia defendida por Philippe Dubois em sua obra "*L'acte photographique et autres essais*" (1990), que veremos a seguir.

Escrita na transição dos processos analógicos para os digitais da produção fotográfica, a obra do autor francês propunha uma síntese reflexiva sobre os fundamentos da linguagem a partir não do resultado — das cópias potencialmente infinitas possíveis a partir de um único quadro e das mensagens visuais nelas embutidas —, mas de sua gênese, como testemunho da relação de presença em um dado momento do tempo entre autor e modelo. Ao traço desse entrelaçamento, ele chamou de índice. Para tanto, apoiou-se na obra do filósofo e semiótico norte-americano Charles Sanders Peirce, que se debruçou sobre seu significado, além do de "ícone" e "signo". Em suma, os índices seriam signos, mas mantinham alguma conexão real, de contiguidade física com seu referente. Como exemplo mais próximo da fotografia, ele utiliza o curtimento de corpos. A exposição à luz solar altera a cor da pele, deixando virgens as partes escurecidas e outras protegidas, assim como a emulsão reage sobre o papel quando a imagem invertida é captada e negada pelo aparato óptico da máquina. Temos então um filme modificado pela luminosidade, que são claros e escuros resultantes do ato de exposição a ela. Há uma prova das circunstâncias físicas desse encontro, atestadas ontologicamente.

A marca dessa ausência, que atesta uma conexão física no tempo, guarda forte semelhança com os mitos do surgimento da pintura e, conseqüentemente, da escultura. Plínio, o Velho, filósofo e estadista romano que viveu entre 23 e 79 d.C., narra em sua obra *Naturalis Historia* (Pliny the Elder, 1961) a fábula da filha do oleiro Dibutades, que, apaixonada por um homem que, ao sair em viagem, pede ao amante que fique em meio à chama da vela (destacamos novamente a presença do elemento flamejante na narrativa) e uma parede para copiar sua sombra, a fim de não esquecer a silhueta. A história não termina aí, pois Plínio diz que mais tarde o oleiro adiciona argila ao perfil e assim, temos, como extensão, o mito narrador das artes da moldagem e da modelagem tridimensional.

belonging to a collective, a right over his imagination and the way he behaves and does things in the world that would make him unique. This differentiation the system admits as dangerous and subversive. We already know and live the consequences of the different regimes that the 20th century went through trying to deal politically with these divergences. Today we find ourselves mired in late capitalism, which has done little for the workers, but which has incorporated very well, and in a convenient way, the oscillation between devaluing or not something that is or is not unique.

The author himself in the famous text in which he presents the concept of "aura", already admitted that in essence the work of art has always been capable of being reproducible, whether by disciples, for diffusion or profit. What seems to bother the author is the level of quality and non-distinction that works can have when reproduced by technical means of production. Something would be lost in this process, the author calls it "aura", but we here, in our thought exercise, will propose that we are also facing the absence of something valued by Sennett, which is the involvement of the body to accomplish something well within a tradition, with an idea defended by Philippe Dubois in his work "L'acte photographique et autres essais" (1990), which we will see below.

Written in the transition from analog to digital processes of photographic production, the French author's work proposed a reflective synthesis on the fundamentals of language based not on the result - on the potentially infinite copies possible from a single frame and the visual messages embedded in them

-, but in its genesis, as the testimony of the relationship of presence at a given moment in time between author and model. The trace of this interlacing, he called the index. To this end, it relied on the work of the American philosopher and semiotic Charles Sanders Peirce, who focused on its meaning, in addition to that of "icon" and "sign". In short, the indices would be signs, but they maintained some real connection, of physical contiguity with their referent. As a closer example to photography, he uses the tanning of bodies. Exposure to sunlight alters the color of the skin, leaving darkened and other protected parts virgin, just as the emulsion reacts on the paper when the inverted image is captured and negated by the optical apparatus of the machine. We then have a film modified by luminosity, which are light and dark resulting from the act of exposure to it. There is proof of the physical circumstances of that encounter, attested ontologically.

The mark of this absence, which attests to a physical connection in time, bears a strong resemblance to the myths of the emergence of painting and, consequently, of sculpture. Pliny the Elder, Roman philosopher and statesman who lived between 23 and 79 AD, narrates in his work *Naturalis Historia* (Pliny the Elder, 1961) the fable of the potter's daughter Dibutades, who is in love with a man who goes on a trip, asks the lover to stay amid the flame candle (we highlight again the presence of the flaming element in the narrative) and a wall to copy its shadow, in order not to forget the silhouette. The story does not end there, because Pliny says that later the potter adds clay to the profile and thus, we have, as an extension, the myth narrator of the arts of molding and three-dimensional modeling.

É potente poder associar o surgimento do registro, da representação e da arte a um ato de desejo e amor diante de uma distância. A mimese é uma tentativa de contiguidade e a obra é um índice de uma falta afetiva, ou um meio concreto de lidar com ela. Ela é criada porque um vazio é deixado. Dubois, aproveita para unir a fábula, o traço imaginário de sua ausência e o tempo com que assimilamos as perdas com o ato fotográfico. Estamos falando de luto. Embora culturalmente distintos, nesses períodos lidamos com sentimentos de tristeza, frustração, raiva e desamparo, dado o fato de que seguimos, enquanto algo caro a nós, não mais. O contato único do fotógrafo com seu modelo (convivência), o corte seco do obturador (morte) e o tempo até a revelação da imagem (luto) causarão um resultado semelhante, o da consolação. Mas é preciso atravessar a latência, a dúvida, o risco da revelação nada revelar e nos petrificar diante do vazio ou nos apaixonarmos pelo resultado.

Entre a Medusa que paralisa ao ser olhada e Narciso, que se afoga ao abraçar seu reflexo, fique no meio do caminho e construa um escudo de Perseu. Uma forma saudável e lúdica de não se imobilizar diante da finitude. Um caminho indireto para olhar nossas limitações com uma ferramenta simbólica, que metamorfoseou a dor e que, por consequência, permitiu algo ao mundo. Se a fotografia sai da imagem, na morte, ficamos com boas lembranças do ausente (a foto também) e podemos invocar fantasmas. Para Benjamin, um dos processos que contribuem para a perda da aura é a gangorra entre o valor de culto e o valor de exposição. Quanto maior um, menor o outro. O Sudário de Turim é antigo e raramente exposto.

It is powerful to be able to associate the emergence of registration, representation and art with an act of desire and love in the face of a distance. Mimesis is an attempt at contiguity and the work is an index of an affective lack, or a concrete means of dealing with it. It is created because a void is left. Dubois, takes the opportunity to unite the fable, the imaginary trace of its absence and the time with which we assimilate the losses with the photographic act. We are talking about mourning. Although culturally distinct, during

O que está na catedral é uma imagem negativa, que permite ver as marcas do corpo, uma representação do linho, não ele mesmo. A ocultação quase permanente do original, salvo exceções, garante um alto valor de culto.

Não ter acesso ao índice de experiência parece garantir, segundo o autor alemão, uma conexão singular de espaço e tempo, o que confirma a manutenção da aura. A espera/luto para contemplar algo único é um caminho para sonhos, ficções e fricções, que podem levar ao novo e ao velho simultaneamente. É a dialética entre imaginação e realidade. A aura, depois de tantos pensadores se concentrarem nela, pode não estar mais em um problema de repetição, ou está na qualidade da cópia, ou mesmo se ela vem apenas do original, mas de invocar aquele caminho interior que nos permite fabular.

these periods we deal with feelings of sadness, frustration, anger and helplessness, given the fact that we follow, while something dear to us, no more. The photographer's unique contact with his model (coexistence), the dry cut of the shutter (death) and the time until the image is developed (mourning) will cause a similar result, that of consolation. But it is necessary to cross the latency, the doubt, the risk of the revelation revealing nothing and petrifying ourselves before the emptiness or falling in love with the result.

Between the Medusa that paralyzes when being looked at and Narcissus, that drowns while embracing its reflection, stay in the middle of the path and build a Perseus shield. A healthy and playful way of not immobilizing yourself in the face of finitude. An indirect path to looking at our limitations with a symbolic tool, which metamorphosed the pain and which, as a consequence, allowed something to the world. If the photograph leaves the image, in death, we are left with good memories of the absent (the photo too) and we can invoke ghosts. For Benjamin, one of the processes that contribute to the loss of the aura is the seesaw between the cult value and the exposure value. The bigger one, the smaller the other. The Shroud of Turin is ancient and rarely exposed. What is in the cathedral is a negative image, which makes it possible to see the marks of the body, a representation of the linen, not itself. The almost permanent concealment of the original, apart from exceptions, guarantees a high worship value.

Not having access to the experience index seems to guarantee, according to the German author, a singular connection of space and time, which confirms the maintenance of the aura. Waiting / mourning to contemplate something unique is a path to dreams, fictions and frictions, which can lead to the new and the old simultaneously. It is the dialectic between imagination and reality. The aura, after so many thinkers focused on it, may no longer be in a problem of repetition, or is in the quality of the copy, or even if it comes only from the original, but from invoking that inner path that allows us to fable.



Processo de criação da obra "Mãos do Resgate"
Creation process of the work "Rescue Hands"

04. Uma qualidade de presença auditiva

Vivemos em um mundo imerso em duplos, triplos e confusões entre negativo e positivo. O nível de distinção entre o palpável e o virtual e suas qualidades únicas, hoje são quase superadas pela qualidade técnica que permite reproduzi-las.

Portanto, a permanência e emanção da aura podem depender muito mais de nossa qualidade de presença, do que de coisas ou situações. Arriscamos dizer que a aura é uma disponibilidade anterior. Por exemplo, este artigo está sendo escrito por autores com diferentes formações, reunindo áreas da ciência, do design e da arte. Enquanto em algum momento do argumento a cópia nos pareceu inferior, ou uma característica artisticamente depreciativa, no campo da paleontologia tomar a cópia de um fóssil, seja pela técnica de moldagem manual, seja pelos métodos digitais e não invasivos aqui descritos, demonstra enorme respeito pelo original e por seus colegas de campo. Ter a réplica de um osso de animal extinto é poder sem pudor, manipular, quebrar, construir protótipos de testes extremos e arriscar preservar, ao mesmo tempo em que compartilha a experiência e dá oportunidade aos colegas que podem explorar com esse modelo. A cópia ganha um status nobre, porque a qualidade da atenção dedicada a ela é inédita.

Nas ciências humanas e na criação poética, pode ser uma fase de despertar habilidades, sem as quais não atingiríamos o nível máximo de nossas virtudes. É conhecida na História da Arte a forja que Michelangelo executou da estátua denominada "*Eros Adormecido*" (1496), cujo modelo data originalmente do século III a.C., quando ele tinha apenas 21 anos (Charney, 2015). Ter feito a cópia, com presença e dedicação, em estado de aura, o preparou tecnicamente e abriu caminho para uma próxima encomenda muito mais ambiciosa, a célebre "*Pietà*" (1498-99).

Resgatando nossa caricatura Elmyr do filme de Welles, alguns alegam que compraram suas obras sabendo que eram cópias, mas que foram feitas com tal qualidade, que "atenuaram" o crime. O falsificador alegou que seus Picassos tinham que ser feitos em 10 segundos, como Picasso os faria. Essa dedicação em emular um artesão mais bem-sucedido tem seus pecados morais, mas também demonstra enorme respeito por uma habilidade que é usada como parâmetro de maestria. Suas obras estão em muitas coleções sob outras assinaturas, então alguma imortalidade foi alcançada. Como o próprio Elmyr afirmou, basta deixar tempo suficiente nas paredes dos museus, que cedo ou tarde o falso se torna verdade.

Podemos nos oferecer um exercício de pensamento que pode considerar questões relacionadas à aura em outro momento, pois o valor da réplica está se tornando cada vez mais plástico. Nossos problemas começam quando temos acesso direto e explícito a tudo. O mundo do excesso que habitamos acelerou tanto nossa percepção, que a velocidade com que construímos imagens (sonoras, visuais, táteis) é sem comparação em termos de qualidade na História, mas cujo consumo só é comparável com a velocidade com que são descartadas. A aura desaparece com a banalização e a anestesia.

Quando pesquisadores se unem e promovem, após anos de documentação digital do acervo do MN, a impressão de modelos 3D feitos com as cinzas dos lugares próximos ao que ocuparam na arquitetura da instituição estão reunindo todos os conceitos trabalhados ao longo deste texto. Estão desdobrando as tradições de registro e transmissão de conhecimento, estão trabalhando ativamente as perdas, estão atualizando conceitos filosóficos e estão apontando que o fim pode ser um novo começo quando há afeição pelo que se faz. Não por acaso, a escolha de alguns objetos reproduzidos e as ações tomadas em outros invocam luto e apagamento.

A quality of aural presence

We live in a world immersed in doubles, triples and confusions between negative and positive. The level of distinction between the palpable and the virtual and its unique qualities, today are almost surpassed by the technical quality that allows them to be reproduced. Therefore, the permanence and emanation of the aura may depend much more on our quality of presence, than on things or situations. We risk saying that the aura is an availability before. For example, this article is being written by authors with different backgrounds, bringing together areas of science, design and art. While at some point in the argument copy seemed to us to be inferior, or an artfully derogatory characteristic, in the field of paleontology taking the copy of a fossil, either by manual molding technique, or by the digital and non-invasive methods described here, is demonstrated enormous respect for the original and for his field colleagues. Having the replica of an extinct animal bone is power without shame, manipulating, breaking, building extreme test prototypes and risking preserving, while sharing the experience and providing the opportunity to colleagues who can explore with this model. The copy gains a noble status, because the quality of attention dedicated to it is unprecedented.

In human sciences and poetic creation, it can be a phase of awakening skills, without which we would not reach the maximum level of our virtues. It is known in Art History the forge that Michelangelo executed of the statue named "Sleeping Eros" (1496), whose model originally dates from the 3rd century BC, when he was only 21 years old (Charney, 2015). Having made the copy, with presence and dedication, in a state of aura, technically prepared him and paved the way for a much more ambitious next order, the celebrated "Pietà" (1498-99). Rescuing our caricature Elmyr from the film by Welles, some claim that they bought

his works knowing that they were copies, but that they were made with such quality, that they "attenuated" the crime. The forger claimed that his Picassos had to be done in 10 seconds, as Picasso would do them. This dedication to emulating a more successful craftsman has its moral sins, but it also demonstrates enormous respect for a skill that is used as a parameter of mastery. His works are in many collections under other signatures, so some immortality has achieved. As Elmyr himself stated, just leave enough time on the walls of the museums, that sooner or later the false becomes true.

We can offer ourselves an exercise in thinking that may consider aura-related issues at another point, as the value of the replica is becoming more and more plastic. Our problems start when we have direct and explicit access to everything. The world of excess that we inhabit has accelerated our perception so much, that the speed with which we build images (sound, visual, tactile) is without comparison in terms of quality in History, but whose consumption is only comparable with the speed with which they are discarded. The aura disappears with banalization and anesthesia.

When researchers come together and promote, after years of digital documentation of the MN collection, the printing of 3D models made with the ashes of the places close to what they occupied in the institution's architecture are bringing together all the concepts worked throughout this text. They are unfolding the traditions of recording and passing on knowledge, they are actively working on losses, they are updating philosophical concepts and they are pointing out that the end can be a new beginning when there is affection for what is done. Not by chance, the choice of some reproduced objects and the actions taken on others invoke mourning and erasure.



Nesse contexto, vários projetos surgiram. Um dos experimentos foi feito com uma urna funerária marajoara, sociedade que floresceu na Ilha de Marajó, no Rio Amazonas, na era pré-colombiana, cujo original foi perdido no incêndio. Um modelo de uma de suas faces impresso em tecnologia 3D, foi coberto com areia mais resina usada para fazer moldes, que endurece na presença de calor. Após ser aquecido em um forno, o modelo foi removido, deixando um negativo côncavo semelhante aos vazios em Pompéia após a erupção do Vesúvio, que extinguiu a cidade. Uma peça artística, de orientação científica, que buscava emular o processo de desaparecimento pelo fogo que encerrou o destino de seu original, personificando a fantasmagoria dessa ausência. Esta peça foi um experimento realizado em etapas de testes para possíveis desenvolvimentos.

Outra ação ocorreu sobre um tronco de madeira queimada de alguma parte estrutural do museu. O objeto que pertenceu a uma das muitas fases de reforma e ampliação da construção tem uma parte conservada e seu restante queimado. Utilizando uma fresadora computadorizada, ele recebeu a escavação do texto latino "*Memento Mori*", conceito fundamental do estoicismo, que trata a morte como algo natural a ser elaborado durante a vida e que foi usado como saudação pelos eremitas de São Paulo na França (1620 – 1633).



Processo de digitalização de Urna Marajora, modelo 3D virtual e superfície côncava após a remoção do modelo impresso em 3D

Scan process of the Marajora Urn, 3D model virtual of and the concave surface after the removal of the 3D printed model

In this context, several projects arose. One of the experiments was done with a marajoara funeral urn, a society that flourished on the Marajó Island in the Amazon River in the pre-Columbian era, whose original was lost in the fire. A model of one of its faces printed in 3D technology, was covered with sand plus resin used to take molds, which hardens in the presence of heat. After being roasted in an oven, the model was removed, leaving a concave negative similar to the voids in Pompeii after the eruption of Vesuvius, which extinguished the city. An artistic, scientifically oriented piece that sought to emulate the process of disappearing by the fire that ended the fate of its original, personifying the phantasmagoria of this absence. This piece was an experiment carried out in stages of testing for possible developments.

Another gesture occurred on a burnt wood trunk from some structural part of the museum. The object that belonged to one of the many phases of renovation and expansion of the construction has a conserved part and its rest burned. Using a computerized milling machine, he received the excavation of the Latin text "Memento Mori", the fundamental concept of stoicism, which treats death as something natural to be elaborated during life and which was used as a greeting by the hermits of Saint Paul in France (1620 - 1633).



Tronco de madeira queimada proveniente do Museu Nacional

Burnt wood trunk from Museu Nacional

Um terceiro exemplo ocorreu a partir do crânio de Luzia — um dos remanescentes humanos mais antigos encontrados na América do Sul, datado em cerca de 11.500 anos —, descoberto no Brasil na região do estado de Minas Gerais no início da década de 1970. As cinzas do local onde a peça estava armazenada foram separadas e misturadas ao material da impressão 3D, de modo que o modelo guardasse reminiscências de si mesmo. Quem esteve na presença desses novos objetos certamente não se colocou com desinteresse por serem oriundos de originais ou de destroços. Há algo acrescentado a eles que permite responder à pergunta de Bruno Latour & Adam Lowe (2020, p. 39), sobre se é possível acrescentar algo à cópia. Talvez esse objetivo tenha sido alcançado quando tomamos consciência da origem e das propriedades dos materiais que os constituem e dos processos construtivos reunidos para isso. Estamos engajados no esforço de não permitir que ruínas se tornem apenas escombros.

Ainda é muito difícil lidar com o vazio que o Museu Nacional deixou para um país com tantos problemas e contrastes como o Brasil. No entanto, entendemos que este não é um fenômeno isolado. O mundo parece estar usando o fogo como nunca antes, não para construir, mas para destruir. Dizem as lendas que os chineses usavam a pólvora para espantar os maus espíritos com seus fogos de artifício, não com o propósito primordial de construir armas. Esta foi talvez uma das curvas erradas que a humanidade tomou quando, em poder de algo confiável somente aos deuses, escolheu priorizá-lo para a dominação.

A fotografia nasce e morre pela luz. Os desenhos do falsário foram jogados na fogueira, coleções inteiras de uma instituição científica foram perdidas num incêndio, governos extremistas lançaram ideias e atos contra suas populações e a natureza, que poluem o futuro da vida do planeta. O excesso de tudo nos cegou para a beleza simples e ficamos maravilhados apenas com os espetáculos vorazes. Walter Benjamin viveu um momento extremamente triste na história de seu país, teve um destino trágico durante a Segunda Guerra Mundial, mas dedicou grande parte de sua obra ao esforço de não apagar de nós a chama acolhedora da poesia.

Por isso, os mitos relacionados a esse elemento foram tão importantes. Dibatades, Prometeu, Hefesto e a Fênix são estágios internos da nossa própria iluminação interior. Começamos com a compreensão limitada das sombras, depois o contato com aquele que entrega a pira do trabalho aos homens, mas é severamente castigado por seu ato, passando pelo que busca na metalurgia concentrada criar um mundo e, finalmente, o pássaro que renasce de sua própria combustão, demonstrando que os fins estão se reiniciando. Eduardo Galeano (1940-2015), jornalista e escritor uruguaio, afirmou que no zoológico humano, os reprodutores provavelmente vivem na gaiola do pavão.

// Estávamos ali anestesiados, hipnotizados e encantados pelo efeito estroboscópico das plumas que produzíamos. Elas são amigáveis aos olhos, são o fruto de nossos esforços. Mas esquecemos que há uma segunda função na cauda/criação, que só ocorre em seu desaparecimento aerodinâmico. Que é tornar possível o voo, a evasão. O desprendimento com o solo. Tornar o impossível possível.”

GALEANO, 2011

A third example occurred from the skull of Luzia - one of the oldest human remains found in South America, dated at about 11,500 years -, discovered in Brazil in the region of the state of Minas Gerais in the early 1970s (Fig. 9). The ashes of the site where the piece was stored were separated and mixed with the 3D printing material, so that the model kept reminiscences of itself. Those who were in the presence of these new objects certainly did not place themselves with disinterest because they came from originals or wreckage. There is something added to them that allows you to answer the question by Bruno Latour & Adam Lowe (2020, p. 39), regarding whether it is possible to add something to the copy. Perhaps this objective has been achieved when we become aware of the origin and properties of the materials that constitute them and the constructive processes brought together for this. We are engaged in the effort of not allowing ruins to become only rubble.

It is still very hard to deal with the emptiness that the National museum has left for a country with so many problems and contrasts like Brazil. However, we understand that this is not an isolated phenomenon. The world beautifully seems to be using fire as never before, not to build, but to destroy. Legends say that the Chinese used gunpowder to scare away evil spirits with their fireworks, not for the primary purpose of building weapons. This was perhaps one of the wrong curves that humanity took when in the power of something entrusted only to the gods, it chose to prioritize it for domination.

Photography is born and dies by light. The forger's drawings were thrown at the stake, entire collections of a scientific institution were lost in a fire, extreme governments launched ideas and acts against their populations and nature, which smog on the future of the planet's life. The excess of everything blinded us to the simple beauty and we were amazed only by the voracious spectacles. Walter Benjamin lived in an extremely sad moment in the history of his country, he had a tragic destiny during the Second World War, but he dedicated a large part of his work to the effort not to extinguish the welcoming flame of poetry from us.

// We were there anesthetized, hypnotized and enchanted by the strobe effect of the plumes we produced. They are friendly to the eye, they are the fruit of our efforts. But we forget that there is a second function in the tail / creation, which only occurs in its aerodynamic disappearance. Which is to make flight possible, evasion. The detachment with the soil. Make the impossible possible."

GALEANO, 2011



Pesquisador adicionando cinzas à resina fotossensível.

Researcher adding ashes to the photosensitive resin.

Talvez se conseguirmos aceitar que a única constante é a inconstância, teremos encontrado os meios para olhar longamente o caminho que percorremos, admirar sua beleza e tragédias e entender que o desespero contemplado no limite da cegueira é a manifestação do clamor do tempo por renovação. Quando desaparecermos, nossas conquistas permanecerão por mais algum tempo. O trabalho em pedra, na dor e no amor perdurará, mas não para sempre, tudo em algum momento se perderá pelo desgaste natural das coisas, pelas tragédias naturais ou pelas inúmeras faces da guerra. Nada será poupado, triunfos ou fraudes se transformarão em cinzas. Este é o fato da vida. O que resta então? Continuar a cantar, deleitar-se com os olhos e escrever com a pena do pássaro imperial, o que sempre esteve disponível para consulta no firmamento. ●

For this reason, the myths related to this element were so important. Dibutades, Prometheus, Hephaestus and the Phoenix are internal stages of our own inner illumination. We start with the limited understanding of the shadows, then contact with the one who delivers the pyre of work to men, but is severely punished for his act, going through what seeks in concentrated metallurgy to create a world and, finally, the bird that is reborn from its combustion itself, demonstrating that the ends are restarting. Eduardo Galeano (1940-2015), Uruguayan journalist and writer, stated that in the human zoo, the breeders probably live in the peacock cage. We were there anesthetized, hypnotized and enchanted by the strobe effect of the plumes we produced.

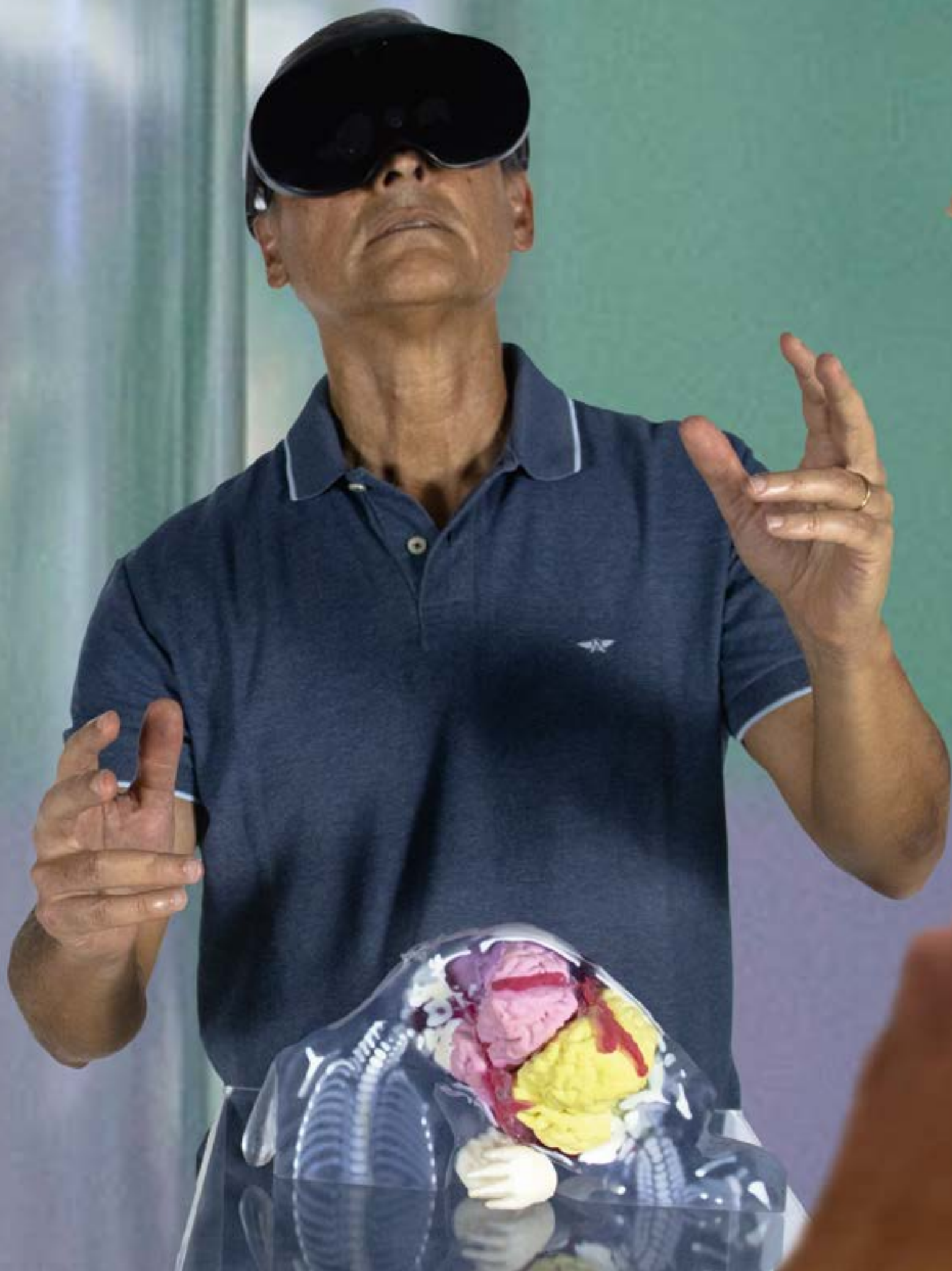


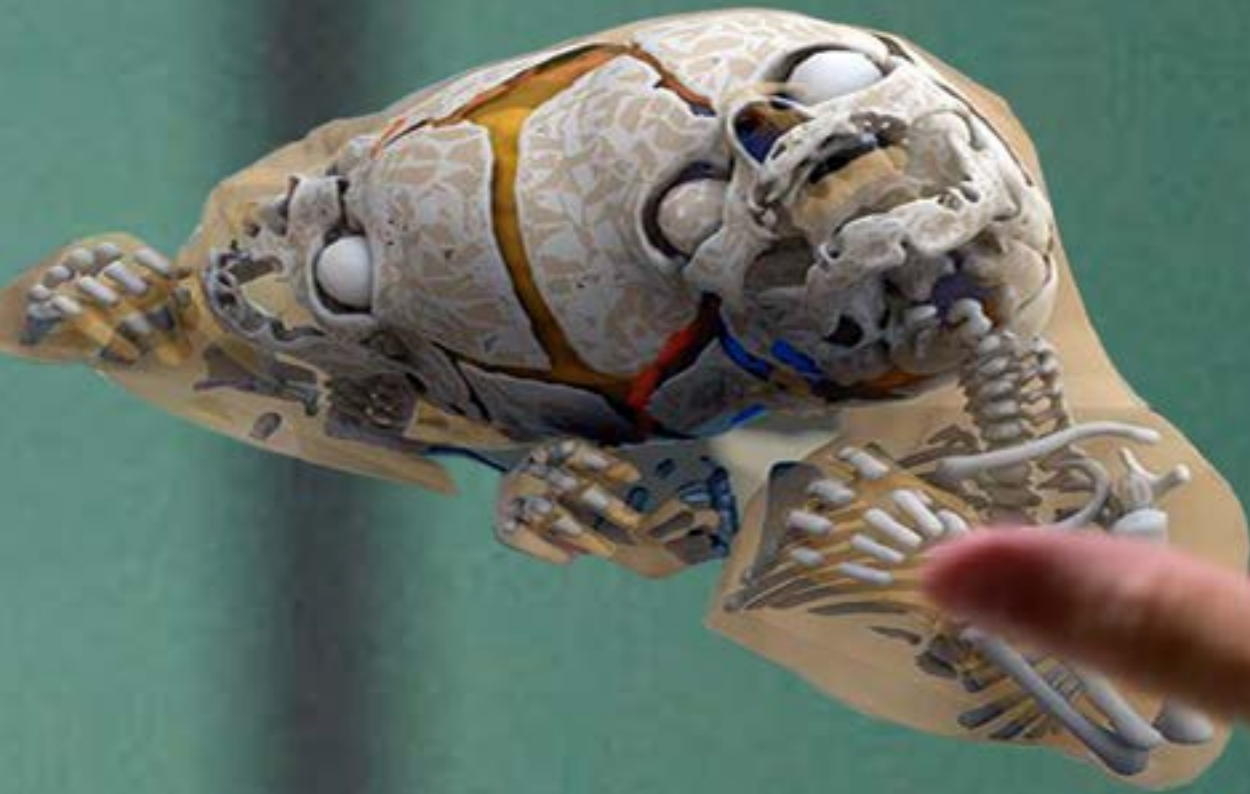
Impressões em 3D feitas de uma mistura de poliamida e as cinzas do incêndio do Museu Nacional.

3D printed models made of a mixture of polyamide and the ashes form the fire of the Museu Nacional.

Perhaps if we manage to accept that the only constant is inconstancy, we will have found the means to take a long look at the path we have traveled, admire its beauty and tragedies and understand that the despair contemplated at the limit of blindness is the manifestation of the clamor of time for renewal. When we disappear, our achievements will remain for a while longer. Stone work, in pain and love will endure, but not forever, everything will at some point be lost by the natural wear and tear of things, by natural tragedies or by the countless faces of war. Nothing will be spared, triumphs or frauds will turn to ashes. This is the fact of life. What's left then? Continue to sing, delight with your eyes and write with the feather of the imperial bird, what has always been available for consultation in the firmament. ●







XR

MEDICINA

MEDICINE



MEDICINA ESTENDIDA

EXTENDED MEDICINE

by
Heron Werner
Jorge Lopes

**Protetor facial com tela acoplada
(projeto FAPERJ, Laboratório
BIODESIGN, design João Vitor
Azevedo) usado pela professora
Maria Eloisa Conceição.**

*Face shield with integrated display
(FAPERJ project, BIODESIGN Lab,
design by João Vitor Azevedo)
wearing by Maria Eloisa Conceição.*



CONTEÚDO INTERATIVO
INTERACTIVE CONTENT

MEDICINA.MEDICINE 

- Na área de saúde as tecnologias de visualização virtual interativa como a navegação 3D em telas e as tecnologias de Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA) contam com um diferencial importante que transmite credibilidade ao usuário que é o fato de que os arquivos de modelos tridimensionais utilizados são oriundos de exames médicos não invasivos de imagem, tais como a tomografia computadorizada (TC), a ressonância magnética (RM) e a ultrassonografia (US) 3D.

Quando inseridos em ambiente virtual, os exames médicos que são de casos de pacientes reais, permitem uma visualização interativa onde, dependendo da tecnologia utilizada, várias atuações são possíveis, tais como a segmentação tridimensional (3D), a simulação de procedimentos e informação para o público não especializado.

Um dos primeiros projetos desenvolvidos para a visualização 3D virtual do corpo humano utilizando arquivos de RM fetal, foi realizado em 2011, pelos pesquisadores brasileiros Heron Werner, Jorge Lopes e Ricardo Fontes e divulgado pela revista inglesa de caráter científico “New Scientist”. No vídeo é possível “navegar na estrutura anatômica interna de um feto de 36 semanas em exame realizado por RM.

- *In the healthcare field, interactive virtual visualization technologies—such as 3D navigation on screens, Virtual Reality (VR), and Augmented Reality (AR) offer a key advantage that enhances user trust: the fact that the 3D model files used are derived from non-invasive medical imaging exams such as computed tomography (CT), magnetic resonance imaging (MRI), and 3D ultrasound (US).*

When integrated into a virtual environment, these medical exams based on real patient cases enable interactive visualization where, depending on the technology used, several applications are possible. These include 3D segmentation, procedure simulation, and educational content for non-specialist audiences.

One of the first projects developed for virtual 3D visualization of the human body using fetal MRI data was carried out in 2011 by Brazilian researchers Heron Werner, Jorge Lopes, and Ricardo Fontes. The project was featured in the UK-based scientific magazine New Scientist. In the video, it is possible to “navigate” through the internal anatomical structures of a 36-week-old fetus based on MRI scans.



Cenas do vídeo que apresenta visualização 3D do corpo humano a partir de ressonância magnética fetal, publicado na revista científica "New Scientist" em 2011.

Scenes from the video showing a 3D visualization of the human body from fetal magnetic resonance imaging, published in the scientific journal "New Scientist" in 2011.

Os diversos projetos que seguiram essa pesquisa, também publicada em periódicos científicos internacionais, motivaram os autores a ampliarem o campo de possibilidades no uso de imagens médicas não invasivas para visualização de casos clínicos.

Com o advento da pandemia de COVID19, tecnologias de comunicação com vídeo e imagens foram potencializadas. A equipe do laboratório BIODESIGN da PUC-Rio em parceria com o grupo Dasa, em projeto também apoiado pela FAPERJ para desenvolvimento de equipamentos para de proteção individual para a área de saúde um dos equipamentos desenvolvidos foi um protetor facial com interface digital onde é possível visualizar o prontuário sem contato físico.

Também durante a pandemia, devido ao proibitivo contato físico, foram iniciadas reuniões de trabalho com pesquisadores do IMPA no ambiente virtual do “Centro Pi”, do Museu Nacional e do BIODESIGN, utilizando RV, especialmente no aplicativo “SPATIAL”, um “workspace” colaborativo em ambiente virtual criado em 2017.

As reuniões realizadas no SPATIAL ampliaram o conhecimento do então difundido de metaverso. O conceito já abordado anteriormente nessa obra tem seu uso em medicina sendo muito relevante e com crescente e satisfatórias aplicações.



Centro PI - IMPA Virtual, com a presença dos avatares dos pesquisadores.

PI Center - IMPA Virtual, featuring the researchers' avatars.



Sala ambiente Dasa com arquivos médicos de tomografia computadorizada abertos nas paredes e presença dos avatares dos pesquisadores.

Dasa virtual room with computed tomography scan medical files displayed on the walls and the researchers' avatars present.



Introduzindo o uso do Metaverso no estudo com pacientes.

Introducing the Metaverse as a tool for patient studies.

The various projects that followed this research, also published in international scientific journals, inspired the authors to expand the possibilities for using non-invasive medical imaging in the visualization of clinical cases.

With the onset of the COVID-19 pandemic, technologies for video and image-based communication were significantly enhanced. The BIODESIGN laboratory team at PUC-Rio, in partnership with the Dasa group and with support from FAPERJ, developed personal protective equipment (PPE) for healthcare professionals. One of the devices created was a face shield with a digital interface that allows medical records to be viewed without physical contact.

Also during the pandemic, due to restrictions on in-person contact, work meetings with researchers from IMPA were held in the virtual environment of the “Centro Pi” at the National Museum and the BIODESIGN Lab, using VR-specifically through the “SPATIAL” application, a collaborative virtual workspace created in 2017.

These meetings in SPATIAL expanded the team’s understanding of the concept of the metaverse, which was already gaining attention. Its use in the medical field proved to be highly relevant, with increasingly successful and meaningful applications.

A principal diferença entre sucesso do uso do metaverso na medicina quando comparada a outras áreas pode ser entendida, como explicado anteriormente, no fato de que na medicina os arquivos de modelos 3D utilizados são oriundos de exames médicos reais, não invasivos de imagem tais como a TC, a RM e a US 3D, ou seja, não se trata de simulações 3D modeladas em software e sim arquivos que são importados e abertos diretamente na plataforma. Quando inseridos em ambiente virtual, os exames médicos reais permitem verificação no metaverso simultaneamente por diversos participantes em tempo real.

O conceito de Realidade Estendida (RE), que engloba RV, RA e Realidade Mista (RM), está revolucionando a área da saúde ao aprimorar o diagnóstico, o tratamento, a educação médica e o engajamento dos pacientes. Essas tecnologias imersivas possibilitam visualizações 3D precisas, auxiliando médicos na identificação de diversas doenças.

The main reason for the metaverse's effective use in medicine compared to other Fields lies in the fact that the 3D model files used are derived from real, non-invasive medical imaging exams such as CT scans, MRIs, and 3D US. In other words, they are not 3D models created in software simulations, but actual medical data files that are imported and viewed directly on the platform.

When integrated into the virtual environment, these real medical exams allow multiple participants to simultaneously view and interact with the data in real time within the metaverse.

The concept of Extended Reality (XR) which encompasses VR, AR, and Mixed Reality (MR) is revolutionizing healthcare by enhancing diagnosis, treatment, medical education, and patient engagement. These immersive technologies enable highly accurate 3D visualizations, assisting physicians in identifying a wide range of diseases.



Discussão no metaverso de um caso de tumor de mama.

Discussion of a breast tumor case in the Metaverse.



Impressão 3D e Metaverso na Ortopedia.

3D Printing and the Metaverse in Orthopedics.



Impressão 3D e Realidade Estendida na discussão de um caso clínico de tumor glômico.

3D Printing and Extended Reality in the clinical discussion of a glomus tumor case.

No planejamento cirúrgico, a RE permite criar modelos 3D a partir de exames de US, TC e RM, facilitando a navegação por anatomias complexas e otimizando abordagens cirúrgicas. Durante as operações, a navegação em tempo real com RE pode aumentar a precisão e a segurança dos procedimentos. Além disso, a RE oferece ambientes interativos para treinamentos, onde cirurgiões e estudantes praticam procedimentos complexos, como cirurgias robóticas.

A educação médica é amplamente beneficiada, proporcionando experiências imersivas e detalhadas sobre a anatomia humana e diversas situações clínicas.

A RE pode também promover a colaboração remota e a telemedicina, conectando especialistas de diferentes partes do mundo sem a necessidade de deslocamentos. Na saúde mental, sessões de terapia virtuais poderão abrir novas formas de interação com os pacientes. ●



Discussão de casos de medicina fetal no Metaverso (trabalho em parceria com o Laboratório LES - PUC-Rio).

Discussion of fetal medicine cases in the Metaverse (a collaborative project with the LES Laboratory - PUC-Rio).

In surgical planning, XR allows the creation of 3D models from US, CT scans, and MRI exams, making it easier to navigate complex anatomies and optimize surgical approaches. During operations, real-time navigation with XR can increase precision and improve procedural safety.

Additionally, XR offers interactive training environments where surgeons and medical students can practice complex procedures, including robotic surgeries. Medical

education greatly benefits from these technologies, providing immersive and detailed experiences of human anatomy and various clinical scenarios.

XR also fosters remote collaboration and telemedicine by connecting specialists from different parts of the world without the need for travel. In mental health care, virtual therapy sessions could open up new ways of interacting with patients. ●





CIRURGIA ASSISTIDA POR REALIDADE ESTENDIDA

EXTENDED REALITY ASSISTED SURGERY

by
Ronaldo Andrade
Vinicius Arcoverde
Jorge Lopes



CONTEÚDO INTERATIVO
INTERACTIVE CONTENT

**Cirurgião usando óculos de realidade aumentada
Hololens durante a cirurgia para visualizar o modelo
3D sobreposto a imagem real.**

*Surgeon using augmented reality glasses
Hololens during surgery to view the 3D model
superimposed on the real image.*

MEDICINA.MEDICINE 

01.

Do planejamento virtual ao corte real

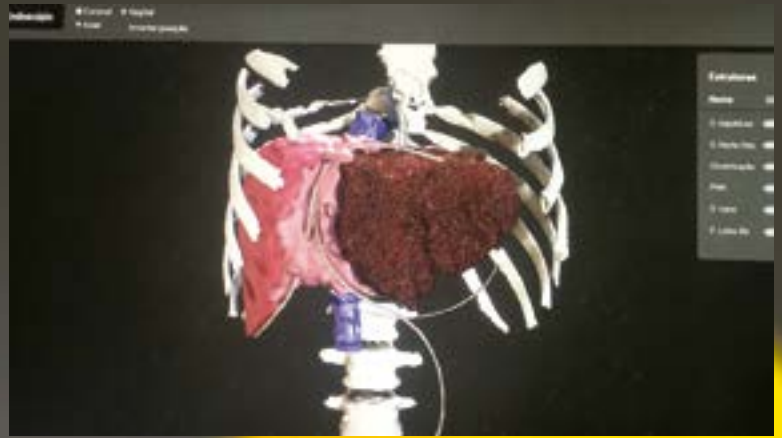
A cirurgia moderna enfrenta desafios devido à complexidade anatômica dos órgãos, especialmente em áreas como o fígado, onde a intrincada rede vascular torna cada movimento decisivo. A previsibilidade cirúrgica, garantida por mapeamentos detalhados dos segmentos hepáticos, é essencial para evitar danos vasculares. Avanços tecnológicos tornaram a reconstrução 3D pré-operatória uma ferramenta poderosa, permitindo ao cirurgião antecipar as condições da sala de operação. Atualmente, a realidade aumentada (RA) e a realidade virtual (RV) oferecem soluções inovadoras para reduzir o intervalo entre planejamento e execução, aprimorando a compreensão e a contextualização das estruturas anatômicas diretamente no campo de visão do cirurgião.

A preceptoria médica, que consiste na integração da prática supervisionada à formação de residentes, destaca-se como elemento crucial para o desenvolvimento de habilidades clínicas e cirúrgicas, alinhando experiência real e *feedback* prático. O uso de tecnologias 3D físicas ou digitais adiciona uma nova camada ao ensino médico ao viabilizar a visualização de exames, oferecendo uma compreensão mais profunda das estruturas anatômicas e das relações espaciais.

From virtual planning to real incision.

Modern surgery faces challenges due to the anatomical complexity of organs, especially in areas such as the liver, where the intricate vascular network makes every movement decisive. Surgical predictability, ensured by detailed mappings of hepatic segments, is essential to avoid vascular damage. Technological advances have turned preoperative 3D reconstruction into a powerful tool, allowing surgeons to anticipate the conditions in the operating room. Currently, augmented reality (AR) and virtual reality (VR) offer innovative solutions to reduce the gap between planning and execution, enhancing understanding and contextualization of anatomical structures directly in the surgeon's field of view.

Medical preceptorship, which consists of integrating supervised practice into resident training, stands out as a crucial element for the development of clinical and surgical skills, aligning real-world experience with practical feedback. The use of physical or digital 3D technologies adds a new layer to medical education by enabling the visualization of exams, offering a deeper understanding of anatomical structures and spatial relationships.



Visualizador 3d desenvolvido no BiodesignLab com um caso cirúrgico de fígado.

3D viewer developed at BiodesignLab featuring a surgical liver case.



Modelos 3D de fígado impressos com diferentes tecnologias e formas.

3D liver models printed using different technologies and shapes.

A integração entre a preceptoria tradicional e os ambientes de RV apresenta aspectos complementares. No contexto presencial, a supervisão direta permite a observação detalhada do procedimento e o *feedback* imediato, seguindo o conceito clássico de “*see one, do one, teach one*”. Nesse modelo, os residentes observam, realizam sob supervisão e, posteriormente, ensinam, favorecendo a construção de habilidades progressivas. No ambiente virtual, a experiência imersiva proporciona um espaço seguro para prática, possibilitando que os residentes cometam erros sem riscos ao paciente e repitam procedimentos diversas vezes. Isso supera limitações impostas pelo contexto real, como disponibilidade de tempo e recursos. Dessa forma, a combinação dessas abordagens otimiza o aprendizado e fornece uma formação mais abrangente e eficaz.

No primeiro experimento pré-operatório, o fígado foi reconstruído em 3D, com todos os oito segmentos hepáticos e a vascularização devidamente identificados para facilitar o planejamento cirúrgico. Durante a atividade, o preceptor permanecia no computador supervisionando as ações dos residentes, enquanto estes manipulavam o modelo tridimensional em RV, apresentando suas abordagens e justificativas. O *feedback* crítico oferecido pelo cirurgião destacava os acertos e erros dos residentes, promovendo o aprimoramento de suas habilidades.



Dr. Ronaldo e seus residentes enquanto estudam o caso que irão operar.

Dr. Ronaldo and his residents as they study the case they are about to operate on.

The integration between traditional preceptorship and VR environments presents complementary aspects. In the face-to-face context, direct supervision allows detailed observation of the procedure and immediate feedback, following the classic “see one, do one, teach one” concept. In this model, residents watch, perform under supervision, and later teach, favoring the progressive construction of skills. In the virtual environment, the immersive experience provides a safe space for practice, allowing residents to make mistakes without risk to the patient and to repeat procedures multiple times. This overcomes limitations imposed by real contexts, such as time and resource availability. Thus, combining these approaches optimizes learning and provides a more comprehensive and effective training.

In the first preoperative experiment, the liver was reconstructed in 3D, with all eight hepatic segments and the vascularization properly identified to facilitate surgical planning. During the activity, the preceptor remained at the computer supervising the residents’ actions, while they manipulated the three-dimensional model in VR, presenting their approaches and justifications. The surgeon’s critical feedback highlighted the residents’ successes and mistakes, promoting improvement of their skills.

Experiência de simulação de cirurgia hepática em realidade virtual.



Liver surgery simulation experience in virtual reality.

In the subsequent experiment, using a hepatic surgery simulator, the residents were first introduced to the controls. Then, they performed the procedure on the three-dimensional liver model, facing anatomical challenges. Later, they practiced techniques individually, such as the use of the electric scalpel and outlining the vascularization. However, the absence of abdominal tension simulation compromised realism. Even so, the social aspect of the metaverse for case discussions proved valuable for introducing future procedures, although the practical simulation failed to faithfully reproduce the surgical experience.

Continuing, we explored an experiment that integrates these innovations directly into the intraoperative context, allowing the use of augmented reality (AR) during surgical procedures. The project was made possible by available technology: the HoloLens 2, launched in 2019, represented a major breakthrough in AR devices. The COVID-19 pandemic, which began in 2020, accelerated the adoption of remote technologies, while Facebook, renamed Meta, launched the Quest 2 in 2021, and Microsoft introduced Microsoft Mesh, strengthening immersive digital interaction.

We developed three types of visualizations to address the problem of the user's hands not being occluded by the headset, something that could hinder the procedure. We created one version with transparent parenchyma and vessels; another with a wireframe parenchyma, allowing the visualization of hands and the virtual overlay; and a third that shows only the vascularization, used during moments of anchoring the virtual object. A second operator switched between these visualizations as needed. The device was used primarily at the start of the procedure, after opening and exposing the organs, to identify the relevant vascularization. The possibility of raising and lowering the display made it easier to consult the HoloLens, allowing the surgeon to operate with the visor raised for most of the time.

For future projects addressing this same topic, it may be important to add other functionalities, such as viewing and interacting with exams in augmented reality. In addition, remote interaction among physicians, allowing real-time collaboration through annotations and overlays in the surgeon's view, can be beneficial. These advances will contribute to increasing the precision of procedures and optimizing teamwork, ultimately improving surgical outcomes. ●

No experimento subsequente, com um simulador de cirurgia hepática, os residentes foram primeiramente introduzidos aos controles. Em seguida, realizavam o procedimento no modelo tridimensional do fígado, enfrentando desafios anatômicos. Posteriormente, praticaram individualmente técnicas como o uso do bisturi elétrico e o contorno da vascularização. Contudo, a ausência de simulação das tensões abdominais comprometeu o realismo. Ainda assim, o aspecto social do metaverso para discussão de casos mostrou-se valioso para introduzir futuros procedimentos, embora a simulação prática tenha falhado em reproduzir fielmente a experiência cirúrgica.

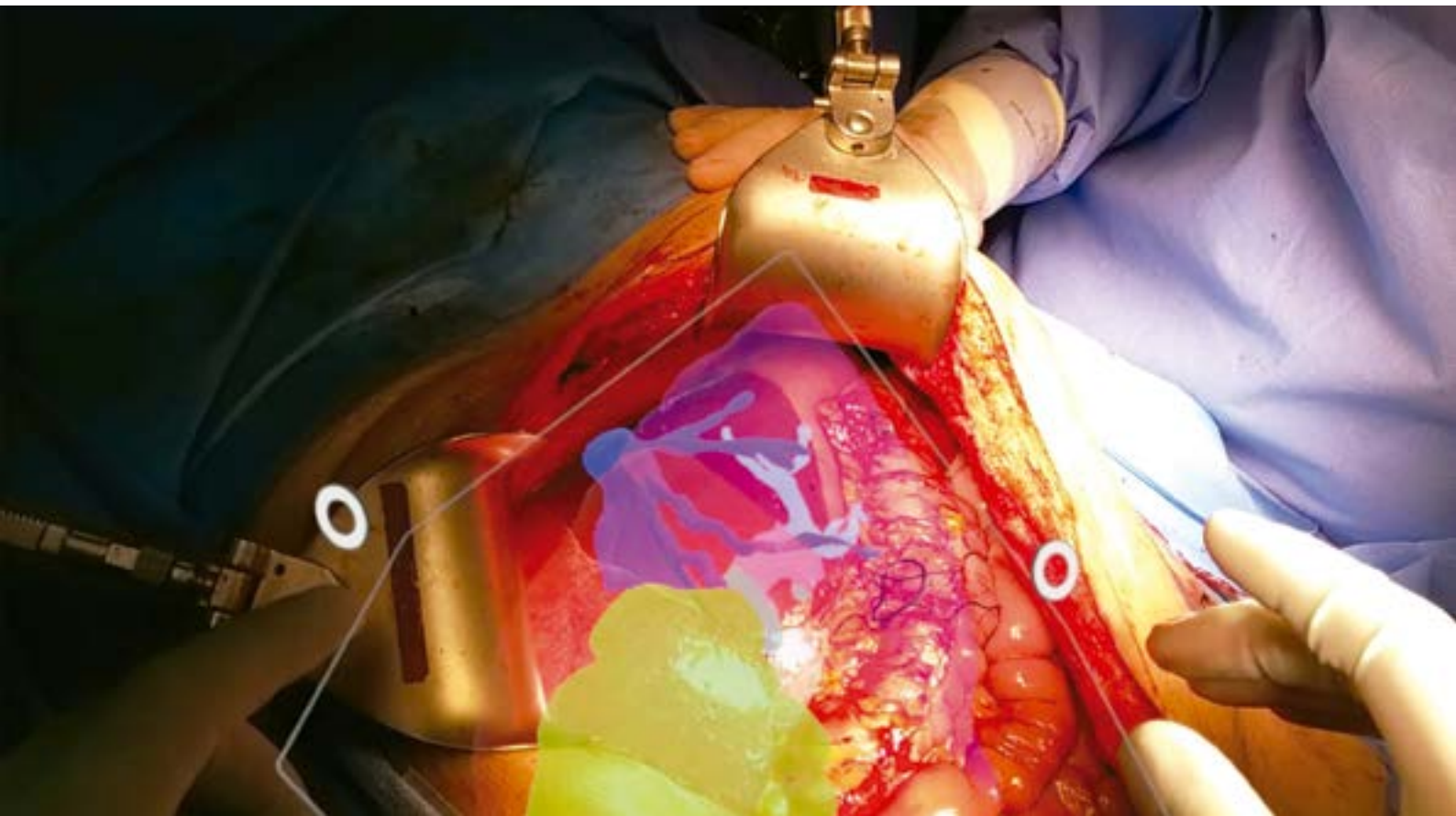
Dando continuidade, exploramos um experimento que integra essas inovações diretamente ao contexto intraoperatório, permitindo o uso de realidade aumentada (RA) durante os procedimentos cirúrgicos. O projeto foi viabilizado pela tecnologia disponível: o HoloLens 2, lançado em 2019, representou um grande avanço em dispositivos de RA. A pandemia de COVID-19, iniciada em 2020, acelerou a adoção de tecnologias remotas, enquanto o Facebook, renomeado Meta, lançou o Quest 2 em 2021 e a Microsoft apresentou o Microsoft Mesh, fortalecendo a interação digital imersiva.

Desenvolvemos três tipos de visualizações para resolver o problema da não oclusão das mãos do usuário nos óculos, algo que poderia prejudicar o procedimento. Criamos uma versão com parênquima transparente e vasos; outra com *wireframe* do parênquima, permitindo visualizar as mãos e a sobreposição virtual; e uma terceira apenas com a vascularização, utilizada em momentos de ancoragem do objeto virtual. Um segundo operador alternava entre essas visualizações conforme a necessidade. O dispositivo foi usado principalmente no início do procedimento, após a abertura e exposição dos órgãos, para identificar a vascularização relevante. A possibilidade de levantar e abaixar o display facilitou a consulta ao HoloLens, permitindo que o cirurgião operasse com o visor levantado na maior parte do tempo.

Para futuros projetos que abordem essa mesma temática, pode ser importante adicionar outras funcionalidades, como a visualização e interação com exames em realidade aumentada. Além disso, a interação remota entre médicos, possibilitando a colaboração em tempo real por meio de anotações e sobreposições na visão do cirurgião, pode ser benéfica. Esses avanços irão contribuir para aumentar a precisão dos procedimentos e otimizar o trabalho em equipe, melhorando os resultados cirúrgicos. ●

Figado 3D em realidade estendida sobreposto ao figado real durante cirurgia.

3D liver in extended reality overlaid on the real liver during surgery.







CONTEÚDO INTERATIVO
INTERACTIVE CONTENT

REALIDADE ESTENDIDA E INTELIGENCIA ESPACIAL

EXTENDED REALITY AND SPATIAL INTELLIGENCE

by Leonardo Frajhof

As tecnologias de visualização 3D para Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA) estão transformando a interação humana nos ambientes digitais, superando as limitações que as interfaces bidimensionais tradicionais oferecem. Ao integrar camadas de informações digitais ao mundo físico, essas tecnologias aproximam as linhas que separam o real do virtual, criando um ambiente imersivo onde a interação com objetos e dados digitais ocorre de forma intuitiva e personalizada. Tal integração amplia a percepção humana, possibilitando novas formas de experiência e interação. Este avanço se insere dentro da evolução da Internet e de suas interfaces, refletindo em um progresso significativo na forma como nos relacionamos com a tecnologia.

// A tecnologia é um modo de revelar. Isso exige que pensemos de outra maneira.”

HEIDEGGER, 1977

A transição da Web 1.0, caracterizada por documentos estáticos e interações passivas, para a Web 2.0, que introduziu conteúdo multimídia e plataformas interativas, marcou um progresso substancial, mas ainda limitado às telas bidimensionais. Com a Web3, alavancada pela conectividade das redes 5G, blockchain e inteligência artificial (IA), o conceito de Metaverso emerge, uma dimensão digital onde a interação é ampliada e se torna imersiva, e um novo paradigma, a Web Espacial, representa o avanço ainda maior da forma como nos conectamos no mundo tridimensional. Este novo paradigma busca representar como podemos conectar o físico e o digital de maneira mais interativa e intuitiva, empregando dados espaciais e interfaces imersivas.

A IA desempenha um papel crucial nesse contexto, ao processar grandes volumes de dados de maneira instantânea e incorporando algoritmos em plataformas de visualização. Os avanços em aprendizado de máquinas e computação visual possibilitam um entendimento mais profundo do ambiente tridimensional, permitindo a criação de sistemas capazes de interpretar e interagir com imagens 3D de forma sofisticada. Estes desenvolvimentos abrem caminho para uma nova era, onde a tomada de decisão pode ser assistida por sensores e artefatos inteligentes.

// *Technology
is a way of
revealing.
This requires
us to think
differently.*

HEIDEGGER, 1977

.3D *visualization technologies for Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR) are transforming human interaction in digital environments, overcoming the limitations offered by traditional two-dimensional interfaces. By integrating layers of digital information into the physical world, these technologies blur the lines between the real and the virtual, creating an immersive environment where interaction with digital objects and data takes place in an intuitive and personalized way. This integration broadens human perception, enabling new forms of experience and interaction. This advance is part of the evolution of the Internet and its interfaces, reflecting significant progress in the way we relate to technology.*

The transition from Web 1.0, characterized by static documents and passive interactions, to Web 2.0, which introduced multimedia content and interactive platforms, marked substantial progress, but was still limited to two-dimensional screens. With Web3, leveraged by the connectivity of 5G networks, blockchain and artificial intelligence, the concept of the Metaverse emerges, a digital dimension where interaction is amplified and becomes immersive, and a new paradigm, the Spatial Web, represents the further advancement of the way we connect in the three-dimensional world. This new paradigm seeks to represent how we can connect the physical and the digital in a more interactive and intuitive way, employing spatial data and immersive interfaces.

Artificial Intelligence (AI) plays a crucial role in this context, processing large volumes of data instantly and incorporating algorithms into visualization platforms. Advances in machine learning and visual computing enable a deeper understanding of the three-dimensional environment, allowing the creation of systems capable of interpreting and interacting with 3D images in a sophisticated way. These developments pave the way for a new era, where decision-making can be assisted by sensors and intelligent artifacts.

Fei-Fei Li, uma pioneira em IA e co-diretora do Instituto de Inteligência Humano-Centrado da Stanford (Stanford HAI), vem destacando a importância da Inteligência Espacial (IE) como o próximo grande passo para a IA. A IE permite que as máquinas processem os dados visuais e façam previsões, e atuem com base nessas previsões, possibilitando uma interação mais natural e eficaz com o mundo real e, desta forma, novas aplicações em áreas da saúde, robótica e educação podem ser desenvolvidas e contribuir para o bem estar da sociedade. A visão de Li sugere que a capacidade de entender e interagir com o mundo tridimensional é fundamental para o desenvolvimento da IA e que estas tecnologias realmente podem melhorar a condição humana.

A integração da IE com a RA na visualização das imagens médicas oferece um potencial significativo para a medicina moderna. A RA permite sobrepor informações digitais ao campo de visão do usuário, facilitando a visualização, e a IE sua interpretação dos dados complexos em tempo real. Por exemplo, algoritmos avançados de aprendizado de máquina e visão computacional podem analisar imagens médicas e criar modelos tridimensionais, como tomografias computadorizadas (TC) e ressonâncias magnéticas (RM), permitindo que os profissionais de saúde identifiquem anomalias com maior precisão.

Uma integração da IE com a RA em imagens médicas não apenas pode auxiliar a tomada de decisões clínicas, mas também oferecer uma nova forma de interatividade e acessibilidade. Pacientes podem visualizar modelos 3D de suas próprias anatomias, facilitando a compreensão de suas condições médicas e engajá-los ativamente em seu tratamento. Esse avanço representaria um marco significativo no desenvolvimento de uma medicina personalizada, abrindo caminho para inovações, que transformarão a prática médica, e aprimorarão o cuidado ao paciente.

Além disso, a visualização 3D de órgãos e tecidos em RA permite aos cirurgiões e médicos intervencionistas planejar procedimentos com maior precisão. Em um estudo de caso conduzido no Hospital de Stanford, cirurgiões utilizaram modelos tridimensionais em RA para realizar um procedimento complexo cardiovascular, resultando em menor tempo de operação e redução do risco de complicações. Esses modelos 3D auxiliam na compreensão da anatomia específica de cada paciente, melhorando a precisão cirúrgica e os resultados clínicos.

A integração da IE com a RA não apenas melhora a tomada de decisões clínicas, mas também oferece uma nova dimensão na forma como elas são representadas. Esse avanço representa um marco significativo na medicina, abrindo caminho para inovações que transformarão a prática médica e aprimorarão o cuidado ao paciente, um novo paradigma onde tecnologias recém-introduzidos reconfiguram e remodelam aqueles já presentes, e vice-versa, apresentando artefatos naturais, híbridos ou sintéticos para a simulação e manipulação das imagens médicas. ●

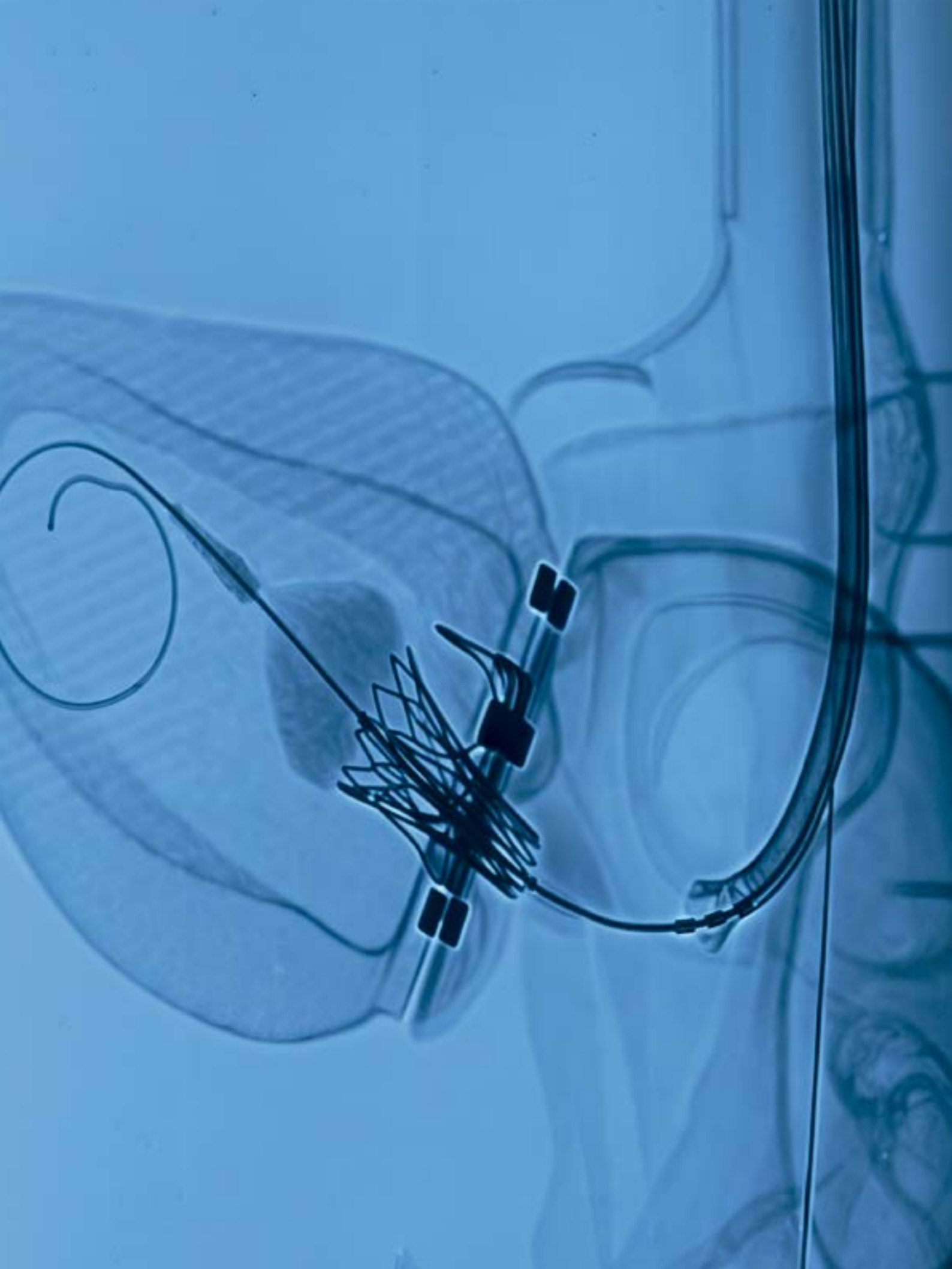
Fei-Fei Li, an AI pioneer and co-director of Stanford's Human-Centered Intelligence Institute (Stanford HAI), has been highlighting the importance of Spatial Intelligence (SI) as the next big step for AI. SI allows machines to process visual data and make predictions, and to act on those predictions, enabling a more natural and effective interaction with the real world. New applications in the areas of health, robotics and education, can be developed and contribute to the well-being of society. Li's vision suggests that the ability to understand and interact with the three-dimensional world is fundamental to the development of AI and that these technologies really can improve the human condition.

The integration of SI and AR in the visualization of medical images offers significant potential for modern medicine. AR allows digital information to be superimposed on the user's field of vision, facilitating visualization, and SI its interpretation of complex data in real time. For example, advanced machine learning and computer vision algorithms can analyze medical images and create three-dimensional models, such as computed tomography (CT) scans and magnetic resonance imaging (MRI) scans, allowing healthcare professionals to identify anomalies with greater precision.

An integration of EI with AR in medical imaging can not only aid clinical decision-making, but also offer a new form of interactivity and accessibility. Patients can visualize 3D models of their own anatomies, making it easier to understand their medical conditions and actively engage them in their treatment. This breakthrough would represent a significant milestone in the development of personalized medicine, paving the way for innovations that will transform medical practice and improve patient care.

In addition, 3D visualization of organs and tissues in AR allows surgeons and interventional doctors to plan procedures with greater precision. In a case study conducted at Stanford Hospital, surgeons used three-dimensional AR models to perform a complex cardiovascular procedure, resulting in shorter operating times and a reduced risk of complications. These 3D models help to understand the specific anatomy of each patient, improving surgical precision and clinical results.

The integration of SI with AR not only improves clinical decision-making, but also offers a new dimension in the way it is represented. This breakthrough represents a significant milestone in medicine, paving the way for innovations that will transform medical practice and enhance patient care, a new paradigm where newly introduced technologies reconfigure and reshape those already present, and vice versa, presenting natural, hybrid or synthetic artifacts for the simulation and manipulation of medical images. ●



SIMULADORES NO TREINAMENTO DE PROCEDIMENTOS INTERVENCIONISTAS

SIMULATORS IN INTERVENTIONAL PROCEDURE TRAINING



by
Estêvão C. de Campos Martins
Vinícius Pontes Arcoverde
João Victor Azevedo
Jorge Lopes



CONTEÚDO INTERATIVO
INTERACTIVE CONTENT

- Na medicina observa-se o afloramento de inúmeros procedimentos intervencionistas altamente especializados e complexos, muito necessários ao tratamento de patologias também complexas. Ocorre que os treinamentos de tais procedimentos, representados previamente pelo aforismo “see one, do one, teach one” são eticamente questionáveis devido ao fato do profissional não haver adquirido competência suficiente para abordar o paciente, mesmo que acompanhado de médico preceptor. O treinamento em simuladores vem sendo utilizado como valiosa ferramenta educacional que, como na aviação, contribui na aquisição e manutenção de competência de forma segura, tanto para o profissional quanto para os pacientes.

A simulação, como ferramenta educacional de treinamento, iniciou-se em 1930 com o surgimento do “Link Trainer”, ou “Blue Box”, o primeiro simulador de voo desenvolvido pela “Link Aviation Devices”. Na ocasião, a ideia era ensinar os pilotos, de forma segura, a pilotar uma aeronave. Desde então o treinamento em simuladores tornou-se ferramenta obrigatória na aviação civil e militar de todo o mundo.

- *In medicine, there has been a significant rise in highly specialized and complex interventional procedures, which are crucial for treating equally complex pathologies. Traditionally, training for these procedures followed the adage “see one, do one, teach one.” However, this approach raises ethical concerns since the practitioner may not yet have developed the necessary skills to perform the procedure safely on a patient, even under the supervision of a preceptor. Simulation-based training has emerged as a valuable educational tool, much like in aviation, enabling healthcare professionals to acquire and maintain competence safely for both practitioners and patients.*

Simulation as a training tool first appeared in 1930 with the creation of the “Link Trainer” or “Blue Box,” the first flight simulator developed by Link Aviation Devices. The goal was to teach pilots how to fly an aircraft safely. Since then, simulator training has become mandatory in both civil and military aviation worldwide.



Modelo virtual do simulador desenvolvido no BidesignLab Dasa/PUC-Rio.

Virtual model of the simulator developed in BidesignLab Dasa/PUC-Rio.

Por outro lado, na medicina, o treinamento em simulação iniciou-se na década de 60, a partir de um simulador desenvolvido pelo fabricante norueguês de brinquedos plásticos chamado Asmund Laerdal e pelo médico austríaco-tcheco Peter Safar. Este simulador realístico foi originalmente desenvolvido para o treinamento de ressuscitação cardiorrespiratória “boca a boca”. Depois de algum tempo este dispositivo ficou conhecido como “Resusci Anne” ou “CPR Anne”, sendo considerado o simulador mais utilizado na área de Saúde.

Subsequentemente, os simuladores utilizados em procedimentos intervencionistas evoluíram do modelo de manequim e expandiram seu espectro com múltiplos formatos e funcionalidades.

In medicine, simulation training began in the 1960s with the development of a simulator by Norwegian toy manufacturer Asmund Laerdal and Austrian-Czech physician Peter Safar. This realistic simulator was initially designed for mouth-to-mouth cardiopulmonary resuscitation (CPR) training. Over time, it became widely known as “Resusci Anne” or “CPR Anne” and is now considered the most widely used simulator in healthcare.

Interventional simulators have since evolved from basic mannequins to a wide range of models with diverse features and functionalities. Today, simulation can be broadly categorized into two main types: Virtual Simulation and Physical (Realistic) Simulation. Virtual simulation includes virtual patient models where physical sensors located in haptic boxes connect to computers and monitors. This category also encompasses advancements in augmented reality and full immersion into the metaverse. Physical simulation involves realistic mannequins and settings, benchtop dry simulators, and flow simulators.



Visão do simulador através da realidade aumentada.

Simulator view through augmented reality.



Médicos acompanhando procedimento simulado.

Doctors from the course observing a simulated procedure.

Atualmente podemos, de forma simplificada, identificar os dois ramos principais da simulação a saber: a simulação Virtual e a simulação Realística. A primeira modalidade inclui os simuladores com o paciente virtual, na qual observa-se a conexão de sensores físicos, localizados no box háptico, com o computador e os monitores. Observa-se ainda, neste grupo, o avanço progressivo no mundo virtual com os simuladores de realidade aumentada até a imersão completa no metaverso. Já os modelos físicos realísticos incluem os manequins e cenários realísticos, os simuladores secos de bancada assim como os simuladores de fluxo.

Aligned with this trend, the BiodesignLab Dasa/PUC-Rio, in partnership with the medical training company SIMULATICS, has been developing realistic physical simulator models based on 3D printing from Computed Tomography (CT) scans of selected patients. The CT images undergo segmentation to isolate the anatomical structures relevant for training. Models for transseptal puncture (a procedure performed on the membrane separating the right and left atria) and Mitral Valve-in-Valve (treating a degenerated surgical mitral valve using a transcatheter valve) have been widely tested and approved during courses, exhibitions, and congresses in the field of Interventional Cardiology. New models are being developed based on the combination of medical procedure expertise, simulation training experience, and proficiency in segmentation and 3D printing.

Alinhado com esta tendência, o BiodesignLab Dasa/PUC-Rio, em parceria com a empresa de treinamento médico SIMULATICS, tem desenvolvido modelos de simuladores físicos realísticos a partir da impressão 3D de tomografia computadorizada (TC) de pacientes selecionados. A TC passa por segmentação visando a escolha das estruturas de interesse ao treinamento. Os modelos de punção transseptal (pertuito feito na membrana que separa os átrios direito e esquerdo) assim como o de “Valve-in-Valve Mitral” (tratamento de válvula cirúrgica mitral degenerada através de válvula transcater), já foram amplamente testados e aprovados em cursos, feiras e congressos da especialidade da Cardiologia Intervencionista. Novos modelos estão sendo desenvolvido baseado neste trinômio: expertise em procedimentos médicos, expertise em treinamento com simuladores e expertise em segmentação e impressão 3D.

A punção transseptal é uma técnica que visa acessar o lado esquerdo do coração através do septo interatrial. Por meio da inserção de um cateter na veia femoral, o dispositivo é guiado até o átrio direito, posicionado contra a fossa oval e então atravessa a membrana, criando um caminho para o átrio esquerdo. Essa abordagem é particularmente relevante no contexto do “valve-in-valve”, que permite implantar uma nova prótese valvular dentro de uma pré-existente, evitando assim a necessidade de uma cirurgia de peito aberto. O simulador físico desenvolvido foi projetado para replicar essas etapas, permitindo a visualização das estruturas e fornecendo feedback tátil ao operador.

O desenvolvimento de simuladores Virtuais e Realísticos funcionam para responder às necessidades de treinamento impostas pelo surgimento de inúmeros procedimentos intervencionistas. Estes aparelhos, quando inseridos no contexto de currículo de treinamento dedicado, são ferramentas de ensino capazes de ajudar na aquisição e manutenção da competência em determinada atividade. O simulador desenvolvido mostra como soluções tecnológicas podem transformar o ensino de procedimentos complexos. Assim como na aviação, a medicina intervencionista busca o desenvolvimento de treinamento seguro, e eficaz, para seus profissionais e pacientes. ●

The transseptal puncture technique aims to access the left side of the heart through the interatrial septum. A catheter is inserted via the femoral vein and guided to the right atrium, where it is positioned against the fossa ovalis and then advanced through the membrane, creating a pathway to the left atrium. This approach is particularly important in the context of Valve-in-Valve procedures, which allow the implantation of a new prosthetic valve within a pre-existing one, thereby avoiding open-heart surgery. The physical simulator developed was designed to replicate these steps, enabling visualization of the anatomical structures and providing haptic feedback to the operator.

The development of both virtual and physical simulators directly addresses the training needs arising from the growing number of interventional procedures. When integrated into dedicated training curricula, these tools support the acquisition and maintenance of competency in specific tasks. This simulator demonstrates how technological solutions can transform the teaching of complex procedures. As in aviation, interventional medicine is pursuing safe and effective training methods to protect both healthcare professionals and their patients. ●



CORAÇÃO FETAL DA RECONSTRUÇÃO 3D E MODELOS FÍSICOS AO METAVERSO

FETAL HEART FROM 3D RECONSTRUCTION AND PHYSICAL MODELS TO THE METAVERSE

by

Heron Werner

Maria de Fátima Monteiro Pereira Leite

Marcela Castro Giffoni

Carla Verona Barreto Farias

Nathalie Bravo-Valenzuela

Jorge Lopes



CONTEÚDO INTERATIVO
INTERACTIVE CONTENT

- **A** cardiopatia congênita (CC) é a malformação congênita mais comum e uma causa importante de mortalidade perinatal e deficiências relacionadas a anomalias congênitas em todo o mundo. A prevalência de CC é de 10 a 12 casos para cada 1.000 nascidos vivos, sendo a maioria diagnosticada no pós-natal como doenças leves. A incidência em fetos é ainda maior, estimada em cerca de 6,5%. A triagem cardíaca por ultrassonografia (US) do coração fetal é a ferramenta mais importante para maximizar o diagnóstico pré-natal.

Avanços nas técnicas de imagem, como a US tridimensional (3D), proporcionaram maior precisão na avaliação da anatomia cardíaca. A US 3D, associada ao software de correlação de imagem espaço-temporal (STIC), permite a coleta do volume do coração e sua análise em modos multiplanares e renderizados.

No início da década de 2010, o surgimento de software de reconstrução 3D, combinados com impressoras 3D, possibilitou reconstruções virtuais e físicas de fetos, bem como a navegação virtual pelas cavidades fetais usando US 3D e ressonância magnética. Isso permitiu visualizações realistas de estruturas como vias aéreas, trato urinário e sistema nervoso em casos de malformações. No entanto, foi somente após o desenvolvimento do STIC que imagens 3D precisas do coração puderam ser obtidas.

- **C**ongenital heart disease (CHD) is the most common congenital malformation, and an important cause of perinatal mortality and disabilities related to birth defects all over the world. The prevalence of CHD is 10 - 12 cases for every 1000 live births, most due to postnatal diagnosis of mild disease. The incidence in fetuses is even higher and estimated around 6,5%. Cardiac screening by ultrasound (US) evaluation of the fetal heart is the most important tool to maximize its prenatal diagnosis.

Advances in imaging techniques such as three-dimensional (3D) US have provided better accuracy of cardiac anatomy. 3D US with software spatio-temporal image correlation (STIC) allows the volume of the heart to be collected and analyzed in multiplanar and rendered modes.

In the early 2010s, the emergence of 3D reconstruction software, combined with 3D printers, enabled virtual and physical reconstructions of fetuses, as well as virtual navigation of fetal cavities using 3D US and magnetic resonance imaging, enabling realistic visualizations of structures such as the airways, the urinary tract and the nervous system in cases of malformations. But only after the development of STIC, precise heart 3D images could be obtained.



Modelo virtual na capa da "Ultrasound in Obstetrics and Gynecology" e modelo físico feito numa impressora polijet demonstrando um coração fetal de 28 semanas com um grande aneurisma no ventrículo esquerdo.

A virtual model on the cover of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology and a physical model printed on a PolyJet printer, demonstrating a 28-week fetal heart with a large aneurysm in the left ventricle.



Discussão no metaverso do caso de aneurisma no ventrículo esquerdo no coração de um feto de 28 semanas.

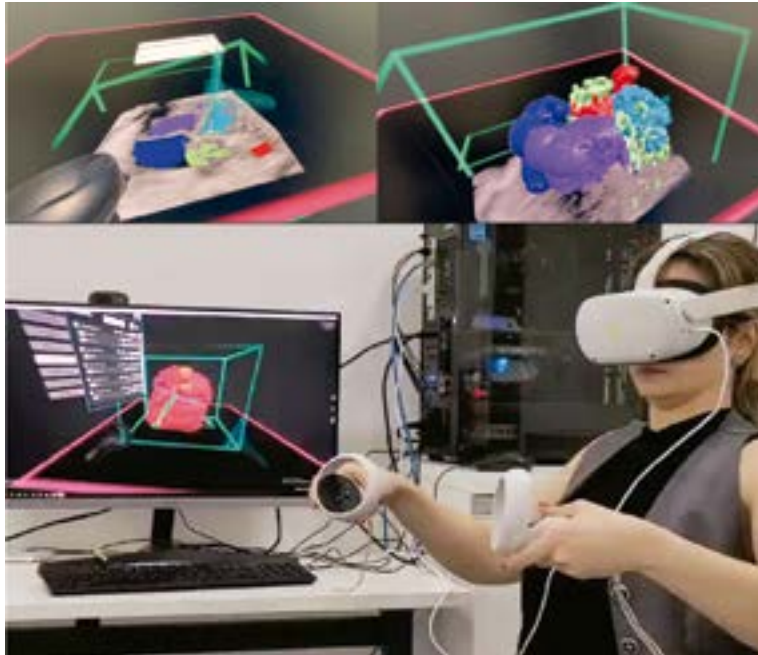
Discussion in the metaverse on the case of a left ventricular aneurysm in the heart of a 28-week fetus.

Os modelos físicos e virtuais em 3D do coração fetal possibilitam uma melhor compreensão das cardiopatias congênitas, auxiliando no aconselhamento parental, no ensino e nas discussões interativas entre equipes médicas multidisciplinares (especialistas em medicina materno-fetal, neonatologistas, cardiologistas pediátricos e cirurgiões cardiovasculares).

Nós estudamos as vantagens do uso de modelos físicos de corações fetais com anomalias congênitas para auxiliar os pais na compreensão dessas doenças. Após o diagnóstico, oferecemos uma explicação aos pais e seus acompanhantes utilizando modelos impressos em 3D. Posteriormente, eles responderam a um questionário sobre seus sentimentos em relação à anomalia cardíaca fetal. A maioria declarou que o modelo físico os ajudou a entender melhor a condição fetal, tornando-os mais confiantes e capacitados para tomar decisões.

A navegação virtual do coração fetal pode proporcionar uma visão realista do órgão, permitindo a exploração das câmaras cardíacas, válvulas e vias de saída dos ventrículos. A possibilidade de reconstruir, a partir de um único quadro (a visão das quatro câmaras), todos os detalhes das anomalias cardíacas e estudar o coração offline é outra vantagem dessa tecnologia. Qualquer ultrassonografista, mesmo os menos experientes, pode adquirir um bloco 3D a partir da visão das quatro câmaras e obter uma avaliação geral das malformações. No ambiente virtual, a anatomia cardíaca pode ser visualizada com clareza e compartilhada com diferentes equipes.

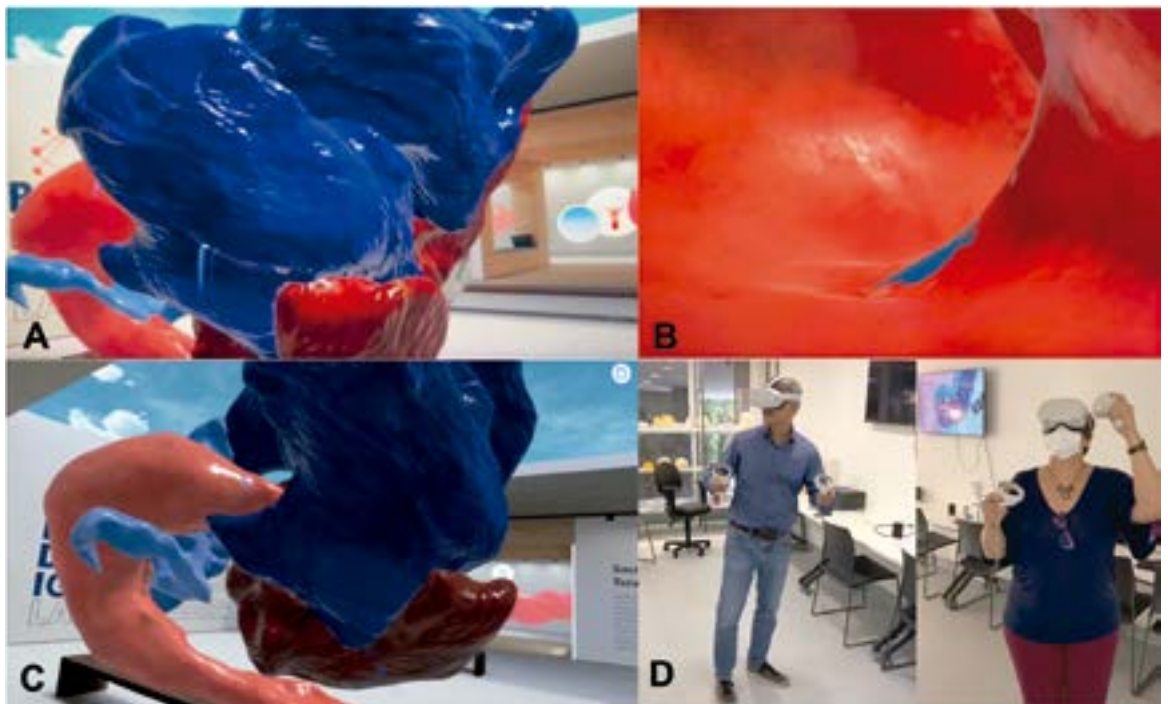
Experimento de segmentação do coração fetal usando uma plataforma de realidade virtual (RV) chamada Elucis (Realize Medical, Ottawa, ON, Canadá).



Fetal heart segmentation using a virtual reality (VR) platform called Elucis (Realize Medical, Ottawa, ON, Canada).

Discussão da anatomia do coração fetal no metaverso.

Discussion of fetal heart anatomy in the metaverse.

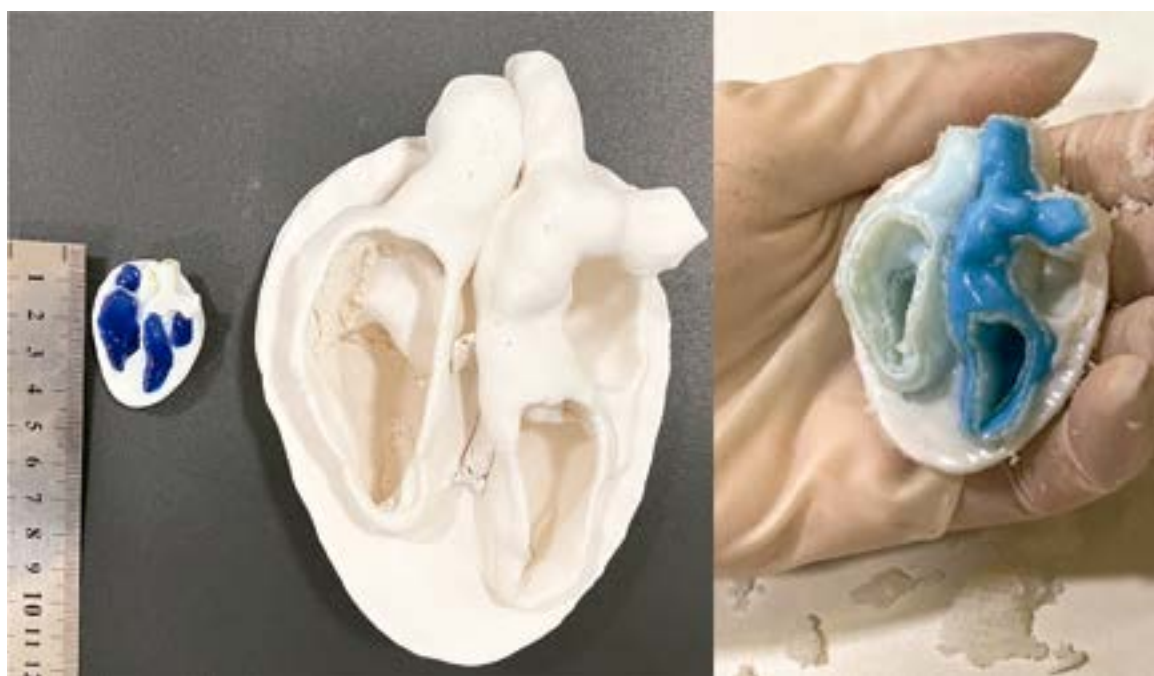


3D virtual and physical model of the fetal heart enables a better understanding of CHD improving parental counseling, teaching, as well as interactive discussions between the multidisciplinary medical team (maternal-fetal medicine specialist, neonatology, pediatric cardiology, and cardiovascular surgeon).

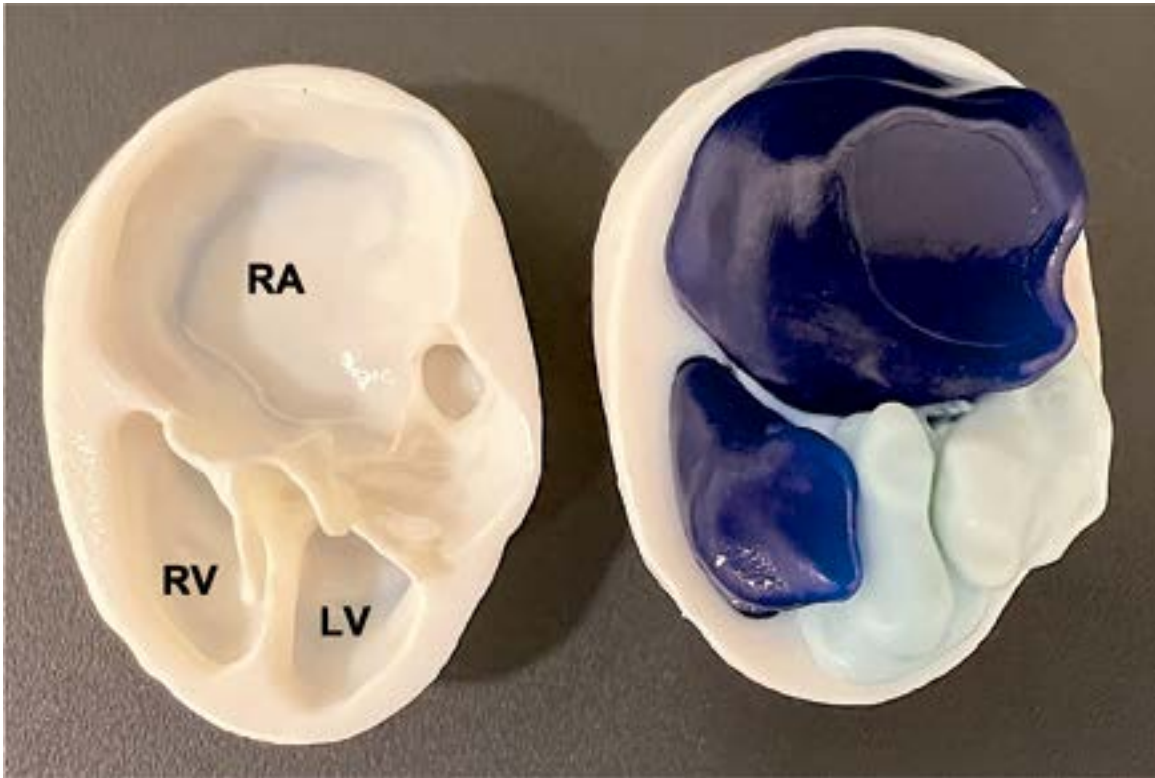
We studied the advantages of the use of physical models of fetal hearts with congenital heart anomalies to aid the understanding of these diseases by parents. After diagnosis, we offered an explanation to parents and their companions using 3D printed models. Finally, they answered a questionnaire about their feelings towards the fetal heart anomaly. Most of them declared that the physical model made them understand better the fetal condition, making them more self-assured and able to make decisions.

Virtual navigation of the fetal heart can provide us with a realistic vision of the heart by moving into the cardiac chambers, valves and ventricular outflow tracts. The possibility of reconstructing, from one single frame (the four chamber view), all the details of heart anomalies, and study the heart offline, is another advantage of this technology. Any sonographer, even those with less experience, can acquire a 3D block from a four-chamber view and have an overall assessment of the malformations. In virtual environment you can see clearly heart anatomy and share it with different teams.

Transposição fetal das grandes artérias com 25 semanas de gestação. Tamanho real feito numa impressora polyJet e num tamanho cinco vezes maior numa impressora de filamento.

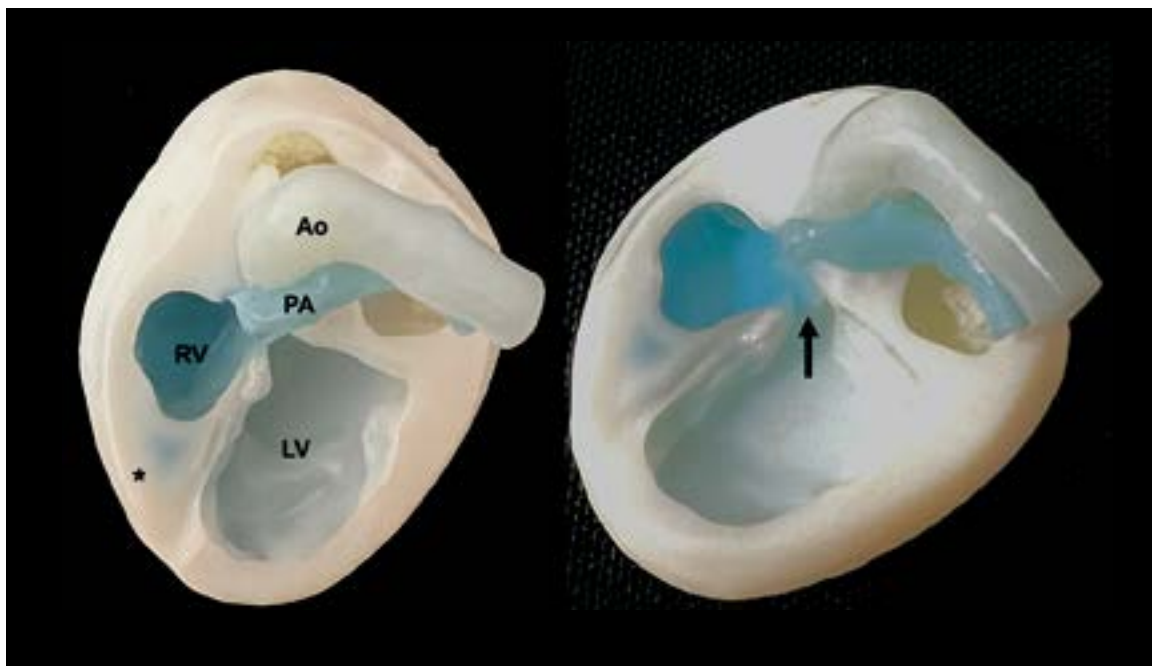


Fetal transposition of the great arteries at 25 weeks of gestation. A life-size fetal heart with transposition of the great arteries printed on a PolyJet printer and a five-times enlarged version printed on a filament printer.



Modelos físicos tridimensionais de um coração fetal (33 semanas) com anomalia de Ebstein. Câmaras cardíacas preenchidas com resina transparente (esquerda) e resina colorida (direita). Observe o aumento do átrio direito (RA). RV, ventrículo direito; LV, ventrículo esquerdo.

Three-dimensional physical models of a fetal heart (33 weeks) with Ebstein anomaly. Heart chambers filled with transparent resin (left) and color resin (right). Note the enlargement of right atrium (RA). RV, right ventricle; LV, left ventricle.



Modelo tridimensional impresso de um coração fetal (24 semanas) com tetralogia de Fallot. Ao, Aorta; LV, ventrículo esquerdo; PA, artéria pulmonar; RA, átrio direito; RV, ventrículo direito. Note defeito do septo ventricular (seta) e hipertrofia ventricular direita (*).

Three-dimensional printed model of a fetal heart (24 weeks) with tetralogy of Fallot. Ao, Aorta; LV, left ventricle; PA, pulmonary artery; RA, right atrium; RV, right ventricle. Note ventricular septal defect (arrow) and right ventricular hypertrophy ().*

Nós realizamos um estudo piloto utilizando a plataforma Elucis (Realize Medical, Ottawa, Canadá) para a segmentação do coração fetal. Esse sistema permitiu uma navegação em 360° e posterior utilização na impressão 3D, realidade virtual e metaverso. Mais uma vez, a visualização da anatomia cardíaca fetal normal e sua reconstrução aprimorou o ensino de estudantes, residentes e jovens profissionais da medicina fetal.

É claro que essas novas tecnologias exigem uma curva de aprendizado, mesmo para profissionais experientes em cardiopatias congênitas, design e uso de plataformas. No entanto, o primeiro passo é a aquisição de um volume 3D a partir da visão das quatro câmaras de um ecocardiograma fetal, que pode ser obtido em qualquer equipamento com tecnologia STIC e um transdutor volumétrico. ●

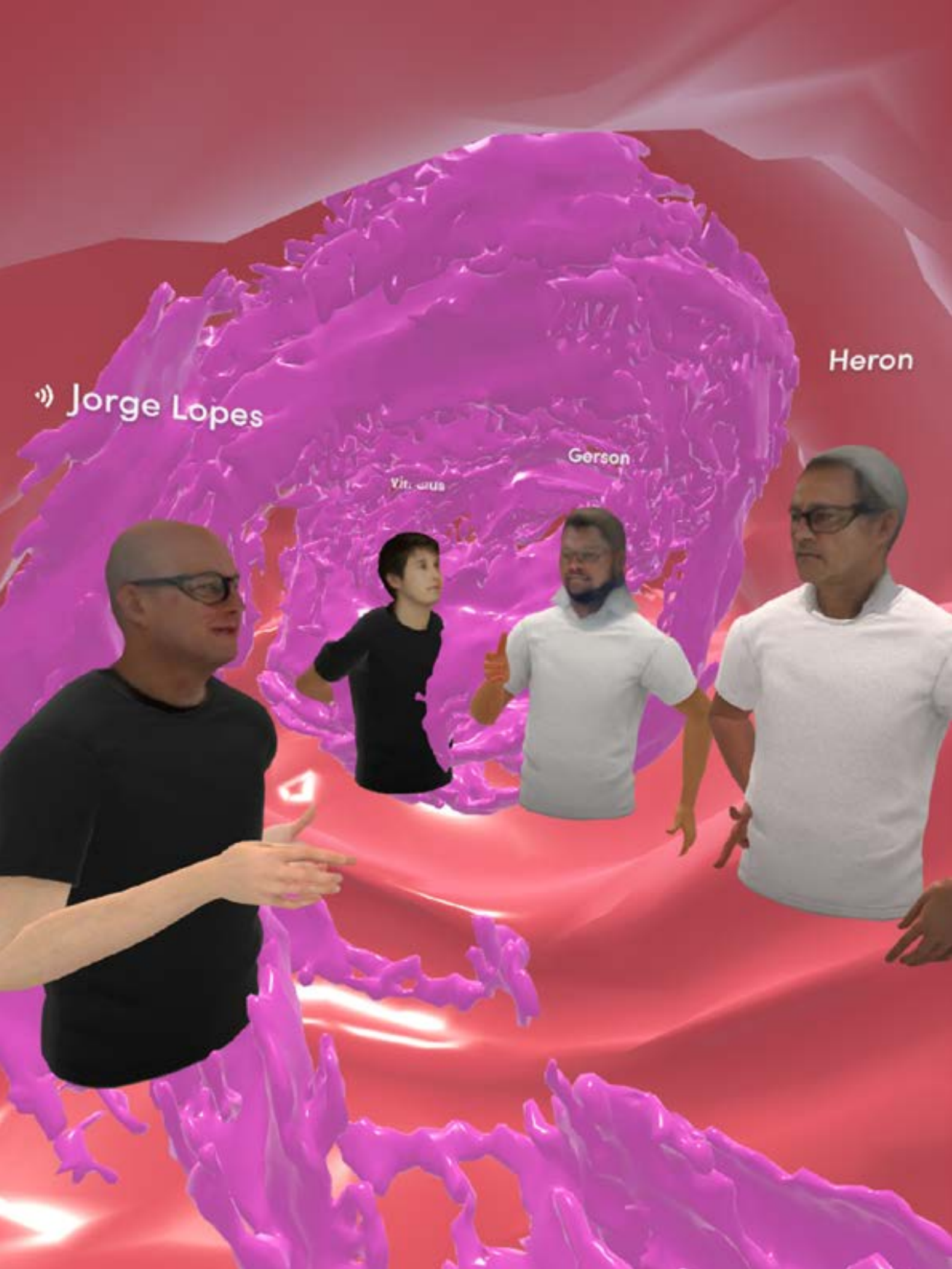


Modelo virtual 3D mostrando o coração fetal e o divertículo do ventrículo esquerdo. Modelo impresso em 3D com impressora 3D de resina (Impressora 3D J5 MediJet Stratasy, EUA) mostrando o coração fetal e o divertículo (setas).

3D Virtual model showing fetal heart and the left ventricular diverticulum. 3D printed model with resin 3D printer (J5 MediJet 3D Printer Stratasy, USA) showing fetal heart and the diverticulum (arrows).

We did a pilot study using the platform called Elucis (Realize Medical, Ottawa Canada), for fetal heart segmentation. This system allowed a 360° navigation and posteriorly utilizing in 3D printing, virtual reality and metaverse. Again, the visualization of normal fetal cardiac anatomy and its visualization enhanced education of students, residents and young professionals enrolled in fetal medicine.

Of course, these new technologies require a learning curve even for professionals with experience in congenital heart disease, design and the use of platforms. But the first step is the acquisition of one 3D volume from a four-chamber view of a fetal echocardiogram, that can be obtained from any equipment with STIC technology and a volumetric transducer. ●



» Jorge Lopes

Heron

Gerson

Vin. arua

UMA NOVA PERSPECTIVA SOBRE IMAGEM GINECOLÓGICA

A NEW
PERSPECTIVE ON
GYNECOLOGICAL
IMAGING

by
Heron Werner
Pedro Castro
Paulo Cossi
Jorge Lopes

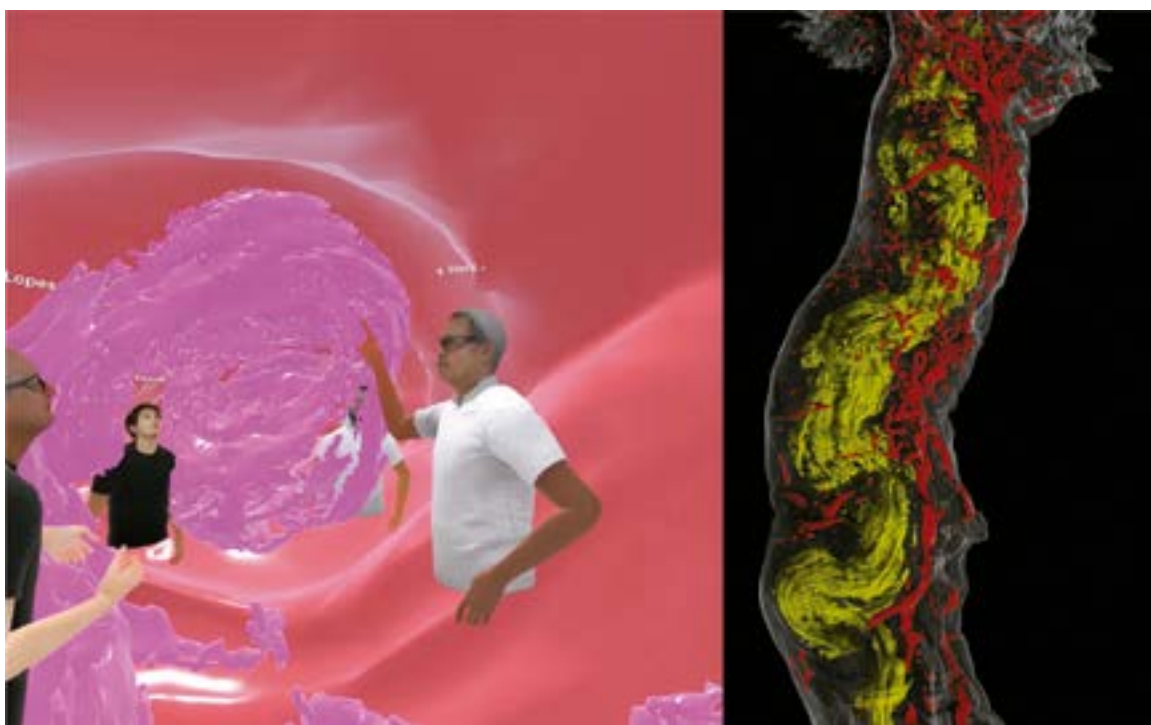


CONTEÚDO INTERATIVO
INTERACTIVE CONTENT

MEDICINA.MEDICINE 

- **A**s técnicas de imagem médica, como ultrassonografia (US) e ressonância magnética (RM), têm sido amplamente utilizadas para avaliar a cavidade uterina e as trompas de falópio (TF).

As malformações da cavidade uterina são anomalias congênitas na estrutura do útero que podem impactar a fertilidade, aumentar o risco de aborto espontâneo e levar a complicações na gravidez. Essas malformações resultam de defeitos no desenvolvimento, fusão ou reabsorção dos ductos de Müller durante a embriogênese. O diagnóstico é realizado por meio da US 3D, histerossalpingografia ou RM.

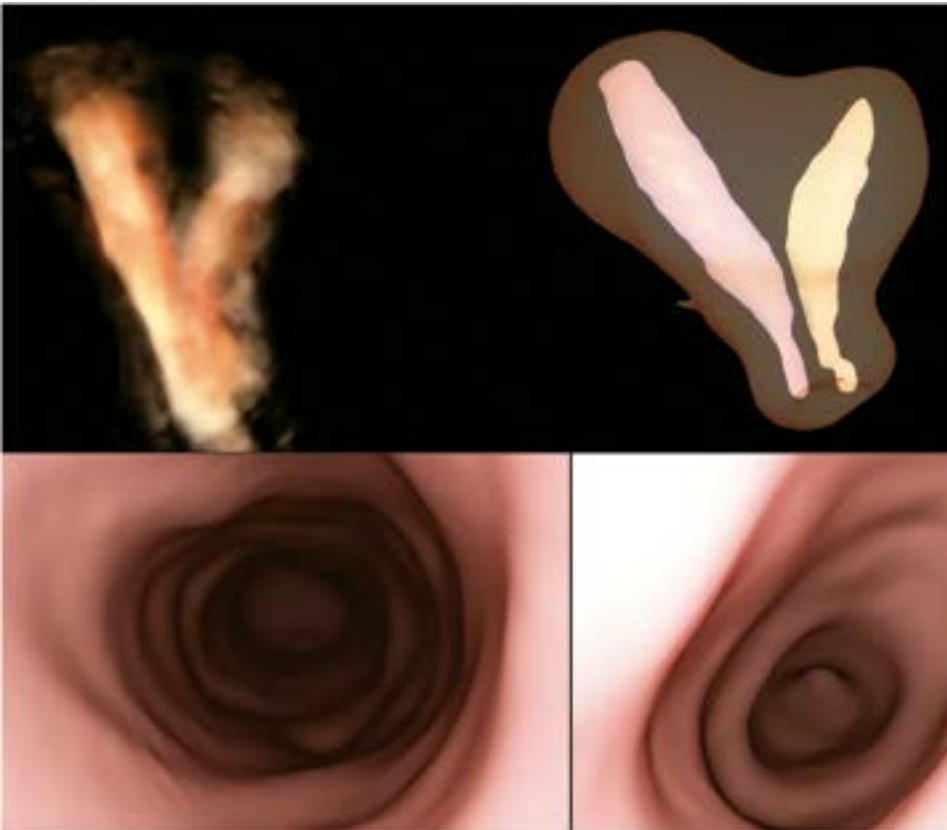


Aula no metaverso sobre tuba uterina no interior dela.

Class in the metaverse about the fallopian tube inside it.

- **M**edical imaging techniques, such as ultrasound (US) and magnetic resonance imaging (MRI), have been widely used to evaluate the uterine cavity and fallopian tubes (FT).

Uterine cavity malformations are congenital anomalies in the structure of the uterus that can impact fertility, increase the risk of miscarriage, and lead to pregnancy complications. These malformations result from defects in the development, fusion, or resorption of the Müllerian ducts during embryogenesis. Diagnosis is performed through imaging techniques such as 3D US, hysterosalpingography, and MRI.



Reconstrução tridimensional de dois volumes 3D, demonstrando útero didelfo e duas cavidades vaginais, criando ambiente 3D para navegação virtual. Navegação virtual mostrando cavidades vaginais direita e esquerda, respectivamente, dilatadas por sonovaginoscopia 3D e endométrio segmentado de ambos os cornos uterinos.

Three-dimensional reconstruction of two 3D volumes, demonstrating uterus didelphys and two vaginal cavities, creating 3D environment for virtual navigation. Virtual navigation showing right and left vaginal cavities, respectively, dilated by 3D sonovaginoscopy and segmented endometrium of both uterine horns.

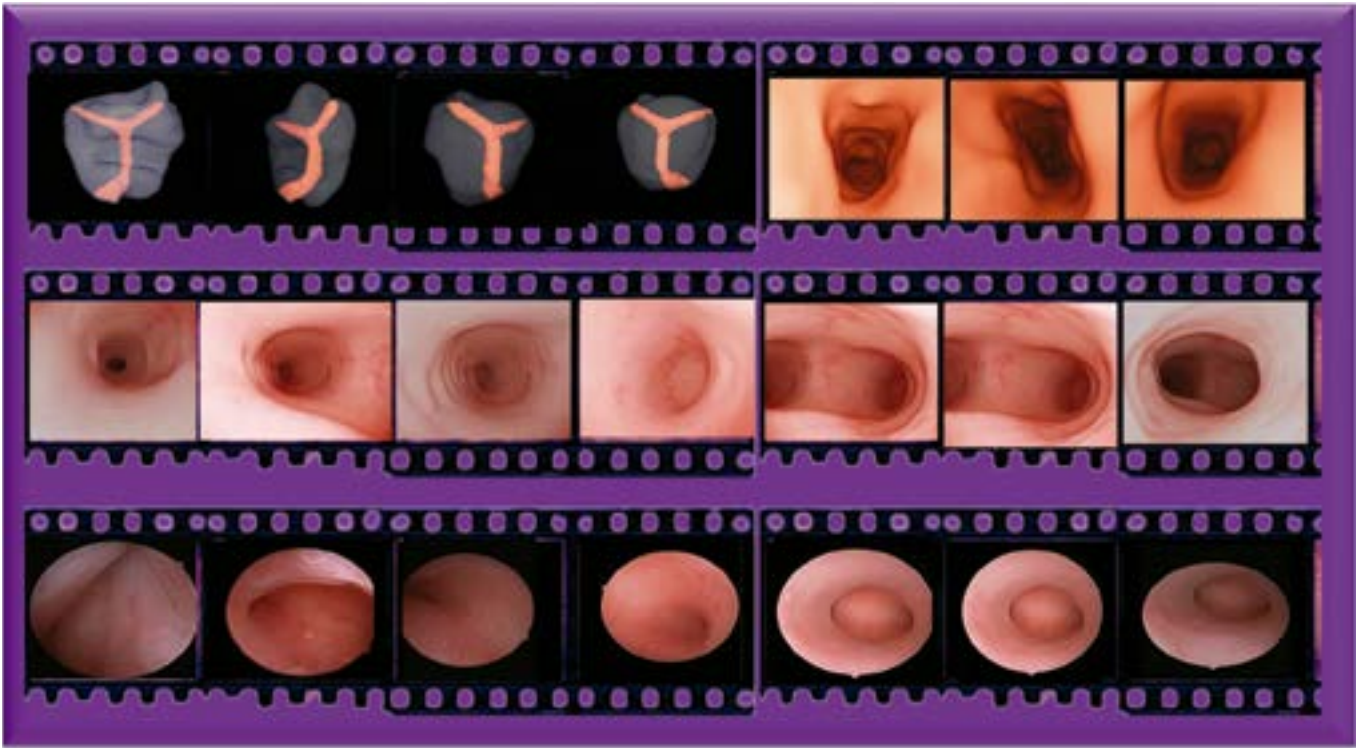
A histeroscopia é considerada o padrão-ouro para avaliar a cavidade endometrial. No entanto, é um procedimento invasivo e, muitas vezes, desconfortável. Como alternativa, a US com contraste também pode ser utilizada para essa avaliação. A histerossalpingo-contrastografia tridimensional (HyCoSy), que incorpora agentes de contraste de segunda geração,

como o SonoVue, e “software” avançados nas máquinas de US, permite uma avaliação detalhada da cavidade uterina e da permeabilidade das trompas de falópio. Essa técnica cria uma Histerossalpingografia Virtual (HV), proporcionando uma visualização não invasiva da cavidade uterina e das trompas de falópio.

*Room in the metaverse
demonstrating uterine
malformations.*

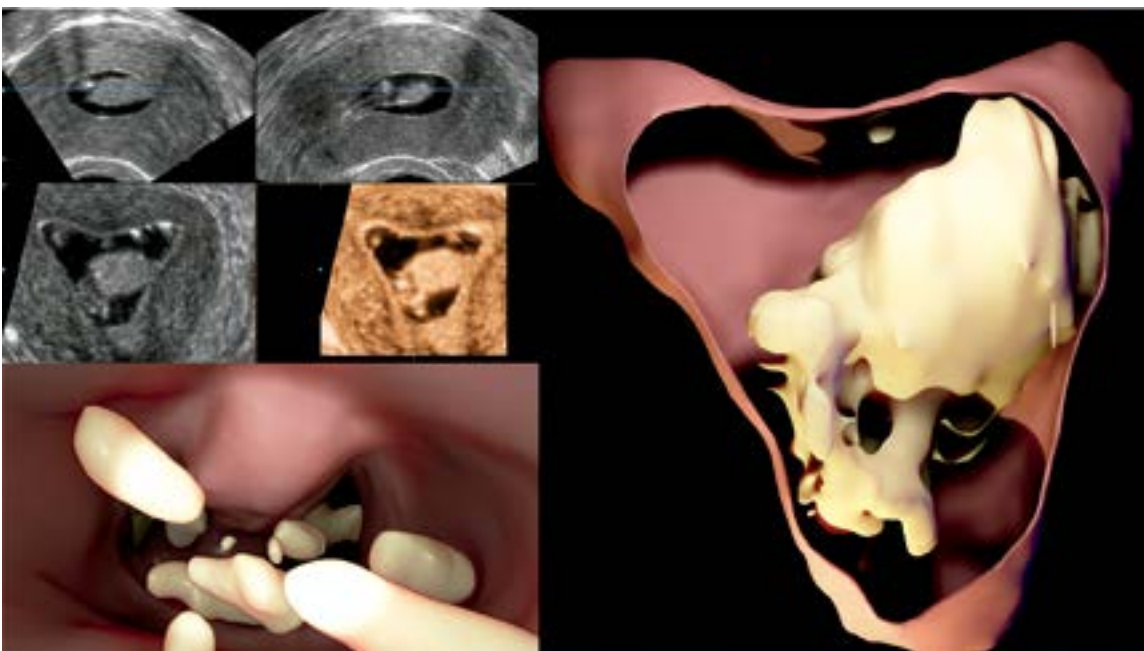
Sala no metaverso
demonstrando
malformações
uterinas.





Histeroscopia virtual através da ultrassonografia.

Virtual hysteroscopy through ultrasound.

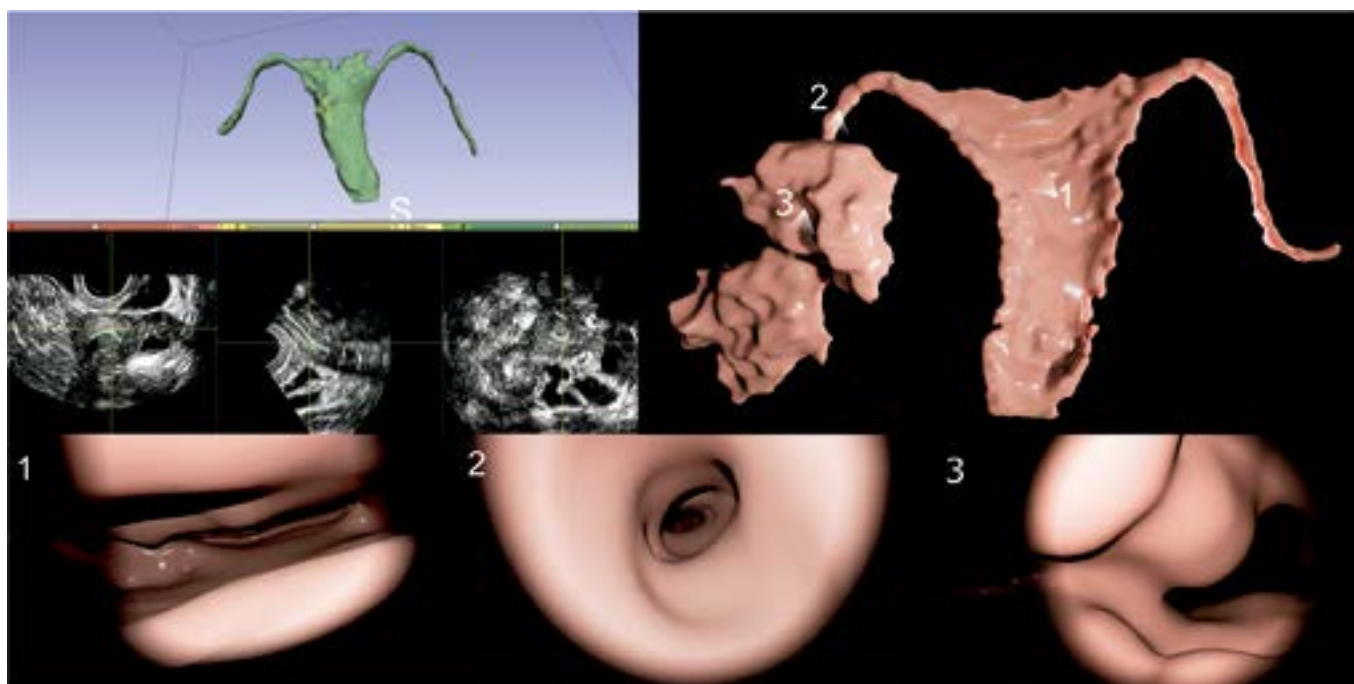


Histeroscopia virtual a partir de um exame de ultrassonografia 3D demonstrando a cavidade uterina repleta de pólipos.

Virtual hysteroscopy based on a 3D ultrasound examination demonstrating a uterine cavity full of polyps.

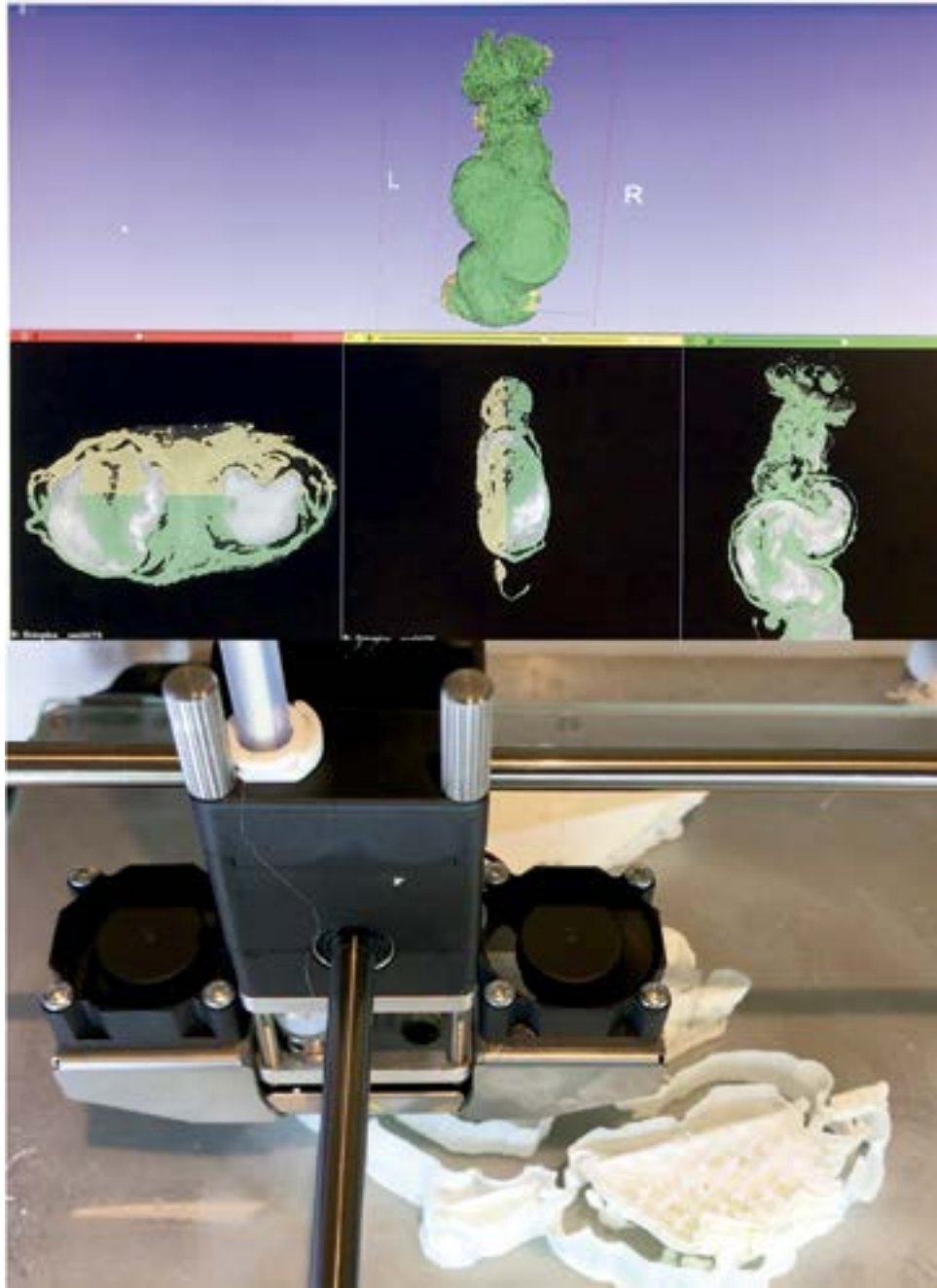
Hysteroscopy is considered the gold standard for assessing the endometrial cavity. However, it is an invasive and often uncomfortable procedure. Alternatively, contrast-enhanced US can also be used for this assessment. Three-dimensional hysterosalpingo-contrast sonography (HyCoSy), which incorporates second-generation contrast

agents like SonoVue and advanced software in US machines, allows for a detailed evaluation of the uterine cavity and FT patency. This technique creates a Virtual Hysterosalpingography (VH), providing a non-invasive visualization of the uterine cavity and fallopian tubes.



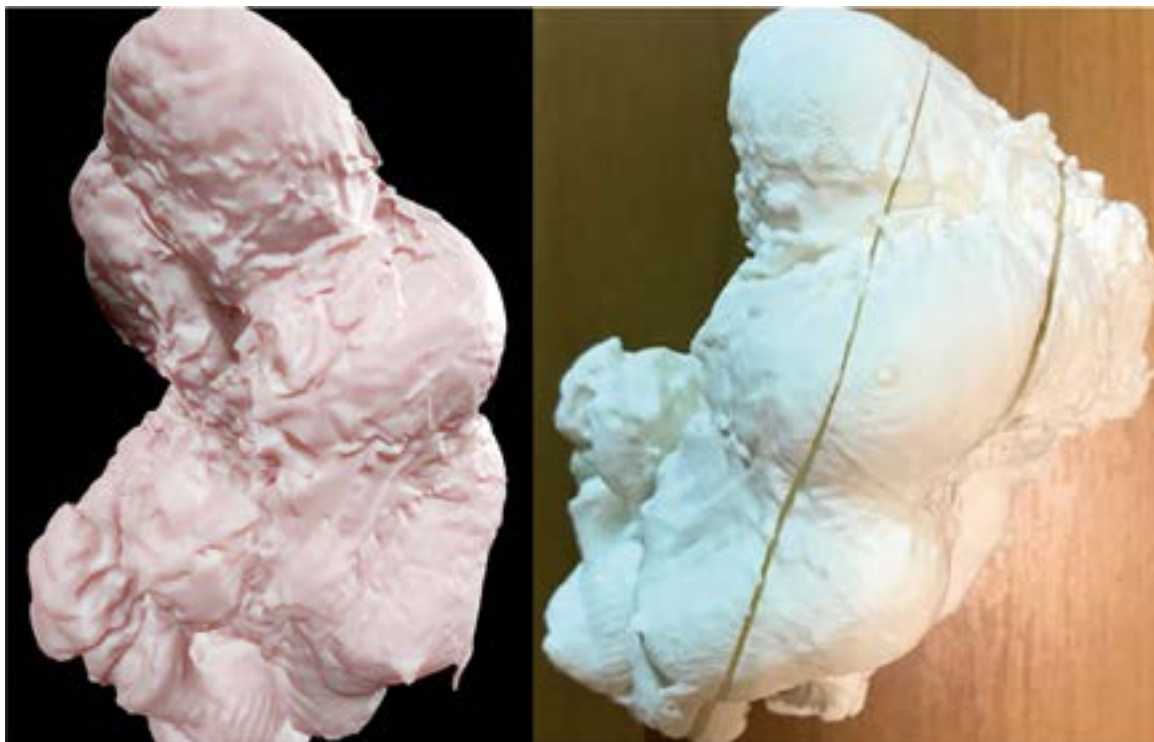
Histerossalpingografia virtual passando pela cavidade uterina e tubas uterinas a partir de um exame de ultrassonografia com contraste.

Virtual hysterosalpingography passing through the uterine cavity and uterine tubes from a contrast ultrasonography examination.



Modelo virtual e impressão 3D de uma hidrossalpinge a partir de uma microtomografia (MicroCT).

Virtual model and 3D printing of a hydrossalpinge from a microtomography (MicroCT).



Modelo virtual e físico de uma hidrossalpinge.

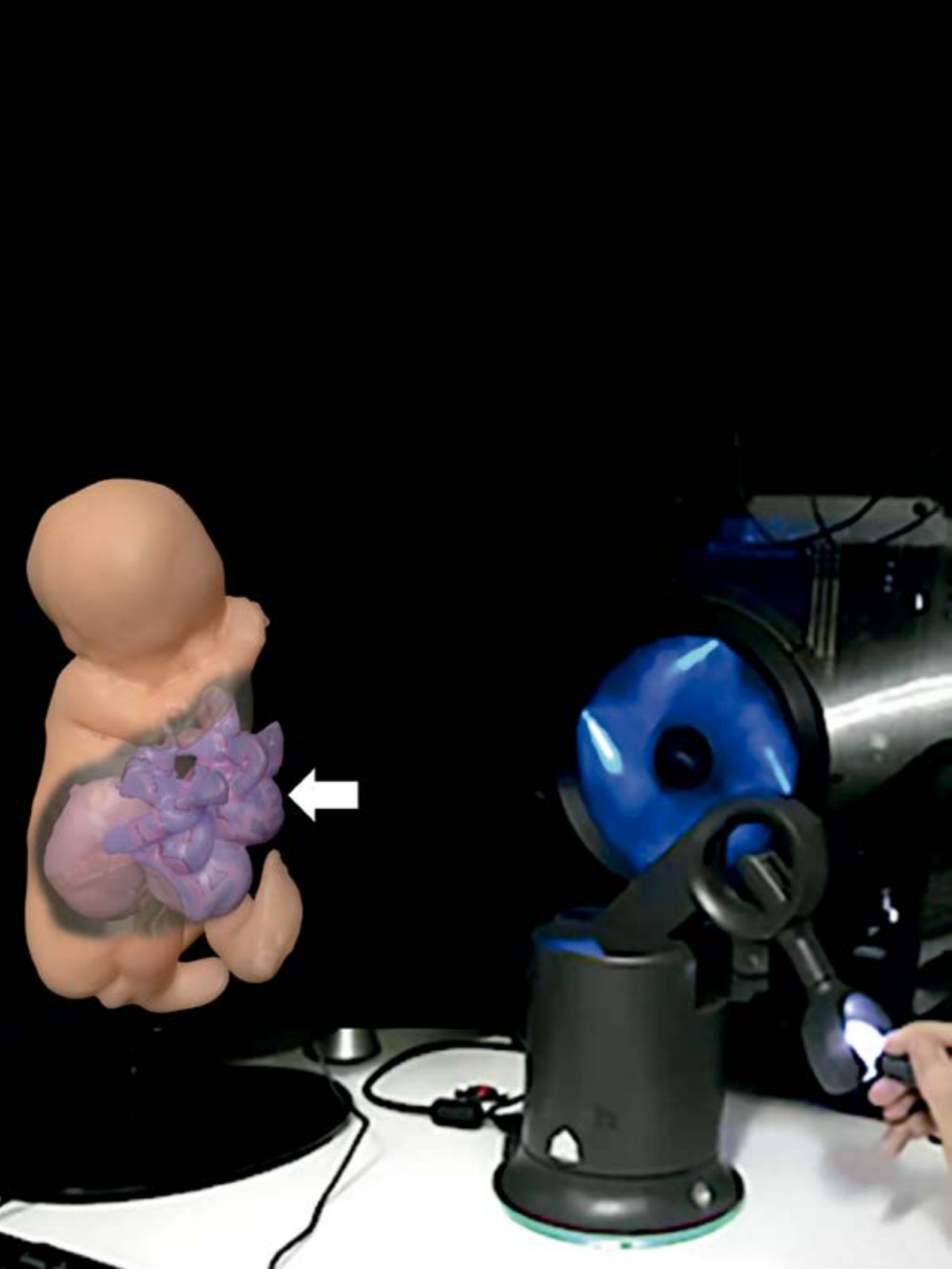
Virtual and physical model of a hydrosalpinx.

Nós acreditamos que a combinação de HV e Realidade Expandida pode oferecer percepções valiosas sobre a morfologia da cavidade uterina e das trompas de falópio, além de facilitar a educação médica e discussões multidisciplinares. No entanto, são necessários mais estudos prospectivos para confirmar nossos achados. ●

We believe that combining VH and Expanded Reality can offer valuable insights into the morphology of the uterine and fallopian tube cavities in addition to facilitating medical education and multidisciplinary discussions. However, further prospective studies are needed to confirm our findings. ●

TIPO DE MALFORMAÇÃO UTERINA	DESCRIÇÃO
Útero septado	<ul style="list-style-type: none"> • Septo fibroso que divide parcial ou totalmente a cavidade uterina. • Anomalia mais comum, frequentemente associada a abortos de repetição. • Pode ser corrigida por histeroscopia cirúrgica.
Útero bicorno	<ul style="list-style-type: none"> • Resulta da fusão incompleta dos ductos de Müller, formando duas cavidades parciais. • Pode estar associado a abortos e partos prematuros.
Útero unicorno	<ul style="list-style-type: none"> • Ocorre quando apenas um dos ductos de Müller se desenvolve completamente. • Útero menor e assimétrico. • Pode causar dificuldade para engravidar e risco de gestação ectópica.
Útero didelfo	<ul style="list-style-type: none"> • Surge quando os ductos de Müller não se fundem, resultando em dois úteros separados. • Pode ser assintomático, mas aumenta o risco de complicações gestacionais.
Útero em forma de T	<ul style="list-style-type: none"> • Relacionado à exposição ao dietilestilbestrol (DES) durante a gestação. • Cavidade uterina estreita, dificultando a implantação do embrião e aumentando o risco de aborto.
TYPE OF UTERINE MALFORMATION	DESCRIPTION

<i>Septate Uterus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • A fibrous septum partially or completely dividing the uterine cavity. • The most common anomaly, frequently linked to recurrent miscarriages. • Can be corrected via hysteroscopic surgery.
<i>Bicornuate Uterus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Results from incomplete fusion of the Müllerian ducts, leading to two partially separated cavities. • Associated with an increased risk of miscarriage and preterm birth.
<i>Unicornuate Uterus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Occurs when only one Müllerian duct fully develops. • Leads to a smaller, asymmetrical uterus. • Can cause difficulties in conceiving and a higher risk of ectopic pregnancy.
<i>Uterus Didelphys</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Develops when the Müllerian ducts fail to fuse, resulting in two separate uteri. • May be asymptomatic but increases the risk of pregnancy complications.
<i>T-Shaped Uterus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Associated with fetal exposure to diethylstilbestrol (DES) during pregnancy. • Characterized by a narrow uterine cavity, which can hinder embryo implantation and elevate the risk of miscarriage.





CONTEÚDO INTERATIVO
INTERACTIVE CONTENT

TECNOLOGIAS DE HAPTICS/FORCE FEEDBACK EM MEDICINA FETAL

HAPTICS / FORCE FEEDBACK

TECHNOLOGIES IN
FETAL MEDICINE

by
Mathias Moura Keller
Marco Antonio Meggiolaro
Heron Werner
Vinícius Arcoverde
Jorge Lopes

**Modelo virtual de feto de 28 semanas
portador de gastrosquise feito a partir
de ressonância magnética.**

*Virtual model of a 28-week fetus
with gastroschisis from magnetic
resonance imaging.*

MEDICINA.MEDICINE 

• **O** termo “háptico” surgiu para designar a ciência do tato, dedicada a estudar e simular pressão, textura, vibração e outras sensações biológicas relacionadas. Dessa ciência surgiram múltiplas inovações que visam dar mais realismo e profundidade no controle de videogames, manches de avião que vibram ou ficam mais difíceis de puxar em caso de desequilíbrio durante o voo e em celulares que vibram em determinadas situações. O estudo de interfaces hápticas é um campo de pesquisa relativamente novo e que está crescendo rapidamente.

O conhecimento adquirido nesse campo foi obtido por meio da colaboração multidisciplinar, onde inúmeras tecnologias, como realidade virtual, impressoras 3D e, mais recentemente, dispositivos hápticos 3D.

A etapa inicial consistiu na segmentação de imagens de ultrassonografia (US) de casos reais. Esse processo permitiu a criação de modelos tridimensionais (3D) detalhados, garantindo a fidelidade dos tecidos e órgãos simulados. Para isso, foram utilizados “software” de segmentação e reconstrução 3D, que converteram imagens 2D em modelos compatíveis com o Unity.

Para possibilitar movimentações realistas dos tecidos e órgãos, foi realizado o “*rigging*” dos modelos 3D. Esse processo envolveu a criação de estruturas internas para articulação e deformação, utilizando:

Ossos:

Definem os pontos de articulação e os movimentos internos do modelo.

Pesos de Influência:

Controlam o grau de deformação de cada área em resposta às articulações.

Essa técnica foi essencial para garantir interações táteis precisas, permitindo manipulação e reposicionamento de tecidos sem comportamentos artificiais.

Foram utilizados os componentes “*Configurable Joint*” e “*Hinge Joint*” do Unity para configurar os graus de liberdade das partes móveis do modelo, garantindo maior realismo anatômico. As principais configurações incluíram:

Restrições de Rotação:

Limitação dos ângulos nos eixos X, Y e Z para evitar posturas não naturais.

Movimentação Controlada:

Prevenção de deslocamentos irreais, como a hiperextensão do cordão umbilical.

Interações Físicas:

Ajuste das respostas ao toque para simular reações naturais, como o deslocamento de tecidos ao serem pressionados.

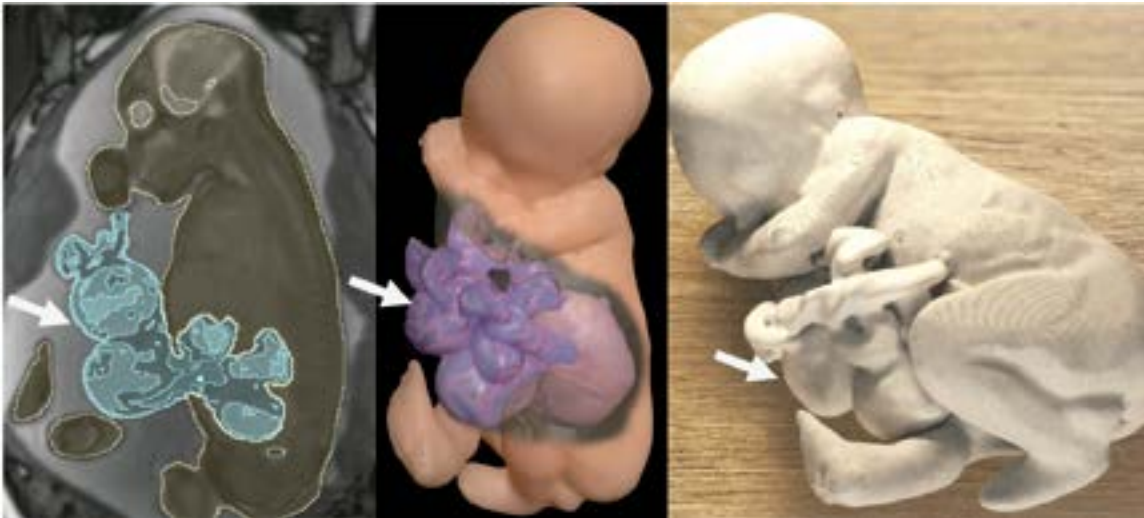
A simulação foi integrada ao dispositivo “*Touch*” da *3D Systems* por meio da biblioteca “*OpenHaptics*”, permitindo feedback tátil ao usuário. O dispositivo fornece forças lineares nos eixos X, Y e Z, mas não suporta torques (forças rotacionais). Para contornar essa limitação:

- As rotações foram convertidas em forças lineares ajustadas.
- O sistema foi configurado para simular resistência e peso ao manipular tecidos e órgãos, criando uma experiência tátil mais realista.

Durante o desenvolvimento da simulação háptica, surgiram desafios técnicos, como a ausência de feedback de torque do dispositivo háptico, exigindo adaptações para evitar deformações excessivas e manter a estabilidade das interações. Além disso, a sincronização dinâmica de superfícies táteis em tempo real foi um processo complexo, pois era fundamental garantir que as superfícies fossem criadas e atualizadas com precisão durante a simulação. Outro desafio foi o ajuste dos parâmetros de movimentação para respeitar as limitações anatômicas sem comprometer a funcionalidade do sistema.

Os resultados técnicos demonstram a eficácia da abordagem utilizada. A simulação tátil reproduziu com precisão a sensação de peso e resistência ao toque, aspectos essenciais para o treinamento médico realista. A configuração de "rigging" e juntas garantiu movimentações naturais e coerentes, permitindo interações fluidas, como reposicionar tecidos ou manipular o cordão umbilical. Além disso, o sistema demonstrou flexibilidade ao possibilitar a criação e manipulação de superfícies táteis durante a execução, ampliando sua aplicabilidade para diferentes cenários cirúrgicos e necessidades de treinamento.

Nós acreditamos no uso destes dispositivos para treinamento médico. ●



Ressonância magnética, modelo virtual e físico de um feto de 28 semanas portador de gastrosquise.

Magnetic resonance imaging, virtual and physical model of a 28-week fetus with gastroschisis.

- *The term “haptics” emerged to designate the science of touch, dedicated to studying and simulating pressure, texture, vibration and other related biological sensations. From this science arose multiple innovations aimed at providing more realism and depth in video game control, airplane yokes that vibrate or get harder to pull in case of imbalance during flight, and in cellphones that vibrate in certain situations. The study of haptic interfaces is a relatively new field of research that is quickly growing.*

The acquired knowledge in this field was obtained through the multidisciplinary collaboration, where numerous technologies, such as virtual reality, 3D printers, and more recently 3D haptic devices.

The initial stage involved segmenting ultrasound (US) images from real cases. This process enabled the creation of detailed three-dimensional (3D) models, ensuring the fidelity of the simulated tissues and organs. To achieve this, segmentation and 3D reconstruction software were used to convert 2D images into models compatible with Unity.

To enable realistic movement of tissues and organs, rigging was applied to the 3D models. This process involved creating internal structures for articulation and deformation, using:

Bones:

Define articulation points and internal movements of the model.

Influence Weights:

Control the degree of deformation in each area in response to articulations.

This technique was crucial for ensuring precise tactile interactions, allowing tissues to be manipulated and repositioned without unnatural behavior.

*Unity’s **Configurable Joint** and **Hinge Joint** components were used to configure the degrees of freedom of the model’s movable parts, ensuring greater anatomical realism. The main settings included:*

Rotation Constraints:

Limiting angles on the X, Y, and Z axes to prevent unnatural postures.

Controlled Movements:

Preventing unrealistic displacements, such as the overextension of the umbilical cord.

Physical Interactions:

Adjusting touch responses to simulate natural reactions, such as tissue displacement when pressed.

*The simulation was integrated with the **Touch** device from **3D Systems** using the **OpenHaptics** library, enabling tactile feedback for the user. The device provides linear forces on the X, Y, and Z axes but does not support torque (rotational forces). To compensate for this limitation:*

- *Rotations were converted into adjusted linear forces.*
- *The system was configured to simulate resistance and weight when handling tissues and organs, creating a more realistic tactile experience.*

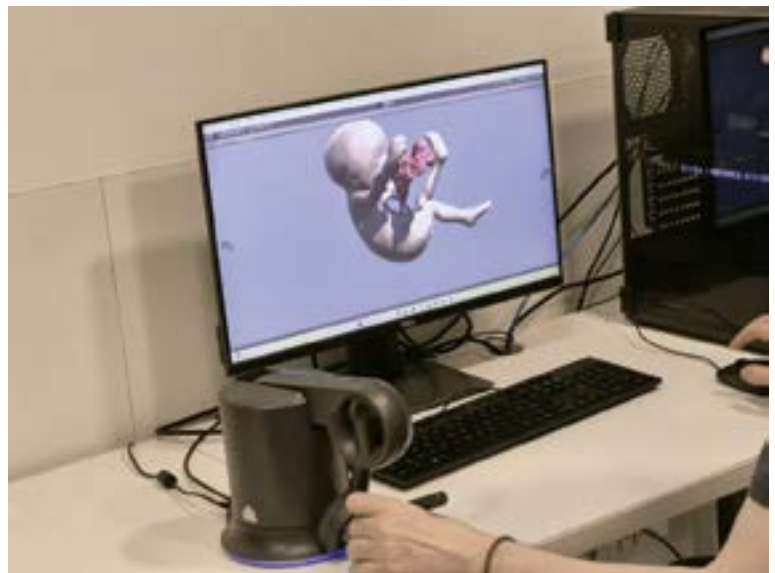
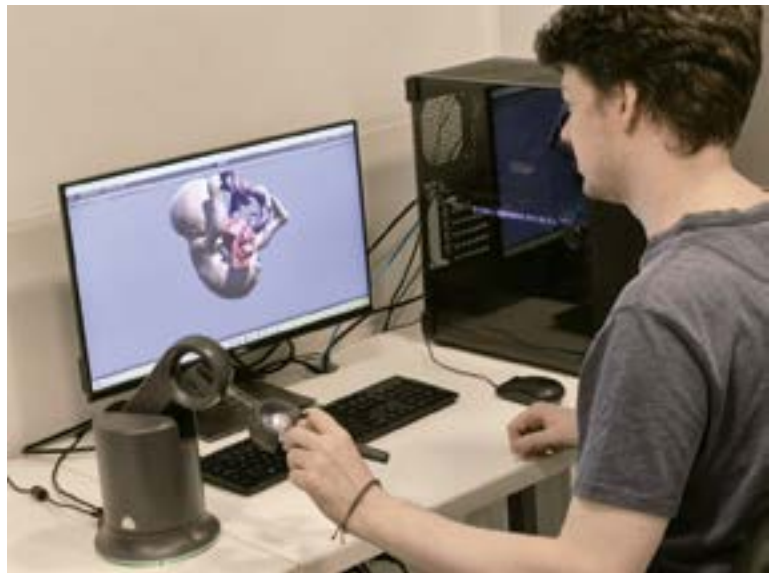
Simulação de cirurgia de gastrosquise fetal usando dispositivo háptico.

Simulation of fetal gastroschisis surgery using haptic device.

Several technical challenges arose during the development of the haptic simulation, including the lack of torque feedback from the haptic device, requiring adaptations to prevent excessive deformations and ensure stability during interactions. Additionally, real-time dynamic registration of tactile surfaces was a complex process, as it was essential to ensure that surfaces were generated and synchronized accurately with visual objects during the simulation. Another critical challenge was fine-tuning movement parameters to respect anatomical constraints without compromising overall system functionality.

The technical results demonstrate the effectiveness of the chosen approach. The haptic simulation accurately replicates the sensation of weight and resistance to touch, which are fundamental aspects of realistic medical training. The **rigging** and joint configuration enabled natural and consistent movements, allowing fluid interactions such as repositioning tissues or manipulating the umbilical cord. Furthermore, the system proved flexible, supporting the creation and manipulation of tactile surfaces in real time, expanding its applicability to various surgical scenarios and training needs.

We believe in using these devices for medical training. ●







CONTEÚDO INTERATIVO
INTERACTIVE CONTENT

CIRURGIA PÓS-NATAL

CASOS DESAFIADORES

O uso de modelos médicos 3D e realidade virtual (VR) no planejamento pré-cirúrgico tem sido uma ferramenta fundamental na estratégia cirúrgica e na localização para o cirurgião, especialmente em situações em que a anatomia é completamente divergente dos padrões normais. A VR também tem sido um marco importante, auxiliando e permitindo ao cirurgião encontrar a melhor abordagem cirúrgica.

POSTNATAL SURGERY

CHALLENGING CASES

The use of medical 3D models and virtual reality (VR) in pre-surgical planning has been a fundamental tool in surgical strategy and localization for the surgeon, being a situation in which the anatomy is completely divergent from normal standards. VR has also been an important mark, assisting and allowing the surgeon to find the best surgical approach.

by

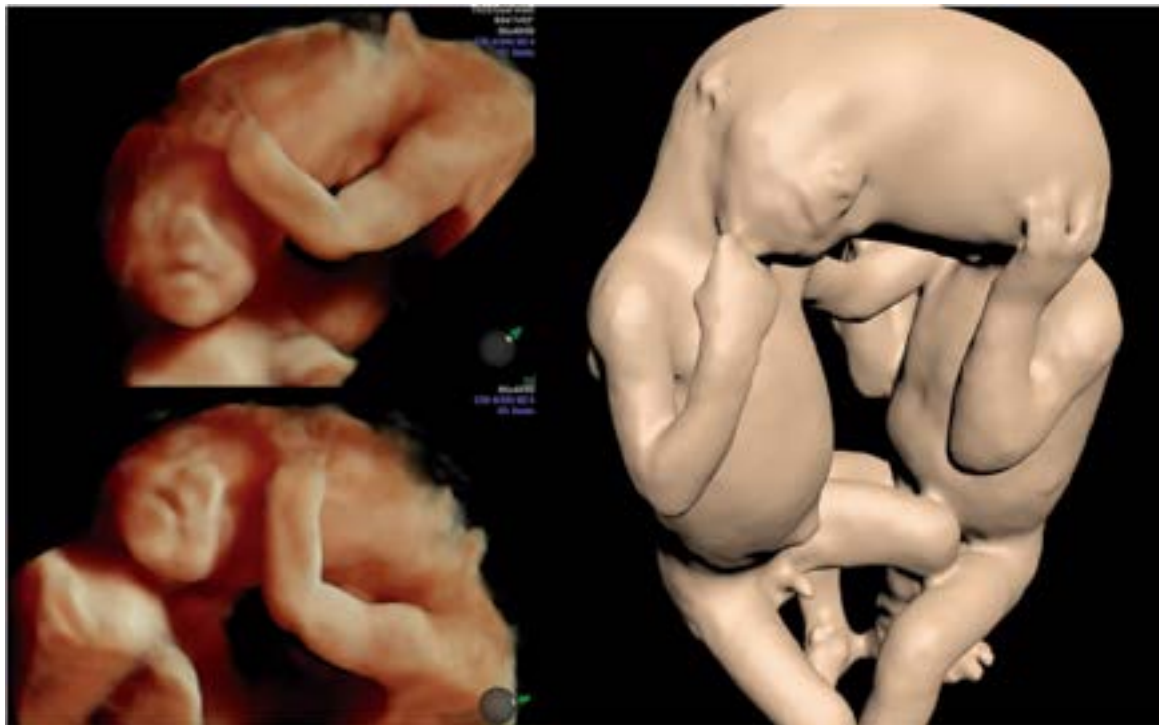
Heron Werner
Gabriel Mufarrej
Owase Jeelani
Nicanor Macedo
Jorge Lopes

Cirurgiões acertando os detalhes finais da cirurgia usando modelo físico dos cérebros dos craniópagos.

Surgeons finalizing the details of the surgery using a physical model of the craniopagus twins' two brains.

MEDICINA.MEDICINE 

01.



Ultrassonografia 3D e ressonância magnética do primeiro caso de craniópagos com 23 semanas de gestação.

3D ultrasound and magnetic resonance imaging of the first case of craniopagus at 23 weeks of gestation.

Neurocirurgia de Gêmeos Craniópagos

Gêmeos craniópagos (CPT) são uma malformação extremamente rara, em que os gêmeos estão unidos pela cabeça. Esse fenômeno ocorre em cerca de 1 em 2,5 milhões de nascimentos vivos. Apesar da gravidade da anomalia, associada a alta morbidade e mortalidade, as separações bem-sucedidas tornaram-se mais frequentes, principalmente devido aos constantes avanços em neuroimagem, neuroanestesia e técnicas neurocirúrgicas. No que se refere à neuroimagem, houve grande progresso, principalmente com o desenvolvimento de realidade virtual (RV) e modelos 3D gerados a partir de dados de imagens de tomografia computadorizada (TC) ou ressonância magnética (RM). Esses modelos têm sido extremamente importantes no planejamento das estratégias cirúrgicas e como referências anatômicas para o cirurgião durante o procedimento.

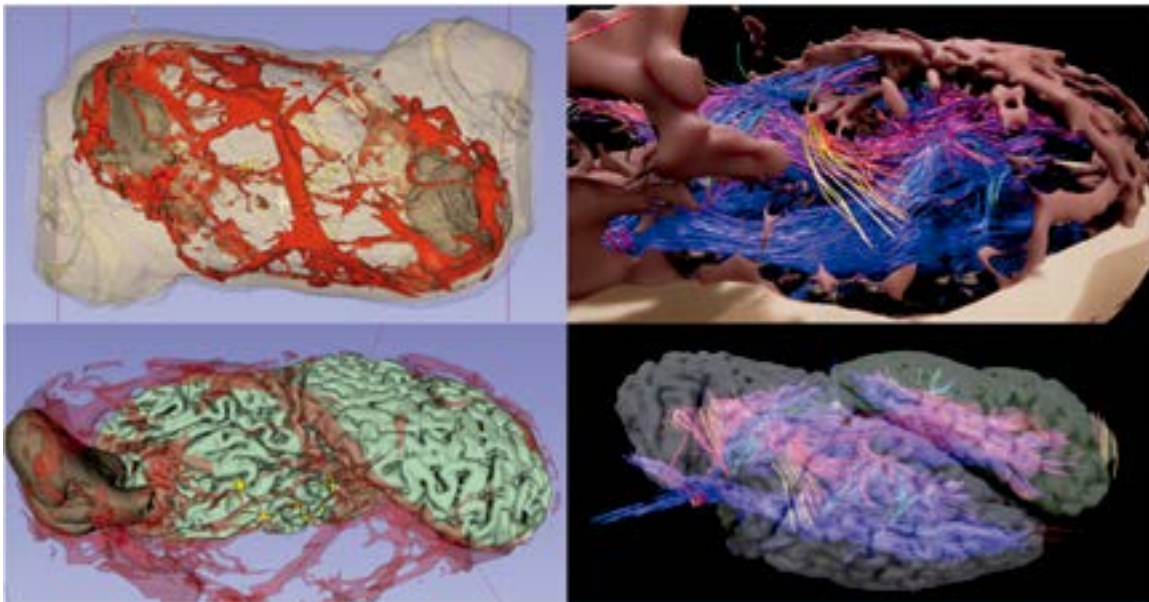
A primeira classificação anatômica foi descrita por O'Connell, categorizando os gêmeos craniópagos como parciais ou totais. Os CPT totais compartilham uma área extensa da superfície craniana, com muitas conexões entre as cavidades cranianas, enquanto os CPT parciais compartilham apenas uma pequena superfície da convexidade craniana. A cirurgia de separação nos CPT parciais está associada a um melhor prognóstico do que nos CPT totais.

Craniopagus twins neurocirurgia

Craniopagus twins (CPT) are an extremely rare malformation in which twins are conjoined at the head. This phenomenon occurs in around 1 in 2.5 million live births. Despite the severity of the anomaly, which is associated with high morbidity and mortality, successful separations have become more frequent primarily due to the constant advances in neuroimaging, neuroanesthesia, and neurosurgical techniques. As regards neuroimaging, there has been great progress, mainly related to the developments in virtual reality (VR) and 3D models generated from CT or MRI imaging data. These models have been extremely important in planning surgical strategies and as anatomical references for the surgeon during the procedure.

The first anatomical classification was described by O'Connell, where craniopagus twins were classified as partial or total. Total CPT share an extensive area of the cranial surface with many connections between cranial cavities, while partial CPT share only a small surface of the cranial convexity. The separation surgery in partial CPT is associated with a better outcome than total CPT.

In September 2019, we received eight-month-old craniopagus twins at the Paulo Niemeyer State Brain Institute. They were classified as total vertical craniopagus, presenting an extremely complex anatomy, with a significant circumferential venous sinus and regions of shared brain. They became the biggest challenge of the institution's pediatric neurosurgery team.



Reconstrução 3D pós-natal a partir do exame de ressonância magnética dos craniópagos demonstrando parênquima cerebral, vascularização e tractografia.

Postnatal 3D reconstruction based on magnetic resonance imaging of craniopagus demonstrating brain parenchyma, vascularization and tractography.



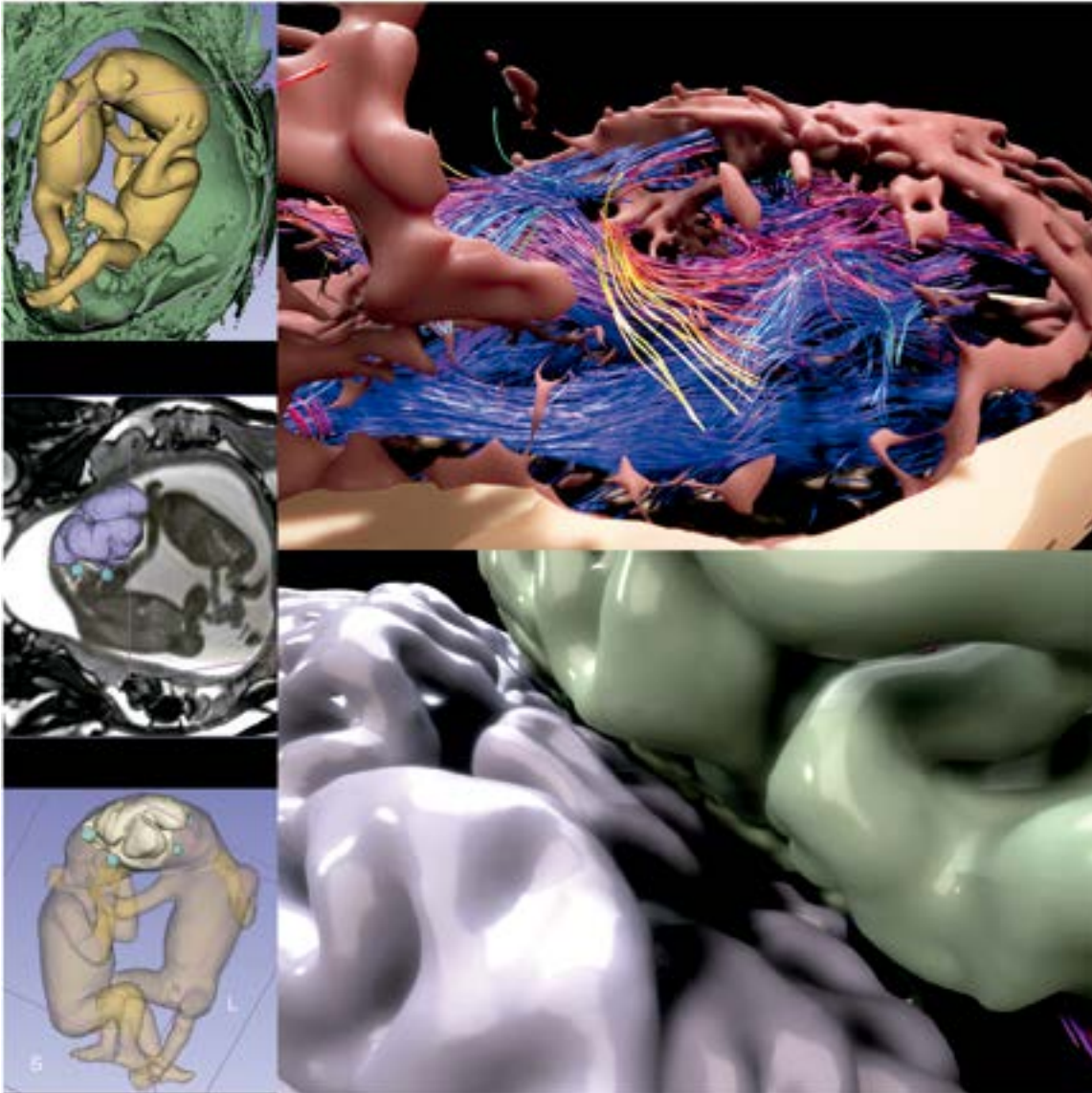
Impressão 3D a partir da ressonância magnética demonstrando parênquima cerebral, vascularização e tractografia.

3D printing from magnetic resonance imaging demonstrating brain parenchyma, vascularization and tractography.

Em setembro de 2019, recebemos gêmeos craniópagos de oito meses no Instituto Estadual do Cérebro Paulo Niemeyer. Eles foram classificados como craniópagos verticais totais, apresentando uma anatomia extremamente complexa, com um grande seio venoso circunferencial e regiões do cérebro compartilhadas. Tornaram-se o maior desafio da equipe de neurocirurgia pediátrica da instituição.

Iniciamos um plano elaborado com um grupo multidisciplinar de especialistas para desenvolver uma estrutura que permitisse iniciar o processo cirúrgico. Para esse tipo de craniópagos, é crucial dividir a cirurgia em múltiplas etapas, pois um único procedimento de separação seria impossível. Essas etapas cirúrgicas seriadas são necessárias para o desenvolvimento e redistribuição do retorno venoso, sendo que devemos eskeletonizar o seio venoso circunferencial por meio da coagulação das veias que drenam para esse seio. Isso é feito após a análise por angiografia cerebral, elegendo assim o melhor ponto de partida para o primeiro procedimento, em uma sequência de quatro ou cinco cirurgias.

Em cada uma dessas etapas, as veias que drenam para o seio circunferencial são coaguladas, além da separação progressiva entre os cérebros dos gêmeos. Após essa separação, uma interposição de silastic foi colocada entre as estruturas separadas, material gentilmente doado pelo Dr. Ricardo Oliveira, neurocirurgião pediátrico da USP de Ribeirão Preto, que esteve presente em duas das cirurgias e nos orientou sobre como proceder nessa operação complexa.



Impressão 3D a partir da ressonância magnética demonstrando parênquima cerebral, vascularização e tractografia.

3D printing from magnetic resonance imaging demonstrating brain parenchyma, vascularization and tractography.

We initiated an elaborate plan with a multidisciplinary group of specialists so as to develop a structure to start the surgical process. For this type of craniopagus, it is crucial to divide the surgery into multiple steps, as a single separation procedure would be impossible. These serial surgical steps are necessary in terms of the development and regrouping of the venous return distribution, given that we must skeletonize the circumferential venous sinus through

coagulation of the veins that drain to this sinus. This is done after the analysis by means of cerebral angiography, thus electing the best starting point for the first procedure in a sequence of four or five. In each of these steps, the veins that drain to the circumferential sinus are coagulated, as well as the separation between the twins' brains. After this separation, a silastic interposition was placed between the separated structures which was kindly donated by Dr. Ricardo Oliveira, Ribeirao Preto USP's pediatric neurosurgeon, who was present during two of the surgeries and oriented us regarding how to proceed in this complex operation.

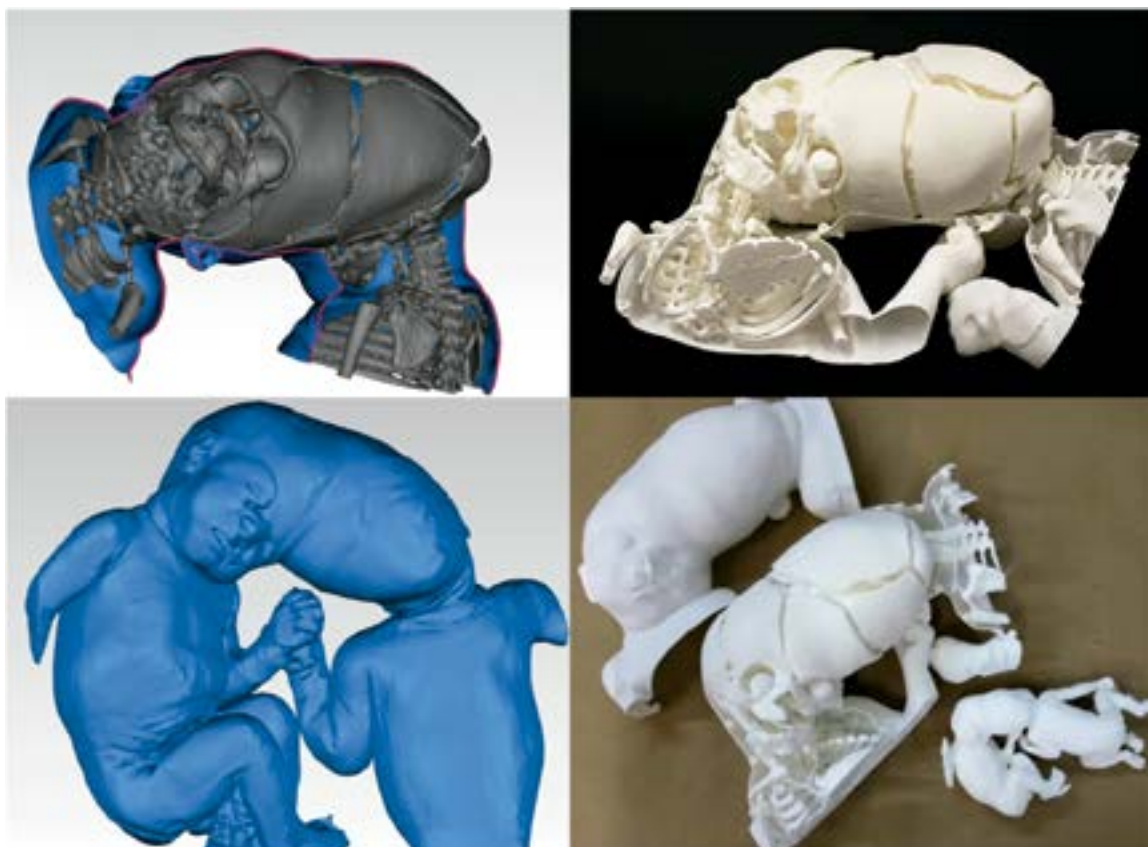
Nesse tipo de craniópagos severo, é sempre necessário decidir, após uma análise clínica e radiológica criteriosa, qual gêmeo iniciar a cirurgia para desconexões parciais. A literatura recomenda considerar iniciar a separação pelo gêmeo menos favorecido, aquele com menor chance de sobrevivência. Na avaliação inicial, concluímos que um dos gêmeos era clinicamente e radiologicamente menos favorecido. Ele era portador de fissura palatina e apresentava instabilidade hemodinâmica significativa à manipulação.

Dada a anatomia complexa, desestruturada e atípica, o uso de modelos anatômicos 3D impressos é indispensável nesses casos. Esses modelos proporcionam ao cirurgião uma compreensão clara da anatomia cirúrgica, contribuindo para uma boa orientação da equipe durante a cirurgia. Assim, iniciamos a construção desses modelos anatômicos por meio de uma parceria com o BiodesignLab Dasa/PUC-Rio. Após a realização da ressonância magnética, os modelos 3D foram preparados.

In this type of severe craniopagus, it is always necessary to decide, after carefully analyzing clinically and radiologically, which twin to begin on and follow to surgery for partial disconnections. The literature recommends considering initiating the separations on the less favored twin, the one with less chance of survival. In the initial assessment, we concluded that one was clinically and radiologically less favored. This twin was a carrier of cleft palate and presented a significant hemodynamic instability to manipulation.

In this sort of malformation, given the complex, destructured and atypical anatomy, the use of 3D printed anatomic models is indispensable. These models provide the surgeon with a clear understanding of the surgical anatomy, which contributes to a good orientation for the team during the surgery. Therefore, we initiated the construction of these anatomic models through a partnership with Biodesign Lab Dasa/PUC-Rio. After the MRI, the 3D models were prepared.

Modelo virtual e físico pós-natal do primeiro caso de craniópagos.

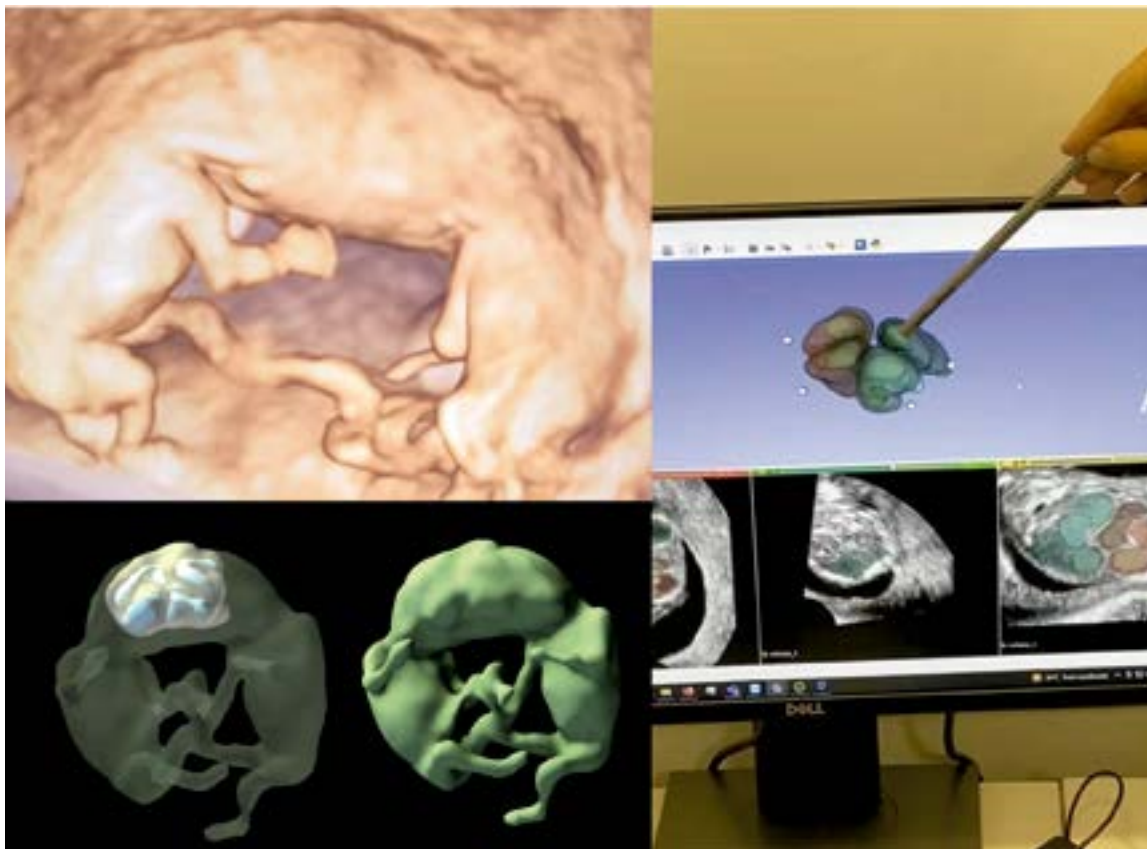


Virtual and physical post-natal model of the first case of craniopagus.



Modelo virtual e impressão 3D dos parênquimas cerebrais em cores diferentes além da vascularização para o planejamento cirúrgico.

Virtual model and 3D impression of two brain parenchymas in different cores in addition to vascularization for surgical planning.



Ultrassonografia de 13 semanas com modelos virtuais do segundo caso de craniópagos.

13-week ultrasound with virtual models of the second case of craniopagus.

Com o primeiro modelo anatômico 3D pronto e a realização de todos os exames complementares necessários, agendamos a primeira cirurgia, que ocorreu em novembro de 2019. Considerei essa cirurgia uma das mais desafiadoras, sendo posteriormente chamada de “cirurgia quebra medo”, devido ao fato de ser o primeiro caso de tal gravidade, com o maior desafio sendo lidar com o desconhecido, além da enorme responsabilidade que tínhamos com aqueles pais.

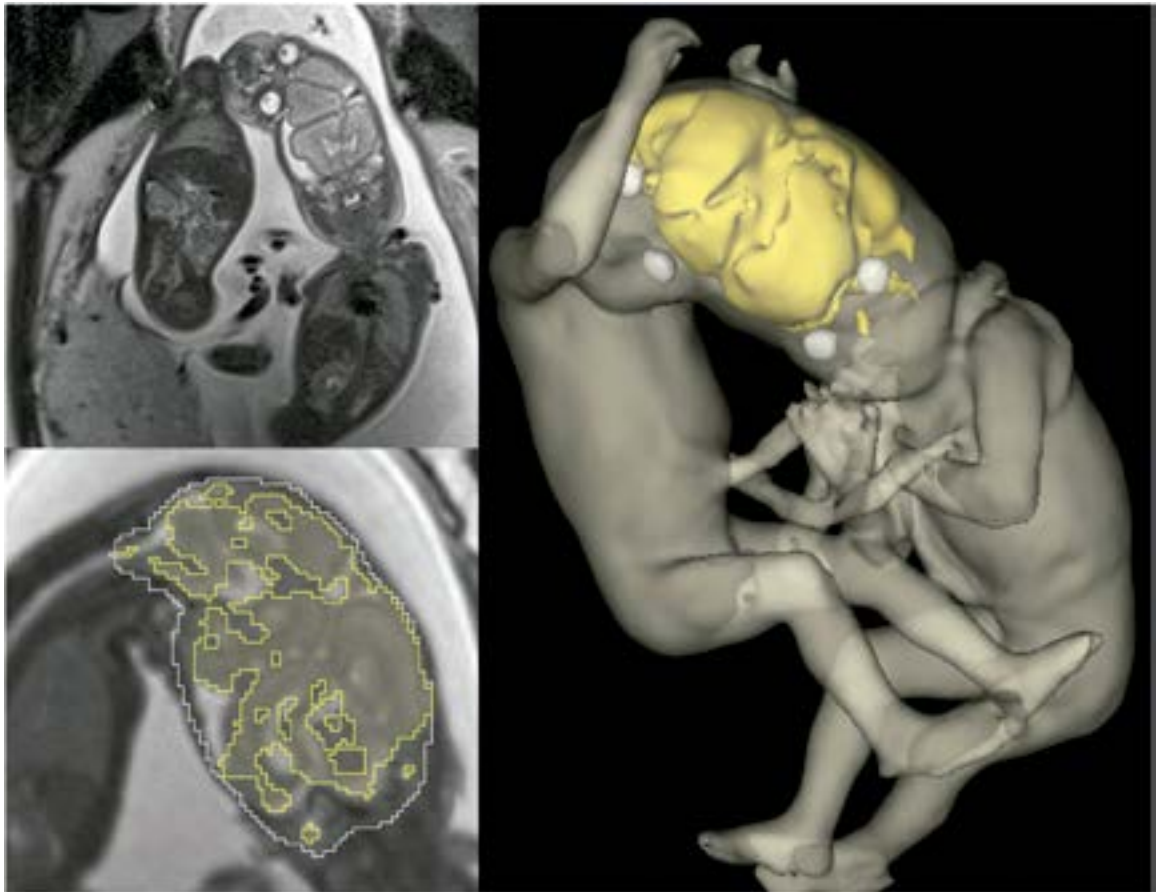
A segunda cirurgia de separação parcial foi agendada dois meses depois da primeira. Esse intervalo entre as cirurgias foi necessário para permitir que a circulação venosa se estabilizasse e para o desenvolvimento de uma circulação venosa colateral. Após a criação de um novo modelo anatômico, o planejamento cirúrgico foi estabelecido, permitindo a coagulação progressiva das veias hemisféricas que drenavam para o seio circular, resultando em uma boa separação parcial. O resultado pós-operatório foi satisfatório, com os gêmeos apresentando excelente recuperação, sem déficits motores, infartos venosos, isquemia ou sangramentos. A tomografia computadorizada pós-operatória mostrou um bom grau de separação.

Following the creation of the first anatomic 3D model and the performance of all the complementary exams necessary, we scheduled the first surgery, which took place in November 2019. I considered this surgery to be one of the most challenging, thereafter called the “fear breaker surgery”, due to it being the first case of such gravity, the greatest challenge being dealing with the unknown, as well as the enormous responsibility we had toward those parents.

We scheduled the second surgery of partial separation juxtaposed to the first. This procedure took place two months after the first one. This waiting period between surgeries was necessary for the venous circulation to settle and for the development of a collateral venous circulation. After creating a new anatomic model, the surgical planning was established, with excellent progression of the hemispheric veins’ coagulation, which ran towards the circular sinus, obtaining good partial separation. The postoperative result was satisfactory, with the twins demonstrating excellent recovery, without any motor deficit, venous infarct, ischemia, or bleeding. A postoperative CT scan showed a good degree of separation.

Ressonância magnética demonstrando a fusão dos dois cérebros.

Magnetic resonance imaging demonstrating the fusion of two brains.



Seguindo o protocolo, realizamos separações segmentares. Inicialmente, programamos quatro separações parciais, seguidas da desconexão final; contudo, devido à complexidade do caso, optamos por fragmentar ainda mais os segmentos e, até o momento, realizamos sete cirurgias, sem complicações. Entre cada procedimento, novos exames de imagem como RM, TC e angiografia cerebral foram realizados, e novos modelos anatômicos 3D foram produzidos. Esses exames e a impressão 3D dos modelos são de extrema importância, tanto para o planejamento cirúrgico quanto para a visualização da nova circulação colateral estabelecida.

A separação final foi programada para junho de 2022. Nesse procedimento, a separação definitiva dos gêmeos foi tentada, quase três anos após a primeira cirurgia. Foi um presente para essa família que tanto sofreu.

Modelo impresso em 3D dos cérebros dos craniópagos a partir de um exame de ressonância magnética.

3D-printed model of the craniopagus twins' brains based on an MRI scan.

Em fevereiro de 2023, recebemos nosso segundo caso de craniópagos, com 13 semanas de idade gestacional. Outro grande desafio para nós, pois, além da craniopagia, havia também uma malformação cardíaca complexa (ventrículo único) em um dos fetos. Iniciamos um plano detalhado com um grupo multidisciplinar de especialistas para desenvolver uma estrutura que permitisse iniciar o processo cirúrgico.

Nesse caso, a abordagem cirúrgica teve que ser realizada em um único procedimento devido à malformação cardíaca. Para o melhor planejamento possível, o uso de modelos anatômicos 3D impressos foi indispensável, assim como as discussões com a equipe do professor Owase Jeelani utilizando o metaverso.

Após o nascimento, com 32 semanas de gestação, novos exames foram realizados com TC e RM. Os gêmeos foram separados 52 dias após o nascimento. A neurocirurgia foi um sucesso. O gêmeo com a malformação cardíaca não sobreviveu, mas doou meninge, osso e pele para seu irmão, que teve um excelente desfecho clínico. ●



Planejamento cirúrgico deste caso no metaverso com a equipe do Professor Owase Jeelani.



Surgical planning of this case in the metaverse with Professor Owase Jeelani's team.

We followed protocol and performed segmentary separations. Initially we scheduled four partial separations, followed by the disconnection; however, due to the complexity of the case we opted to further fragment the segments, and to date we have performed seven surgeries, without any interference. Between each procedure, new imaging exams such as MRI, CT scan, cerebral angiography were performed, and new anatomic 3D models were made. These exams and the 3D printing of the models are of extreme importance, for both the surgical planning and the visualization of the new collateral circulation established.

The final separation was scheduled for June 2022. In this procedure, the definitive separation of the twins was attempted, almost three years after the first one. It was a gift to this suffering family.

In February 2023, we received our second case of craniopagus at 13 weeks of gestational age. Another big challenge for us because, in addition to craniopagus, there was also a complex cardiac malformation (single ventricle) in one of the fetuses. We initiated an elaborate plan with a multidisciplinary group of specialists to develop a structure to begin the surgical process.

In this case, the surgical approach had to be performed in a single procedure due to the cardiac malformation. For the best possible planning, the use of 3D-printed anatomic models was indispensable, as well as discussions with Professor Owase Jeelani's team using the metaverse.

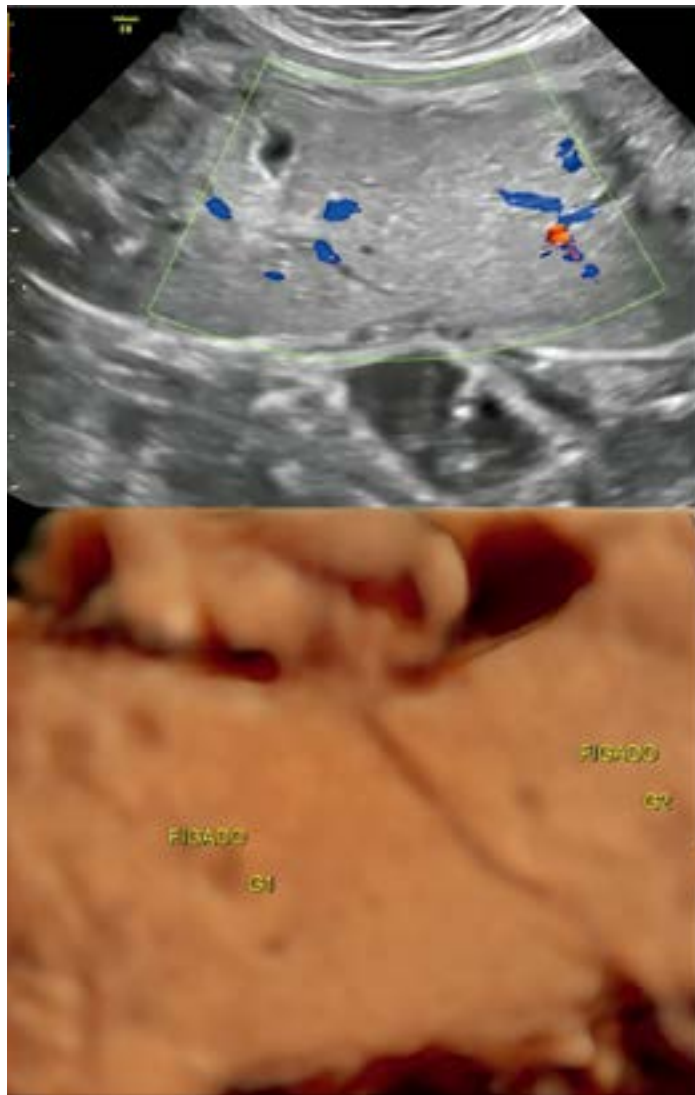
After birth, at 32 weeks of gestation, new examinations were performed with CT and MRI. The twins were separated 52 days after birth. The neurosurgery was a success. The twin with the cardiac malformation did not survive, but he donated meninx, bone and skin to his brother who had an excellent clinical outcome. ●

02.

Cirurgia pediátrica

Como cirurgião geral neonatal, frequentemente trabalho com diagnóstico pré-natal e compreendo plenamente seu papel crucial no planejamento de cirurgias perinatais e acompanhamentos. Na maioria dos casos, as lesões são identificadas por meio do ultrassom obstétrico (US) de rotina. No entanto, a ressonância magnética (RM) pode fornecer uma avaliação mais detalhada. A RM serve como uma modalidade diagnóstica complementar, especialmente em casos inconclusivos que exigem investigação adicional. Diferentemente do US, a RM não é afetada pela posição fetal, pelo oligoâmnio, pela interferência óssea ou pela obesidade materna.

Um dos maiores desafios na cirurgia pediátrica é o manejo de gêmeos conjugados (GC), uma anomalia congênita associada a significativa morbidade e mortalidade. Os GC são classificados com base no local da fusão, sendo os gêmeos fundidos ventralmente os mais comuns. Entre eles, os tipos onfalópagos e toracópagos são frequentemente observados. O grau de compartilhamento de órgãos, especialmente o envolvimento cardíaco, determina a viabilidade e o prognóstico da separação cirúrgica. Uma avaliação pré-operatória meticulosa, um planejamento detalhado e uma equipe multidisciplinar bem-preparada são essenciais para um procedimento de separação bem-sucedido.



Pediatric surgery

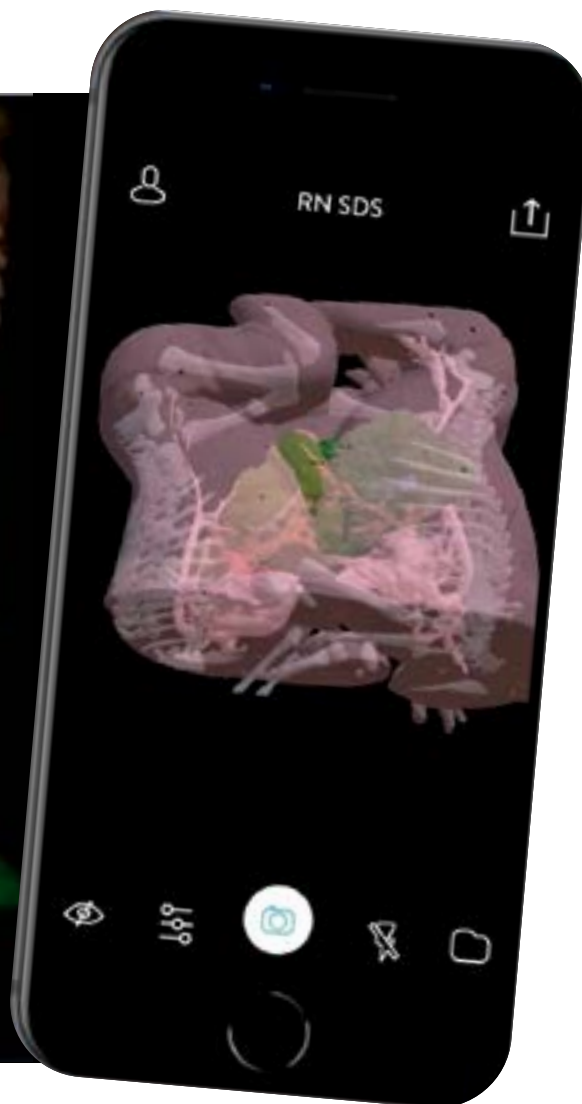
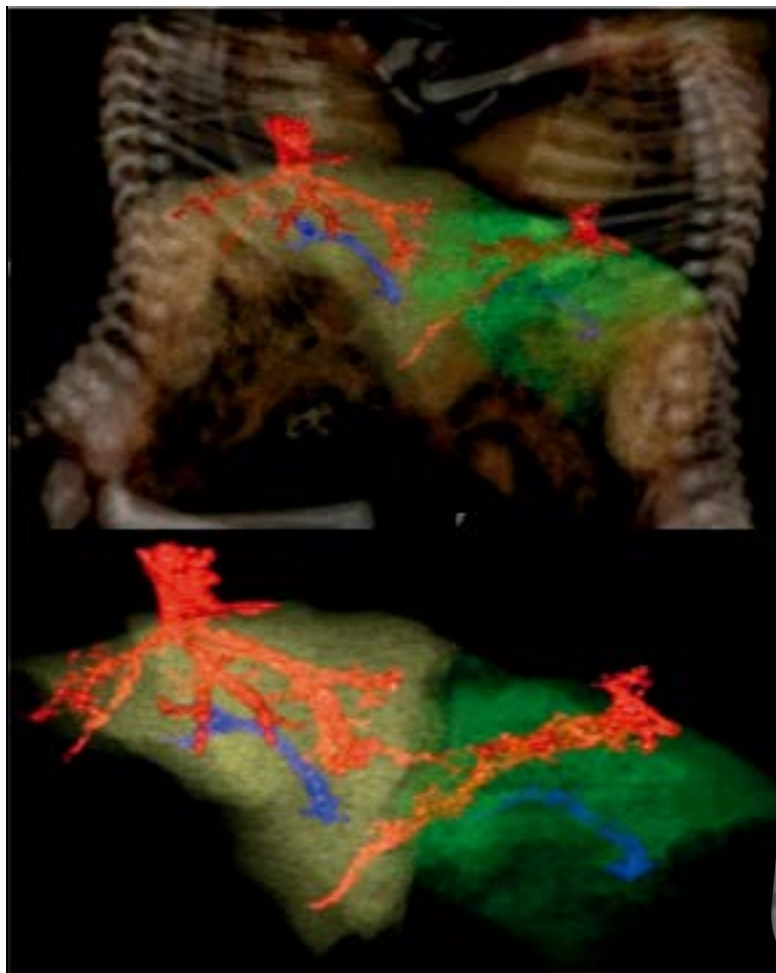
As a neonatal general surgeon, I have frequently worked with prenatal diagnosis and fully understand its crucial role in planning perinatal surgeries and follow-ups. In most cases, lesions are identified through routine obstetric ultrasound (US). However, magnetic resonance imaging (MRI) can provide a more detailed assessment. MRI serves as a complementary diagnostic modality, particularly in inconclusive cases that require further investigation. Unlike US, MRI is not affected by fetal position, oligohydramnios, bone interference, or maternal obesity.

One of the greatest challenges in pediatric surgery is the management of conjoined twins (CTs), a congenital anomaly associated with significant morbidity and mortality. CTs are classified based on their site of attachment, with ventrally fused twins being the most common. Among them, omphalopagus and thoracopagus are frequently observed. The extent of organ sharing, particularly cardiac involvement, determines the feasibility and prognosis of surgical separation. A meticulous preoperative evaluation, detailed planning, and a well-prepared multidisciplinary team are essential for a successful separation procedure.



Ultrassonografia demonstrando a fusão do fígado dos fetos toracoomfalópagos (26 semanas) e ressonância magnética mostrando o corpo inteiro dos fetos.

Ultrasound showing the liver fusion of thoracoomphalopagus fetuses (26 weeks) and MRI displaying the entire bodies of the fetuses.



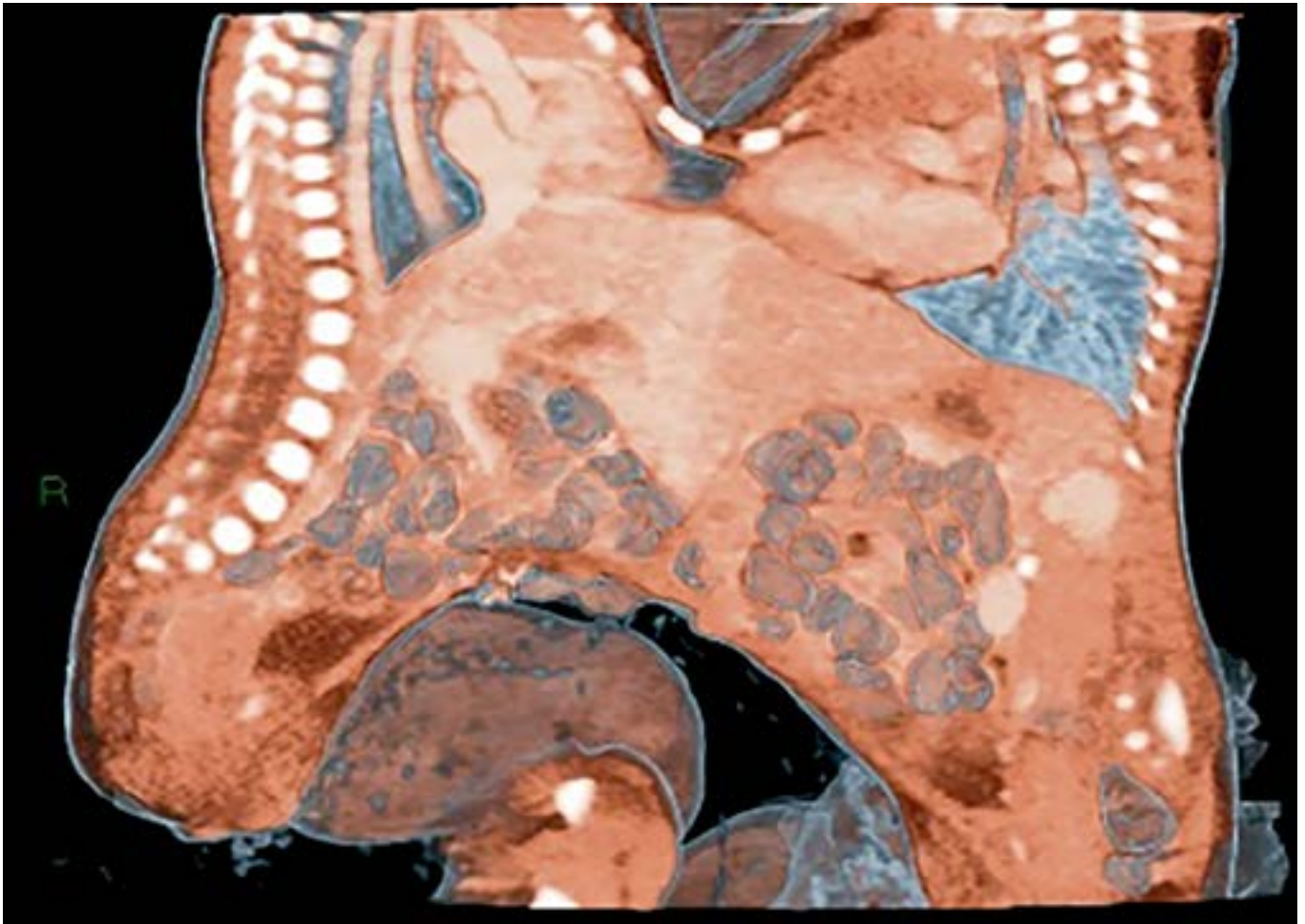
Relato de Caso

Uma mulher de 31 anos, G2P1, com gestação de trigêmeos, foi encaminhada para RM fetal às 28 semanas de gestação. Suspeitava-se que os fetos fossem dicoriônicos e diamnióticos, com um par de gêmeos conjugados fundidos na região abdominal. A RM foi realizada utilizando um scanner de 1,5 Tesla, confirmando o diagnóstico prévio de um feto único normal ao lado de um par de GC. A fusão se estendia do processo xifoide até a inserção do cordão umbilical (onfalópagos). Ambos os fígados estavam fundidos, mas as alças intestinais e os cólons apresentavam-se normais. As vesículas biliares foram identificadas e visualizadas.

Após o parto, ocorrido com 35 semanas de gestação, novos exames de imagem foram realizados. Uma tomografia computadorizada confirmou a fusão hepática. As conexões vasculares do fígado foram isoladas e reconstruídas em 3D, classificando a fusão como do tipo I hepatobiliar. Imagens imersivas foram geradas e exportadas, permitindo uma análise pré-operatória e intraoperatória detalhada utilizando o aplicativo 3D Slicer em dispositivos móveis. A reconstrução 3D possibilitou que a equipe cirúrgica estudasse minuciosamente as conexões vasculares, facilitando o planejamento cirúrgico para a separação.

Postnatal computed tomography scan showing liver fusion and 3D reconstruction.

Tomografia computadorizada pós-natal mostrando a fusão hepática e reconstrução 3D.



Tomografia computadorizada pós-natal mostrando com detalhes a fusão do tórax e do abdome.

Postnatal computed tomography scan detailing the fusion of the thorax and abdomen.

Case Report

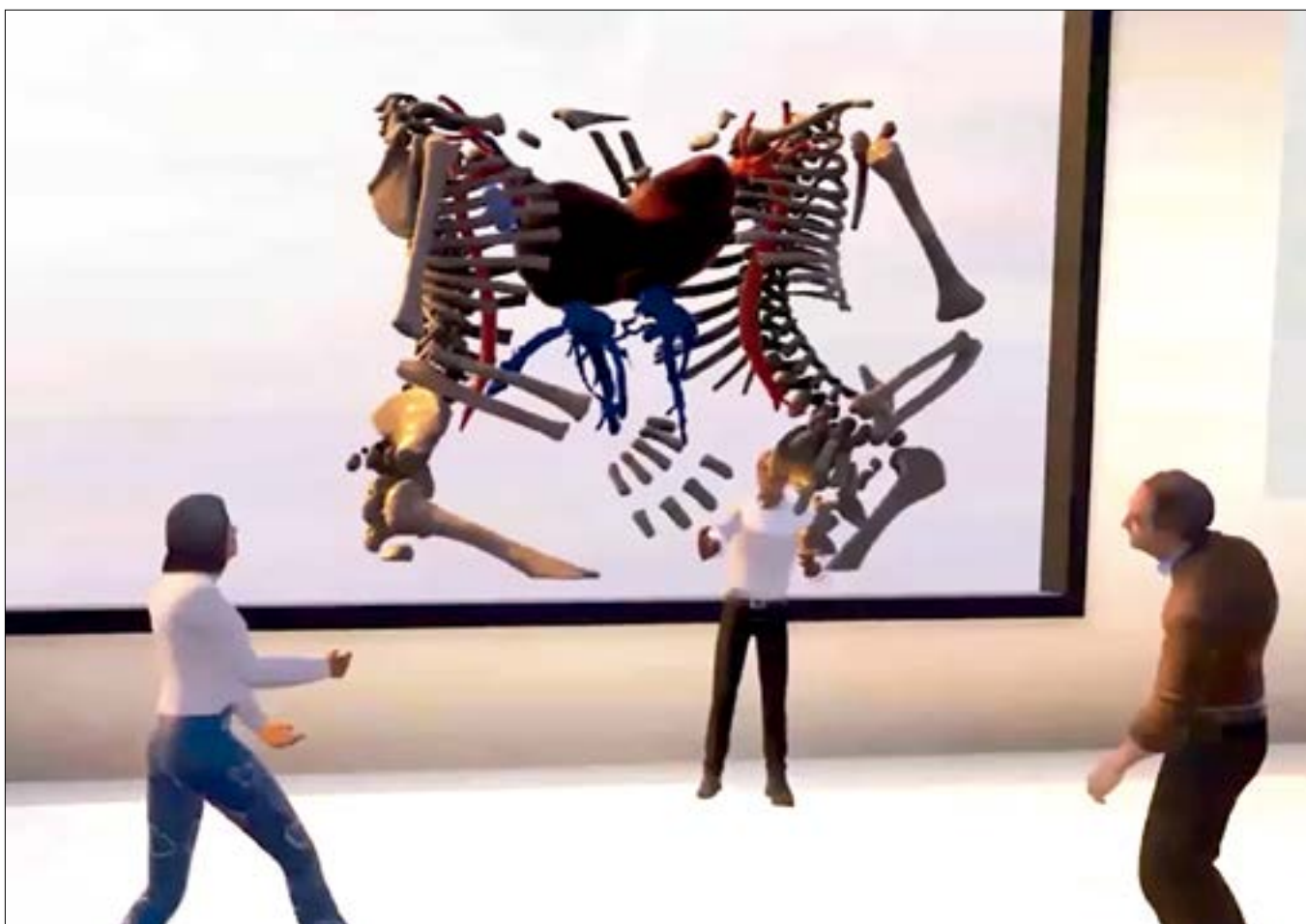
A 31-year-old G2P1 woman with a triplet pregnancy was referred for fetal MRI at 28 weeks of gestation. The fetuses were believed to be dichorionic and diamniotic, with a set of CTs fused at the abdomen. MRI was performed using a 1.5-T scanner, confirming the prior diagnosis of a normal singleton fetus alongside a pair of CTs. The fusion extended from the xiphoid process to the umbilical cord insertion (omphalopagus). Both livers were fused, but the intestinal loops and colons appeared normal. The gallbladders were identified and visualized.

Following delivery at 35 weeks of gestation, further imaging studies were conducted. A computed tomography scan was performed, which confirmed hepatic fusion. The vascular connections of the liver were isolated and reconstructed in 3D, classifying the fusion as a type I hepatobiliary fusion. Immersive images were generated and exported, allowing for detailed preoperative and intraoperative analysis using the 3D Slicer application on mobile devices. The 3D reconstruction enabled the surgical team to meticulously study the vascular connections, facilitating surgical planning for separation.

A separação de GC requer um esforço multidisciplinar coordenado para lidar com as complexas necessidades médicas e cirúrgicas desses pacientes. Foi empregada uma abordagem baseada em simulação, utilizando manequins pré-montados que replicavam a anatomia dos gêmeos toraco-onfalópagos. Essa modalidade de simulação proporcionou um ambiente seguro de treinamento para uma equipe multidisciplinar, incluindo neonatologistas, enfermeiros,

terapeutas respiratórios e cirurgiões, a fim de aperfeiçoar a tomada de decisões clínicas, as estratégias procedimentais e os protocolos de manejo de emergência. Os ensaios clínicos baseados em simulação oferecem uma oportunidade valiosa para se preparar para procedimentos raros, complexos e específicos de cada paciente.

O procedimento cirúrgico ocorreu sem intercorrências, e os pacientes permanecem sob acompanhamento sem complicações. ●

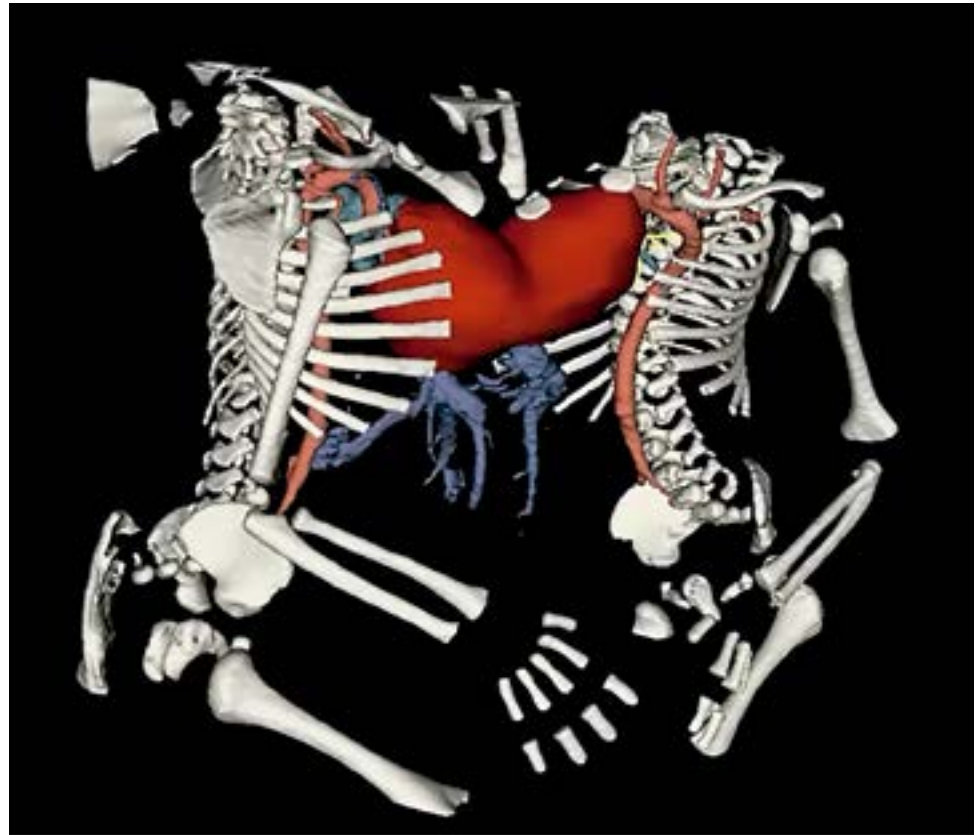


Discussão do caso de toraco-onfalópagos no metaverso.

Discussion of the thoracocephalic twinning case in the metaverse.

Reconstrução 3D por tomografia computadorizada. Corações representados na cor vermelha.

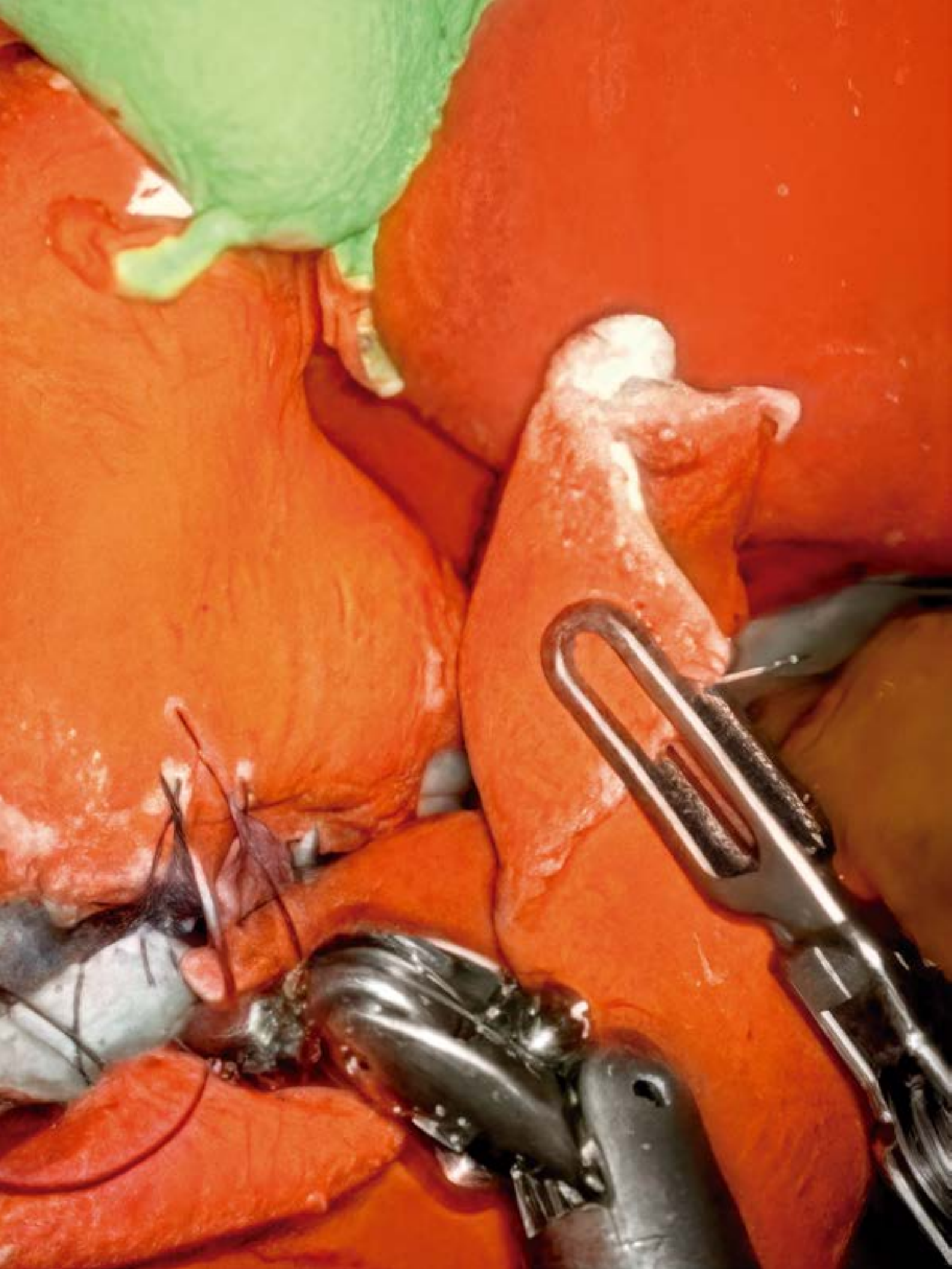
3D reconstruction from a computed tomography. Hearts represented in red.



The separation of CTs requires a coordinated multidisciplinary effort to address the complex surgical and medical needs of these patients. A simulation-based approach was employed using preassembled mannequins replicating thoraco-omphalopagus twin anatomy. This simulation modality provided a safe training environment for a multidisciplinary team, including neonatologists, nurses, respiratory

therapists, and surgeons to refine clinical decision-making, procedural strategies, and emergency management protocols. Simulation-based clinical rehearsals offer a valuable opportunity to prepare for rare, complex, and patient-specific procedures.

The surgical procedure was uneventful, and the patients remain under follow-up without any complications. ●



TREINAMENTO CIRÚRGICO PRÉ-OPERATÓRIO

PREOPERATIVE SURGICAL TRAINING

by
Fernando de Barros
Vinicius Arcoverde
Heron Werner



CONTEÚDO INTERATIVO
INTERACTIVE CONTENT

Treinamento em modelo impresso em 3D
Training on 3D printed model

MEDICINA.MEDICINE 

01.

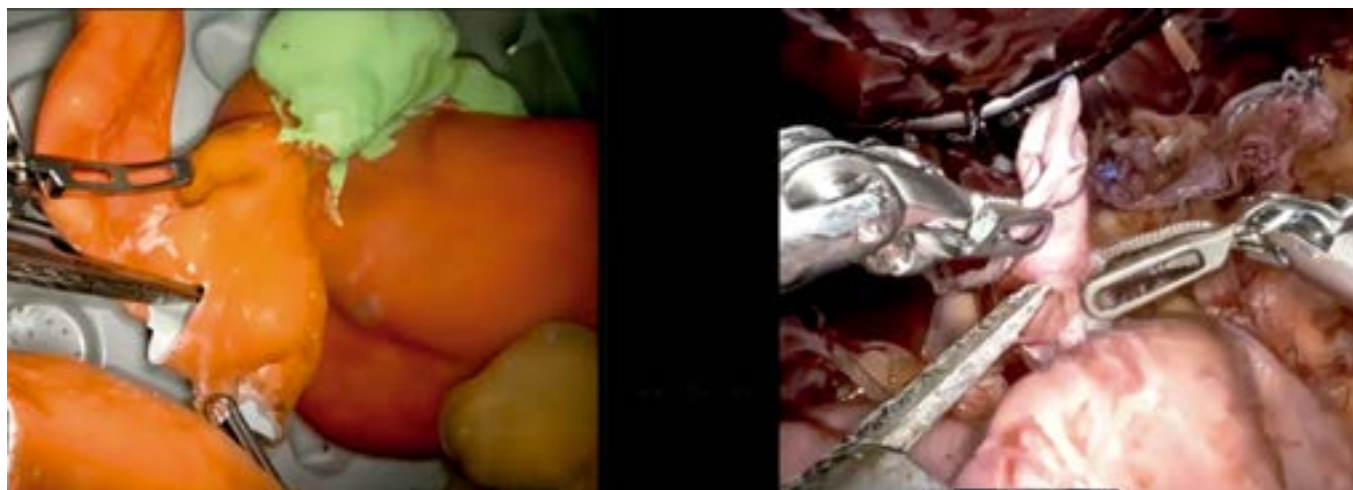
O treinamento pré-operatório tornou-se um componente essencial da prática cirúrgica moderna, especialmente em procedimentos complexos como a cirurgia bariátrica. Os avanços na tecnologia de impressão 3D criaram novas oportunidades para que cirurgiões se preparem de forma mais aprofundada antes de entrar na sala de cirurgia. Ao criar modelos anatômicos específicos para cada paciente, as equipes cirúrgicas podem visualizar e ensaiar diferentes etapas, antecipar possíveis complicações e aprimorar suas estratégias.

Com o avanço das tecnologias de manufatura tridimensional, novos equipamentos têm desempenhado papéis significativos no treinamento cirúrgico moderno. Um exemplo notável é a impressora Lisa, que possibilita a criação de modelos flexíveis com alta precisão. Esses modelos permitem aos cirurgiões praticar cortes e procedimentos complexos de forma muito realista.

Essa abordagem, que não requer estruturas de suporte, é particularmente eficaz para reproduzir características anatômicas intrincadas, como o intestino. Além disso, os modelos flexíveis oferecem feedback tátil e deformação semelhante ao tecido humano real, permitindo que as equipes cirúrgicas aprimorem suas habilidades e estejam melhor preparadas para cenários clínicos reais. Esse recurso é especialmente útil na cirurgia bariátrica, que frequentemente envolve a ressecção ou o redirecionamento de partes do trato gastrointestinal. A capacidade de representar com precisão os tecidos moles permite simulações realistas, nas quais os profissionais podem praticar incisões, suturas e técnicas de grampeamento com maior confiança.

Comparação entre treinamento em modelo impresso em 3D e posterior cirurgia real.

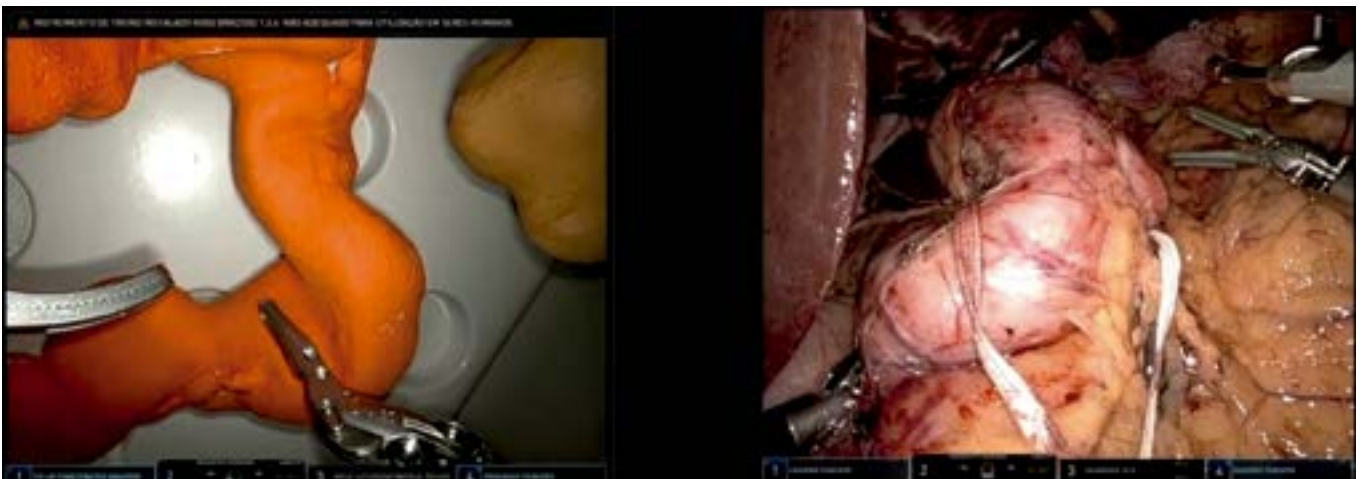
Comparison between training on a 3D printed model and subsequent real surgery.



Preoperative training has become an essential component of modern surgical practice, particularly in complex procedures such as bariatric surgery. Advances in 3D printing technology have created new opportunities for surgeons to prepare more thoroughly before entering the operating room. By creating patient-specific anatomical models, surgical teams can visualize and rehearse different steps, anticipate potential complications, and refine their strategies.

With the advancement of three-dimensional manufacturing technologies, new equipment has played significant roles in modern surgical training. A notable example is the Lisa printer, which enables the creation of flexible models with high precision. These models allow surgeons to practice cuts and complex procedures in a highly realistic manner.

This approach, which does not require support structures, is particularly effective for reproducing intricate anatomical features such as the intestines. Moreover, the flexible models provide tactile feedback and deformation similar to real human tissue, allowing surgical teams to enhance their skills and be better prepared for clinical scenarios. This capability is especially valuable in bariatric surgery, which often involves the resection or rerouting of parts of the gastrointestinal tract. The ability to accurately represent soft tissues enables realistic simulations in which professionals can practice incisions, sutures, and stapling techniques with greater confidence.



Um dos maiores avanços no treinamento cirúrgico atual é a integração de modelos impressos em 3D com sistemas robóticos, como o robô cirúrgico da Vinci. A plataforma da Vinci revolucionou a cirurgia minimamente invasiva ao proporcionar maior destreza, visão ampliada e instrumentos de alta precisão. A incorporação de modelos impressos em 3D a esses sistemas robóticos refina ainda mais o processo de treinamento pré-operatório, permitindo que cirurgiões simulem os movimentos exatos que serão utilizados durante o procedimento real.

O robô da Vinci também oferece o recurso de visualização simultânea, que possibilita ao profissional em treinamento observar ao mesmo tempo o campo operatório e informações complementares, como dados de apoio ou imagens auxiliares. Essa configuração promove uma experiência educacional em múltiplas camadas: é possível assistir ao vídeo do procedimento, acompanhar métricas em tempo real ou dados vitais e ainda manipular o modelo físico em 3D com o auxílio dos instrumentos robóticos. Essa abordagem possibilita o domínio de manobras complexas em um ambiente seguro e controlado, antes de realizá-las em pacientes reais.



Cirurgia robótica.

Robotic surgery.

Cirurgia robótica com auxílio da reconstrução virtual do exame do paciente.



Robotic surgery assisted by the virtual reconstruction of the patient's scan.

One of the greatest advances in current surgical training is the integration of 3D-printed models with robotic systems such as the da Vinci surgical robot. The da Vinci platform has revolutionized minimally invasive surgery by providing greater dexterity, enhanced vision, and highly precise instruments. This system consists of robotic arms controlled through a console, where the surgeon operates the instruments with the help of a three-dimensional, magnified view of the surgical field. It allows for extremely precise movements and superior control, making it ideal for complex procedures. The incorporation of 3D-printed models into these robotic systems further refines the preoperative training process, enabling surgeons to simulate the exact movements they will use during the actual procedure.

The da Vinci robot also offers the feature of simultaneous visualization, which allows trainees to observe both the operative field and supplementary information, such as support data or auxiliary images, at the same time. This configuration promotes a multilayered educational experience: it is possible to watch the procedure's video, monitor real-time metrics or vital data, and manipulate the physical model using robotic instruments. This approach allows surgeons to master complex maneuvers in a safe, controlled environment before performing them on real patients.



Modelo 3D para simulação em cirurgia robótica.

3D model for simulation in robotic surgery.

Além disso, o uso de software de visualização tridimensional em estações de trabalho comuns permite que cirurgiões e suas equipes colaborem no modelo virtual antes mesmo de qualquer impressão física. Exames detalhados, como tomografias computadorizadas e ressonâncias magnéticas, podem ser convertidos em modelos digitais para revisão em múltiplos ângulos. Essa etapa digital estimula discussões interativas sobre marcos cirúrgicos, possíveis complicações e melhores práticas. Ao refinar o modelo virtualmente, é possível focar em áreas específicas de preocupação, que podem então ser destacadas na versão final física.

Em última análise, a combinação de impressão 3D flexível e sistemas cirúrgicos robóticos eleva o padrão do treinamento pré-operatório. Cria-se um ambiente de prática abrangente, no qual procedimentos bariátricos podem ser ensaiados do início ao fim. Assim, a transição para a sala de cirurgia torna-se mais eficiente, segura e previsível, melhorando os resultados para pacientes tanto em cirurgia bariátrica quanto em outras especialidades cirúrgicas. ●

Additionally, the use of three-dimensional visualization software on standard workstations enables surgeons and their teams to collaborate on the virtual model even before any physical printing occurs. Detailed scans, such as CT or MRI, can be converted into digital models for review from multiple angles. This digital step fosters interactive discussions about surgical landmarks, potential complications, and best practices. By refining the model virtually, it is possible to focus on specific areas of concern, which can then be emphasized in the final physical version.

Ultimately, the combination of flexible 3D printing and robotic surgical systems raises the standard of preoperative training. It creates a comprehensive practice environment in which bariatric procedures can be rehearsed from start to finish. By leveraging the da Vinci robot's simultaneous visualization technology and complementing it with patient-adapted models, trainees gain deeper anatomical understanding and develop greater technical proficiency. This makes the transition to the operating room more efficient, safe, and predictable, improving outcomes for patients in bariatric surgery and other surgical specialties. ●



Visualizador da reconstrução 3D obtida a partir de exames de imagem, como tomografia computadorizada e ressonância magnética.

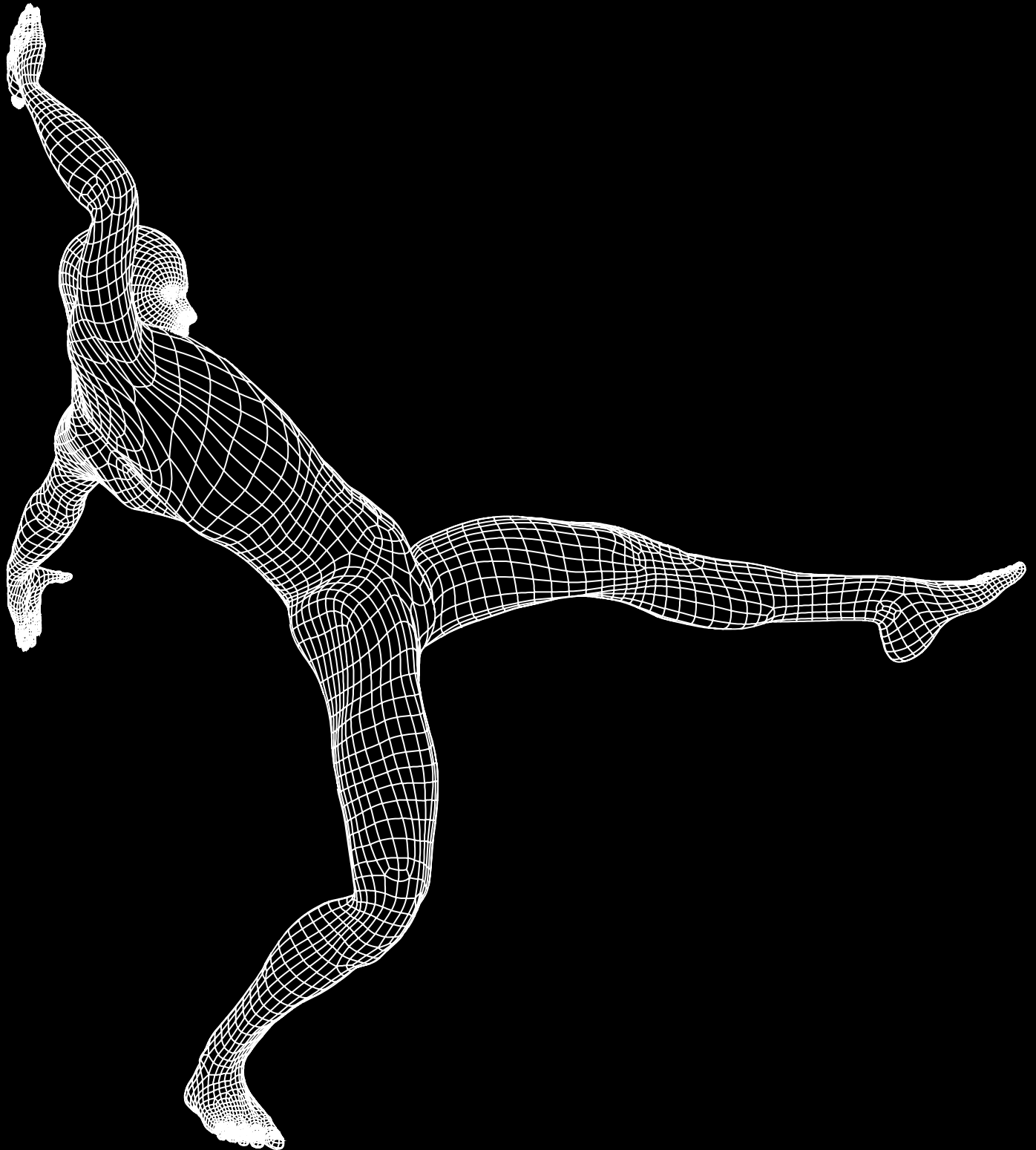
Viewer of 3D reconstruction obtained from imaging exams, such as computed tomography and magnetic resonance imaging.





ARTES ARTS





REGISTRO DO
PROCESSO . PROCESS
RECORD

OCEAN DANCE

by Bernardo Alevato



CONTEÚDO INTERATIVO
INTERACTIVE CONTENT

Wireframe de movimento
capturado de Fabiano Nunes

*Wireframe of Fabiano Nunes movement
captured at Visgraf Laboratory*

ARTES.ARTS 

• Neste texto, segue o registro do processo da série de experimentos intitulada *OCEAN DANCE*, que apresenta iniciativas de dança desenvolvidas no projeto *SPACE-XR*. Estes experimentos demonstram a captura de movimentos de dança inseridos no metaverso e convida o participante a interagir com as escalas espaciais sugeridas por Laban, que favorecem uma ampla possibilidade prática para a experimentação do corpo no espaço, a partir de diferentes percursos e dinâmicas. Trata-se de uma investigação que transpõe os movimentos performáticos da dança para o ambiente de um metaverso, o qual, neste caso, é um ambiente virtual tridimensional e multiusuário.

O desenvolvimento destes experimentos começou com sessões de captura de movimento, seguiu para o desenvolvimento visual e para a implementação em realidade virtual (VR) e na análise da experimentação.

Participaram da concepção e desenvolvimento os seguintes pesquisadores: Bernardo Alevato, Fábio Suim, Gabriel Cardoso, Jorge Lopes, Luiz Velho, Orlando Grillo, Sérgio Azevedo, Thaisa Martins e Carolina Navarro, um grupo interdisciplinar com diferentes leituras e perspectivas sobre dança, tecnologia e ambientes imersivos.

O experimento explora como poderia ser a observação de performances de dança em um espaço virtual: um ambiente tridimensional navegável que transponha o movimento captado do físico ao virtual, estimulando reflexões sobre a percepção de presença, a expressão do movimento e as relações entre o virtual e o real. As performances de dança expressam um forte elemento humano, mesmo em imagens geradas por computador. Participaram deste experimento os artistas Thaisa Martins, Helena Bevilaqua e Fabiano Nunes, cujas performances improvisadas formaram a base do estudo. A trilha sonora de duas performances foi criada por Yuri Amorim.

Alguns trabalhos anteriores que inspiraram este experimento incluem: *Motion Creation from Mocap Data* de Louise Roy no Visgraf [1], o trabalho *Notanna* de Ana Livia Cordeiro [2] e *Virtual Crossings* da Cia. Gilles Jobin.[3] Também é importante mencionar a referência ao trabalho de Rudolf Laban, de maneira seminal, o que aparece nos estudos de parte do grupo, nas capturas e naturalmente na concepção, nas performances dos bailarinos e no cenário, com poliedros regulares como forma de provocar interação em tempo real dentro do ambiente.

O Fluxo do desenvolvimento do projeto envolveu a captura de movimento usando Optitrack [4], o Blender [5] para modelagem e animação e o Unity 3d [6] para implementação através da plataforma Spatial.io [7].

- *This text exposes the process of the series of experiments entitled OCEAN DANCE, which presents dance initiatives developed in the SPACE-XR project. These experiments demonstrate the capture of dance movements inserted into the metaverse and invite the audience to interact with the spatial scales suggested by Laban, which favor a wide range of practical possibilities for experimenting with the body in space, based on different paths and dynamics. This is an investigation that transposes the performative movements of dance into the environment of a metaverse, which in this case is a three-dimensional, multi-user virtual environment.*

The development of these experiments began with motion capture sessions, followed by visual development and implementation in virtual reality (VR) and analysis of the experimentation.

The following researchers took part in the conception and development: Bernardo Alevato, Fábio Suim, Gabriel Cardoso, Jorge Lopes, Luiz Velho, Orlando Grillo, Sérgio Azevedo, Thaisa Martins and Carolina Navarro, an interdisciplinary group with different backgrounds and perspectives on dance, technology and immersive environments.

The experiment explores what it might be like to observe dance performances in a virtual space: a three-dimensional navigable environment that transposes the movement captured from the physical to the virtual, stimulating reflections on the perception of presence, the expression of movement and the relationship between the virtual and the real. Dance performances express a strong human element, even in computer-generated images. The experiment counted on the participation of the artists Thaisa Martins, Helena Bevilaqua and Fabiano Nunes, whose improvised performances formed the basis of the study. The soundtrack for two performances was created by Yuri Amorim.

Some previous works that inspired this experiment include: Motion Creation from Mocap Data by Louise Roy at Visgraf [1], the work Notanna by Ana Livia Cordeiro [2] and Virtual Crossings by Cia [3]. It is also important to mention the reference to Rudolf Laban's work, in a seminal way, which appears in the studies of part of the group, in the captures and of course in the conception, in the dancers' performances and in the set, with regular polyhedrons as a way of provoking real-time interaction within the environment.

The project development flow involved motion capture using Optitrack [4], Blender [5] for modeling and animation and Unity 3d [6] for implementation through the Spatial.io platform [7].

MoCap.

O experimento teve início de forma exploratória, com sessões de captura de movimento no laboratório Visgraf (Vision and Graphics Laboratory/IMPA). A captura de movimento (Motion capture ou MoCap) é uma técnica usada para gravar e analisar os movimentos de um corpo humano ou objeto, com o objetivo de digitalizar esses movimentos e aplicá-los a modelos tridimensionais em animações ou jogos. As coordenadas capturadas são estruturadas de maneira hierárquica com base em esqueletos pré-definidos. Para este fim, foi utilizado o sistema Optitrack, que, por meio de câmeras e sensores reflexivos, é capaz de distinguir os pontos no espaço e capturar através de pontos os movimentos

físicos e os convertê-los em dados digitais. Esses dados foram então transmitidos em tempo real para o software Motive, onde parâmetros e a correspondência entre os pontos dos sensores e o modelo virtual são ajustados. O processo gera arquivos BVH, que são reconhecidos pela maioria dos programas de animação 3D.

Após as primeiras sessões de captura com Thaisa Martins, começaram a ser idealizadas possibilidades de implementação em realidade virtual. Em seguida, os bailarinos Helena Bevilaqua e Fabiano Nunes foram convidados para a experimentação, e suas performances foram gravadas em sessões posteriores. De maneira intercalada, foram capturados improvisos e movimentos de escalas de Laban, como cubo e icosaedro [4].



CAPTURA DE MOVIMENTO

MOTION CAPTURE

The experiment began in an exploratory way, with motion capture sessions in IMPA's Visgraf laboratory. Motion capture (MoCap) is a technique used to record and analyze the movements of a human body or object, with the aim of digitizing these movements and applying them to three-dimensional models in animations or games. The captured coordinates are structured hierarchically based on predefined skeletons. To this end, the Optitrack system was used, which, using cameras and reflective sensors, is able to distinguish points in space and capture physical movements through points and convert them into digital data. This data was then transmitted in real time to the Motive software, where parameters and the correspondence between the sensor points and the virtual model were adjusted. The process generates BVH files, which are recognized by most 3D animation programs.

After the first recordings with Thaisa Martins, possibilities for implementation in virtual reality began to be devised. Next, dancers Helena Bevilaqua and Fabiano Nunes were invited to experiment, and their performances were recorded in subsequent sessions. In an interspersed way, improvisations and movements of Laban scales were captured, such as the cube and the icosahedron.

Fig 02. Motion capture record of Thaisa Martins (with Luiz Velho discussing the ongoing capture), followed by Fabiano Nunes and Helena Bevilaqua.

Fig 02. Registro da captura de movimento de Thaisa Martins (com Luiz Velho em diálogo sobre a captura em curso), em sequência, Fabiano Nunes e Helena Bevilaqua.



CONCEPÇÃO VISUAL

VISUAL DESIGN

Avatares

Para criar os modelos virtuais dos dançarinos, foi utilizado o MB-Lab, um complemento (*addon*) do Blender para a geração de humanoides. Para evitar questões relacionadas ao “vale da estranheza”[5] onde a representação humana mais próxima do real causa uma desagradável percepção de artificialidade, optou-se por um estilo visual minimalista, sem características realistas, mas respeitando as proporções humanas, a fim de representar o movimento de forma fiel. Esse estilo foi influenciado pelo trabalho *Virtual Crossings* nesse sentido, de buscar uma representação escultural não realista, assim como busca a expressividade do corpo humano nu não sexualizado, conforme conversas do grupo.



Transferência de movimento e correções

a transferência do movimento, contido nos arquivos BVH, foi realizada no Blender. Após a criação do modelo, ele foi estruturado para corresponder à hierarquia de movimentos e à captura dos dados, utilizando um *addon* do sistema Rokoko para o Blender. Alguns ajustes foram feitos na captura, especialmente com o uso de camadas de movimento no módulo NLA (non-linear animation), que permite a adição de correções sem alterar os quadros-chave registrados.

Fig. 03: Comparação entre o arquivo de captura de movimento da performance de Fabiano Nunes e o avatar em movimento no Blender.



Fig. 03. Comparison between Fabiano Nunes' performance and the avatar in motion in Blender.

Avatars

To create the virtual models of the dancers, MB-Lab was used, a Blender add-on for generating humanoids. To avoid issues related to the "uncanny valley" [8], a minimalist visual style was chosen, without realistic features, but respecting human proportions in order to represent movement faithfully. This style was influenced by the Virtual Crossings work in that it sought a non-realistic sculptural representation, as well as the expressiveness of the naked, non-sexualized human body, according to group discussions.

Movement transfer and corrections

The movement contained in the BVH files was transferred in Blender. After creating the model, it was structured to match the hierarchy of movements and data capture, using an add-on from the Rokoko system for Blender. Some adjustments were made to the capture, especially with the use of motion layers in the NLA (non-linear animation) module, which allows corrections to be added without altering the recorded keyframes.

Ambiente

Um cenário protótipo foi criado no Blender para facilitar a discussão entre a equipe. Esse protótipo permitiu explorar as possibilidades de navegação no espaço virtual, considerando as características da plataforma Spatial e os objetivos do experimento. Inicialmente representado como uma miniatura, o cenário foi gradualmente desenvolvido até se tornar um ambiente interativo, permitindo a navegação dos participantes ao redor da performance em movimento. Além disso, foram colocados poliedros regulares no cenário, sugerindo a relação com as teorias de Rudolf Laban. Rampas foram adicionadas ao ambiente para facilitar a locomoção dos participantes e proporcionar uma navegação mais fluida, oferecendo novos pontos de vista sobre a performance.

Shading

As texturas e a aparência dos modelos e cenários foram inicialmente desenhadas no Blender. No entanto, a aparência final dos materiais reflexivos só foi possível após a implementação no ambiente virtual, quando a interação com o mapa de ambiente e os cenários entrou em jogo. O conceito visual foi inspirado em salas de dança com espelhos e na integração entre o modelo/performer e o ambiente. Por isso, criaram-se materiais que utilizam a reflexão como elemento principal, gerando uma estética específica. A diferença entre o programa de animação e o motor de jogo, neste caso, se tornou um ponto de atenção, pois envolve o processo de concepção e implementação.

Environment

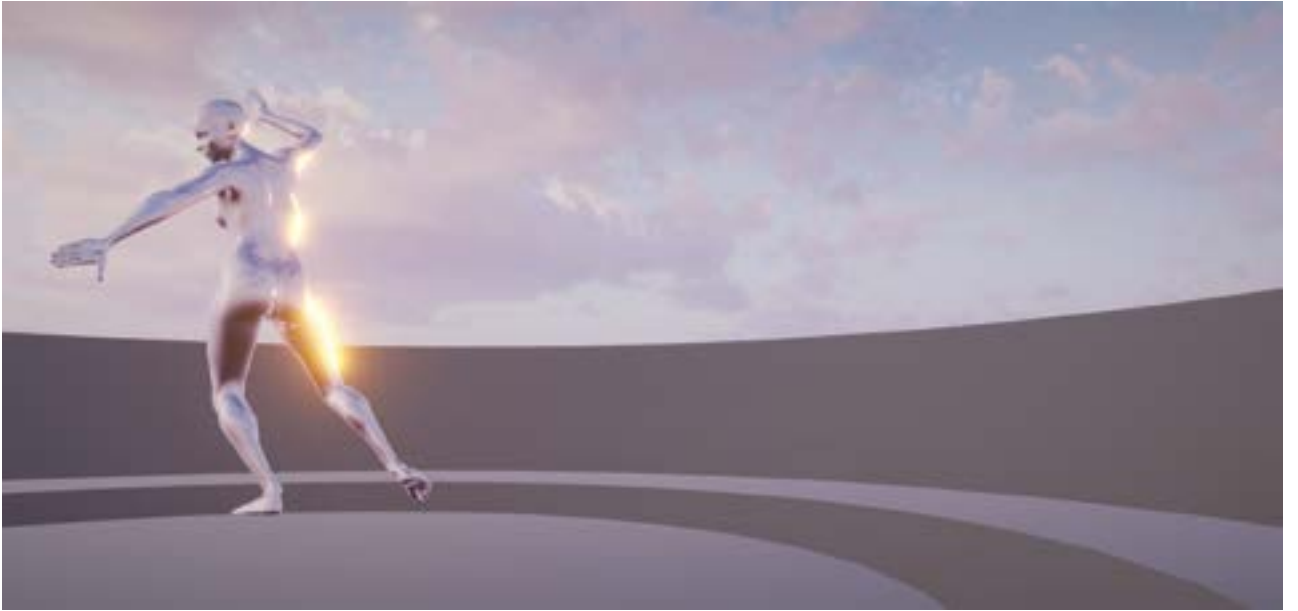
A prototype scenario was created in Blender to facilitate discussion among the team. This prototype made it possible to explore the possibilities of navigation in virtual space, taking into account the characteristics of the Spatial platform and the objectives of the experiment. Initially represented as a miniature, the scenario was gradually developed into an interactive environment, allowing participants to navigate around the moving performance. In addition, regular polyhedrons were placed in the scenery, suggesting the relationship with Rudolf Laban's theories. Ramps were added to the environment to make it easier for participants to move around and provide a more fluid navigation, offering new points of view on the performance.

Shading

The textures and appearance of the models and sets were initially designed in Blender. However, the final appearance of the reflective materials was only possible after implementation in the virtual environment, when interaction with the environment map and the backdrops came into play. The visual concept was inspired by dance halls with mirrors and the integration between the model/performer and the environment. For this reason, materials were created that use reflection as the main element, generating a unique aesthetic. The difference between the animation program and the game engine, in this case, became a point of attention, as it involves the design and implementation process.

Fig. 04: Imagem dos ambientes conforme implementados.

Fig. 04. Image of the environment as implemented.



Implementação

O material foi implementado na plataforma Spatial.io, um ambiente tridimensional que permite interação por meio de navegadores, aplicativos e realidade virtual. Criada com o Unity3D, a plataforma facilita a criação de conteúdo, permitindo a distribuição de arquivos de desenvolvimento para criar experiências imersivas. Por ser um ambiente conectado e multiusuário, o Spatial favorece a interação e visualização coletiva e diálogos entre os participantes.

Durante a implementação, optou-se por uma escala ampliada dos modelos, com proporções muito maiores do que as humanas, criando um ponto de vista diferente. A duplicação dos modelos também foi usada em dois ambientes para destacar o aspecto gráfico e simétrico das performances.

O Unity3D é compatível com a importação de esqueletos e animações, especialmente de humanoides, o que permitiu programar interações e adicionar efeitos sonoros e mapas de ambiente ao experimento.

A implementação do experimento teve como foco a simplicidade e a usabilidade, visando um público sem experiência prévia com realidade virtual, garantindo uma interação intuitiva sem a necessidade de instruções complexas. A experiência foi desenvolvida para a visualização tridimensional, alinhada com experiências anteriores de ambientes virtuais criados pelo LAPID (Laboratório de Processamento de Imagens digitais do Museu Nacional/UFRJ), voltados para o patrimônio histórico e cultural.

Experimentação

O material produzido foi exibido durante o seminário *DANCE & TECH* em duas edições do evento, no Rio de Janeiro e em Porto Alegre. Durante a experimentação, foram observados comportamentos distintos entre os participantes. Alguns, provenientes do campo da dança, tentaram imitar os movimentos da performance e interagiram com os poliedros, enquanto outros simplesmente observaram a apresentação, movendo-se ao redor do modelo virtual em movimento. Também foram feitas observações sobre a transposição do ambiente e a experiência visual do movimento.

Implementation

The material was implemented on the Spatial.io platform, a three-dimensional environment that allows interaction through browsers, applications and virtual reality, using devices such as the Meta Quest 2, computers and cell phones. Created with the Unity3D engine, the platform facilitates the creation of content, allowing the distribution of development files to create immersive experiences. As a connected, multi-user environment, Spatial favors collective interaction and dialogue between participants. During implementation, we opted for an enlarged scale for the models, with much larger proportions than humans, creating an effect of strangeness. The duplication of the models was also used to emphasize the graphic and symmetrical aspect of the performance.

Unity3D is compatible with importing skeletons and animations, especially of humanoids, which made it possible to program interactions and add sound effects and environment maps to the experiment.

The implementation of the experiment focused on simplicity and usability, targeting an audience with no previous experience of virtual reality, ensuring intuitive interaction without the need for complex instructions. The experience was developed for three-dimensional visualization, in line with previous experiences of virtual environments created by LAPID, focused on historical and cultural heritage.

Experimentation

The material produced was shown during the DANCE & TECH seminar in two editions of the event, in Rio de Janeiro and Porto Alegre. During the experiment, different behaviors were observed among the participants. Some, from the field of dance, tried to imitate the movements of the performance and interacted with the polyhedrons, while others simply observed the presentation, moving around the virtual model in motion. Observations were also made about the transposition of the environment and the visual experience of movement.

Fig. 05: Proposta de identidade visual para o evento Dance-Tech, inspirada na performance de Thaisa Martins.



Fig. 05: Visual identity proposal for the Dance-Tech event, inspired by Thaisa Martins' performance.

Desdobramento em peças de Comunicação Visual

As capturas de movimento também foram utilizadas para o desenvolvimento do material de divulgação do evento *DANCE & TECH*. A identidade visual do evento foi criada coletivamente pela equipe, e um modelo tridimensional foi gerado a partir de dados de captura de movimento, utilizando tipografia com o nome do evento como mapa de textura.

Deployment in Visual Communication

The motion captures were also used to develop promotional material for the *DANCE & TECH* event. The event's visual identity was created collectively by the team, and a three-dimensional model was generated from the motion capture data, using typography with the event's name as a texture map.

CONSIDERAÇÕES. CONSIDERATIONS

O uso de MoCap proporciona novas possibilidades de expressão corporal em ambientes de realidade expandida. A partir da experiência, surgiram reflexões sobre a sincronicidade e a assincronicidade no uso da captura de movimento, o que pode alterar a percepção de presença no ambiente virtual. É possível vislumbrar uma disseminação maior da utilização de mocap visto que surgem novas ferramentas e técnicas de captura de movimento baseadas em vídeo, mais baratas (e menos precisas) que a utilização de sensores, como MOVE.AI e QuickMagick, tornando esse recurso mais acessível.

O movimento no espaço virtual, visto através do Headset, oferece uma experiência diferente dos outros veículos audiovisuais, pois durante a observação podem ser percebidas nuances e espacialidade, possivelmente enfatizadas pela percepção tridimensional, onde o espectador pode se aproximar ou andar em torno do modelo. A sincronicidade pode ser um talvez seja mais importante que o realismo para transmitir presença, embora este.

Essa experiência também abre possibilidades para a criação de filmes de dança em ambientes virtuais, como *machinima*, uma vez que vídeos das performances foram gerados em tempo real, com variações de pontos de vista e enquadramentos. ●

The use of MoCap provides new possibilities for bodily expression in expanded reality environments. From the experience, reflections emerged on synchronicity and asynchronicity in the use of motion capture, which can alter the perception of presence in the virtual environment. In addition, the development of new video-based motion capture tools, such as MOVE.AI and QuickMagick, makes this resource more accessible.

Movement in virtual space, seen through the headset, offers a different experience from other audiovisual vehicles, as nuances and emphases can be perceived during observation, possibly emphasized by three-dimensional perception. Synchronicity is perhaps more important than realism in conveying presence, although the latter is more important.

This experiment also opens up possibilities for creating dance films in virtual environments, such as machinima, since videos of the performances were generated in real time, with variations in viewpoints and framing. ●



IA,
IMAGENS
E DANÇA

AI,
IMAGES
AND DANCE

by Bernardo Alevato



CONTEÚDO INTERATIVO
INTERACTIVE CONTENT

Figura 08 - Imagem estática
gerada como teste.

*Figure 08 - Static image
generated as a test.*

INTRODUÇÃO. INTRODUCTION

- Este artigo examina uma série de experimentos que utilizaram a criação de vídeos curtos e imagens em movimento com aparência orgânica e manual, adotando Inteligência Artificial (IA) com modelos generativos para estudar processos de transferência de estilos com imagens de difusão. Durante esses experimentos, abordamos conceitos como as possibilidades criativas de geração de imagem por IA, a interface entre texto e imagem, questões de autoria, treinamento de modelos com imagens autorais e de uso em domínio público, além do emprego de plataformas de código aberto. Embora o campo esteja em rápida evolução, algumas das reflexões apresentadas podem ter caráter atemporal.

A incorporação de imagens de dança como matriz da imagem confere maior expressividade e um caráter poético aos experimentos. A complexidade do movimento humano reforça a dimensão orgânica dos trabalhos, com as contribuições das artistas Taianne Lobo e Helena Bevilaqua. Este enfoque destaca as possibilidades de exploração do movimento como forma de expressão visual. São experimentos que resultam em videodança, onde é possível pensar em diálogos entre o movimento e esta nova tecnologia e a expressão visual das imagens. A utilização de um enquadramento único foi um recurso para observar e evidenciar esta relação.

Inicialmente, o objetivo era criar animações baseadas em vídeos, buscando um resultado gestual e observando um nicho onde as ferramentas de tratamento em computação gráfica não tinham sucesso. Filtros raramente produzem resultados orgânicos suficientes. Por esse motivo, processos como rotoscopia, pinturas sequenciadas e desenhos digitais foram utilizados nas últimas décadas, demandando considerável esforço humano. Exemplos como o All Over de Paula Toller e Donavon Frankenreiter (1), realizado pela Comparsas Comunicação, assim como a abertura da novela O Pai Ó (2) feita pelo Grupo Sal, ambos com pinturas de André Côrtes e Marcelo Gemmal, destacam essas abordagens como referência. O primeiro experimento, denominado MOVE, funcionou como um teste, ainda em um ambiente de teste de código e a partir da pergunta: como seria criar uma peça audiovisual utilizando um modelo de IA e imagens como guia. No segundo experimento, CORES, abordamos o emprego de imagens tridimensionais e render através de IA. Utilizamos captura de movimento, animação 3D e tratamento da imagem para um pré-processamento da imagem. Apontamos ainda algumas características particulares da colaboração entre animação 3D e imagem por difusão.

- *This article examines a series of experiments that used the creation of short videos and moving images with an organic and manual appearance, adopting Artificial Intelligence (AI) with generative models to study style transfer processes with broadcast images. During these experiments, we addressed concepts such as the creative possibilities of image generation by AI, the interface between text and image, issues of authorship, training models with copyright and public domain images, and the use of open source platforms. Although the field is rapidly evolving, some of the reflections presented may be timeless.*

The incorporation of dance images as the image matrix gives the experiments greater expressiveness and a poetic character. The complexity of human movement reinforces the organic dimension of the works, with contributions from artists Tainne Lobo and Helena Bevilaqua. This approach emphasizes the possibilities of exploring movement as a form of visual expression. These are experiments that result in video dance, where it is possible to consider links between movement, this new technology and also the visual expressions of the images. The use of a single frame was a resource for observing and highlighting this relationship.

*Initially, the aim was to create animations based on videos, looking for gestural results and observing a niche where computer graphics processing tools were unsuccessful. Filters rarely produce sufficiently organic results. For this reason, processes such as rotoscoping, sequenced paintings and digital drawings have been used in recent decades, requiring considerable human effort. Examples such as Paula Toller and Donavon Frankenreiter's *All Over*(1), produced by *Comparsas Comunicação*, as well as the opening of the soap opera *O Pai Ó*(2) by *Grupo Sal*, both with paintings by André Côrtes and Marcelo Gemmal, highlight these approaches as a reference. The first experiment, called *MOVE*, worked as a test, still in a code testing environment and based on the question: what would it be like to create an audiovisual piece using an AI model and images as a guide? In the second experiment, *CORES*, we approached the use of three-dimensional images and rendering through AI. We used motion capture, 3D animation and image processing to pre-process the image. We also pointed out some characteristics of the collaboration between 3D animation and diffusion imaging.*

Em GESTOS, o terceiro experimento, a solução proposta buscou personalizar as características visuais das imagens, trazendo um conjunto de imagens autorais para treinar. Desse modo, os resultados poderiam ser fruto de um diálogo generativo entre imagens autorais e vídeo, reduzindo o trabalho intensivo do desenho quadro a quadro, ao mesmo tempo em que preservava a aparência manual característica personalizada. Para isso, envolveu a transferência de estilo, em que um modelo adicional foi treinado para transformar um vídeo de referência de forma generativa. Inconsistências entre os quadros foram deliberadamente exploradas, transformando-se em elementos expressivos e parte integrante da linguagem visual.

Os fluxos de trabalho escolhidos basearam-se na técnica vid-to-vid, ainda utilizando sequências de imagem, e em transferência de estilo. Isto é, temos vídeos como referência do movimento, assim como o prompt de texto, e em seguida apontamos como essas imagens devem ser apresentadas, com uma gama infinita de opções. As imagens foram geradas com base no modelo Stable Diffusion (3) em ferramentas de código aberto ou de uso gratuito, como o Blender (4). A exceção é a utilização do Adobe After Effects para tratamento dos vídeos de entrada e finalização das sequências de vídeo de entrada e de saída. Existe uma tentativa de usar o sistema da maneira mais transparente possível, o que evita o efeito “caixa preta”(5), buscando uma profundidade maior que o input-output. A opção por treinar o modelo fundamentou-se em experiências paralelas de treinamento com desenhos autorais e geração de imagens estáticas, de artistas como Mario Klingemann (6), Refik Anadol (7) e Remi Molettee(8), além deste artigo de Manovich (9), o qual aponta artistas que utilizam aprendizagem de máquina dentro de seus fluxos de trabalho.

O Stable Diffusion(10) é um modelo que gera imagens através de um processo conhecido como difusão de imagens a partir de um espaço latente – uma rede de relações entre formas e significados codificados. Esse espaço é criado a partir do treinamento em grandes quantidades de imagens classificadas e associadas a textos, adicionando ruído. Com base nessa relação texto-imagem, novas imagens são geradas progressivamente por meio de uma distribuição inicial de ruído aleatório. Esse processo pode ser comparado a espalhar areia sobre um papel coberto de cola – a areia se fixa apenas nas áreas adesivas. No contexto do modelo, a “cola” é representada pela probabilidade de acerto, combinada a parâmetros como referências textuais (prompts) e imagens fornecidas como entrada.

Esse método permite resultados consistentes e ajustáveis, criando uma triangulação de pesos entre as imagens de referência, o modelo utilizado e o prompt, isto é, o texto que descreve as imagens a serem geradas. Ainda não se alcançou uma solução definitiva neste estudo, entretanto, os experimentos realizados e os registros obtidos promovem reflexões sobre os processos de geração de imagem por difusão, abrindo caminhos para futuras explorações e melhorias.

*In GESTOS, the third experiment, the proposed solution sought to customize the visual characteristics of the images by bringing in a set of *Isto seria* authorial pictures to train on. In this way, the results could be the result of a generative dialogue between images and video, reducing the intensive work of frame-by-frame drawing, while preserving the manual appearance of the custom feature. This involved style transfer, in which an additional model was trained to generatively transform a reference video. Inconsistencies between frames were deliberately exploited, becoming expressive elements and an integral part of the visual language.*

The workflows chosen were based on the vid-to-vid technique, still using image sequences, and on style transfer. In other words, we have videos as a reference for movement, as well as the text prompt, and then we indicate how these images should be presented, with an infinite range of options. The images were generated using the Stable Diffusion model (3) in open source or free tools such as Blender (4). The exception is the use of Adobe After Effects to process the input videos and post producing output video sequences. There is an attempt to use the system in the most transparent way possible, which avoids the "black box" effect(5), seeking a greater depth than the input-output. The choice to train the model was based on parallel training experiences with authorial drawings and still image generation by artists such as Mario Klingemann (6), Refik Anadol (7) and Remi Molettee(8), as well as this article by Manovich(9) [9], which points out artists who use machine learning in their workflows.

Stable Diffusion(10) is a model that generates images through a process known as image diffusion from a latent space - a network of relationships between shapes and coded meanings. This space is created by training on large quantities of labeled images associated with texts, adding noise. Based on this text-image relationship, new images are generated progressively through an initial distribution of random noise. This process can be compared to spreading sand on a piece of paper covered in glue - the sand only sticks to the adhesive areas. In the context of the model, the "glue" is represented by the probability of getting it right, combined with parameters such as tension, textual references (prompts) and images provided as input.

This method allows for consistent and adjustable results, creating a triangulation of weights between the reference images, the model used and the prompt, i.e. text describing the images to be generated. A definitive solution has not yet been reached in this study, however, the experiments carried out and the records obtained promote reflection on the processes of image generation by diffusion, opening a new path for future exploration and improvement.

EXPERIMENTOS.EXPERIMENTS



01. MOVE

Nesse experimento, foi criada uma micrometragem de dança (Fig. 01) utilizando IA para gerar quadros com base em um vídeo-guia. O trabalho contou com uma coreografia executada e criada por Tainne Lobo (Fig. 02), que inspirou a utilização do trabalho de Wassily Kandinsky (11). A partir dessa interpretação, entre forma do movimento, com referências abertas como Balé Triádico da Bauhaus (12), de Oskar Schlemmer foi elaborado o prompt. Foram realizados vários testes em imagens estáticas para formular o prompt, combinando descrições como “beautiful color geometric figures” e “watercolor by Kandinsky”, onde se buscam as formas e técnicas desejadas para o preenchimento semi aleatório da forma de vídeo.

Aqui, a inconsistência no movimento, com imagens geradas a cada quadro em contraste com o movimento em câmera lenta, criou um efeito visual diferente, mas interessante de rotoscopias procedurais, em que se pinta e desenha cada quadro. Faz-se necessário notar que a combinação de câmera lenta e taxa de quadros alta é extremamente difícil de ser realizada manualmente

In this experiment, a dance micro movie (Fig. 01) was created using AI to generate frames based on a video guide. The work included a choreography performed and created by Tainne Lobo (Fig. 02), which inspired the use of Wassily Kandinsky's work (11). The prompt was based on this interpretation, between form and movement, with open references such as Oskar Schlemmer's Triadic Ballet of the Bauhaus (12). Various tests were carried out on still images to formulate the prompt, combining descriptions such as “beautiful colour geometric figures” and “watercolor by Kandinsky”, where the desired forms and techniques are sought for the semi-random filling of the video form.

Here, the inconsistency in movement, with images generated every frame in contrast to the slow-motion movement, has created a different but interesting visual effect from procedural rotoscoping, in which each frame is painted and drawn. Certainly, the combination of slow motion and high frame rate is extremely difficult to execute manually.

Figura 01 Alguns quadros da sequência de imagens gerada para a animação “MOVE”.

Figure 01 Some frames from the sequence of images generated for the “MOVE” animation.



**Figura 02 - A bailarina
Taianne Lobo em quadro do
filme utilizado (A) e durante
a performance e a imagem
processada (B).**

*Figure 02 - Dancer Taianne Lobo in
the frame of the film used (A) and
during the performance and the
processed image (B).*

O experimento se aproxima de um sampling. O resultado é novo perante as duas fontes de imagem, não sendo uma colagem, na qual, dessa forma, verifica-se o efeito da construção da imagem, misturando as entradas de dados através do modelo de difusão. Cabe ressaltar a legalidade da escolha da fonte, uma vez que a obra de Kandinsky está em domínio público.

O Deform Stable Diffusion (13), uma ferramenta baseada em Stable Diffusion 1.5, voltada para a criação de animações, foi utilizado para gerar as imagens. A implementação foi realizada no Google Colab Research, uma plataforma colaborativa que permite a execução de códigos e modelos de IA. A execução do processo envolveu configurações precisas de prompts textuais e ajustes nos parâmetros de geração, como seed fixo para consistência dos quadros. A sincronização e a edição das imagens foram feitas no Adobe After Effects, no qual texturas e outros elementos foram adicionados.

A micrometragem foi exibida em festivais como FILE (14), InShadow (15), London International Screendance Festival (16) e Zinetika Festival (17), onde foi um dos premiados.

The experiment is akin to sampling. The result is new in relation to the two image sources and is not a collage, thus verifying the effect of image construction by mixing the data inputs through the diffusion model. It is worth emphasizing the legality of the choice of source, since Kandinsky's work is in the public domain.

Deform Stable Diffusion (13), a tool based on Stable Diffusion 1.5 for creating animations, was used to generate the images. The implementation was carried out on Google Colab Research, a collaborative platform that allows AI codes and models to be run. Executing the process involved precise configurations of textual prompts and adjustments to the generation parameters, such as a fixed seed for frame consistency. The images were synchronized and edited in Adobe After Effects, where textures and other elements were added.

The micro movie was shown at festivals such as FILE (14), InShadow (15), London International Screendance Festival (16) and Zinetika Festival (17), where it was one of the winners.

02. CORES

O segundo experimento, “Cores”, utilizou os movimentos capturados da performance de Helena Bevilaqua, que foi registrada no Laboratório Visgraf do IMPA (pode ser visto no texto “Ocean Dance”). O material foi editado no Blender para criar animações tridimensionais, posteriormente estilizadas com IA no Stable Diffusion XL através do Fable (18), um programa de motion design. O processo envolveu a utilização de recursos como ecotemporal na animação tridimensional para criar um efeito de rastro, que foi interpretado pela IA como textura pictórica (Fig. 03). Cabe citar a referência desse ecotemporal, recurso utilizado por Norman McLaren no filme *Pas de Deux* (19). No caso deste experimento buscamos reproduzir um rastro para ser explorado em abstração. O prompt “Colorful Suminagashi Marbling” em alguns momentos produziu texturas semelhantes às de pintura a óleo (Fig. 04), de certo modo, alucinando. Uma alucinação de IA ocorre quando um sistema cria informações incorretas ou inventa detalhes, porque seu treinamento foi incompatível à solicitação do usuário. Nesse caso parece que faltavam dados de marmorização com fundo liso. Embora nem sempre o resultado correspondesse exatamente à descrição, a coesão estética foi mantida. Na sequência, também foi aplicado o modelo *animatediff* (20) para criar consistência entre os quadros (Fig. 05).



*The second experiment, “CORES”, used the movements captured from Helena Bevilaqua’s performance, which was recorded at IMPA’s Visgraf Laboratory (you can see it in the text “Ocean Dance”). The material was edited in Blender to create three-dimensional animations, which were then stylized with AI in Stable Diffusion XL using Fable (18), a motion design software. The process involved using resources such as echo in the three-dimensional animation to create a trail effect, which was interpreted by the AI as a pictorial texture (Fig. 03). It is worth mentioning the reference of this echo, a resource used by Norman McLaren in the film *Pas de Deux* (19). In the case of this experiment, we sought to reproduce a trail to be explored in abstraction. The “Colourful Suminagashi Marbling” prompt sometimes produced textures like oil paintings (Fig. 04), in a hallucinating way. An AI hallucination occurs when a system creates incorrect information or makes up details because its training was inconsistent with the user’s request. Although the result didn’t always correspond exactly to the description, the aesthetic cohesion was maintained, enriching the project. This “mistake” was probably the result of the plain background, something unlikely in marbling technique. Next, the *animatediff* model (20) was also applied to create consistency between the frames (Fig. 05).*

Figura 03 - Imagens da captura de movimento, da esquerda para a direita, em cima, movimento com tratamento no Blender, tratamento 2D no Fable e interpretação do Stable Diffusion ao prompt.

Figure 03 - Motion capture images, from left to right, top, motion with Blender treatment, 2D treatment in Fable and Stable Diffusion interpretation at the prompt.

Além disso, a manipulação de volumes tridimensionais facilita a capacidade de o modelo IA compreender formas, possibilitando novas interpretações estilísticas. A sinergia entre mocap, modelagem 3D e ferramentas generativas é possivelmente um modo de condução da forma da imagem generativa.

In addition, the manipulation of three-dimensional volumes facilitates the AI model's ability to understand shapes, making new stylistic interpretations possible. The synergy between mocap, 3D modelling and generative tools is possibly a way of driving the form of the generative image.

Figura 04 - Imagens geradas para a animação a partir da performance de Helena Bevilaqua.

Figure 04 - Images generated for the animation based on Helena Bevilaqua's performance.

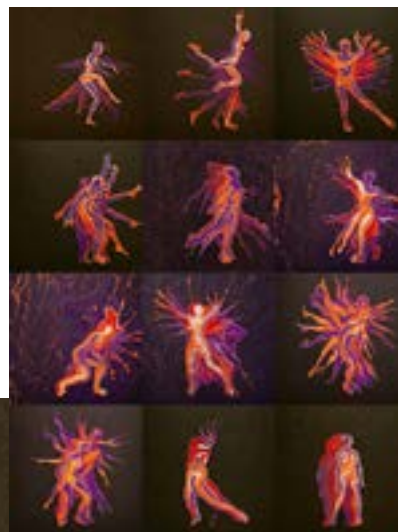


Figura 05 - Imagem ampliada em que se nota um determinado volume, efeito improvável em uma marmorização, porém coerente esteticamente.

Figure 05 - Enlarged image showing a certain volume, an unlikely effect in marbling, but aesthetically coherent.

03. GESTOS

Este experimento trata de um processo semelhante aos anteriores, com a principal diferença de que foi treinado um modelo específico autoral para produzir as imagens. Dessa forma, foi reunido um conjunto de cerca de 70 imagens (Fig. 06) com a intenção de criar um estilo para a geração de tais imagens. A performance de Tainne Lobo foi utilizada como referência de imagem em movimento.

Assim como os anteriores, combinou performances de dança filmadas com imagens geradas pelo Stable Diffusion, porém nesse experimento foi empregada a versão XL (SDXL), e com a interface Comfy UI (21). Este último é uma interface modular destinada a modelos de difusão, que apresenta o fluxo de construção das imagens e possibilita experimentar diferentes configurações.

This experiment is a similar process to the previous ones, with the main difference being that a specific authorial model was trained to produce the images. In this way, a set of around 70 images (Fig. 06) was assembled with the intention of creating a style for generating these images. Tainne Lobo's performance was used as a moving image reference.

Like the previous ones, it combined filmed dance performances with images generated by Stable Diffusion, but in this experiment the XL version (SDXL) was used, and with the Comfy UI interface (21). The latter is a modular interface designed for diffusion models, which shows the flow of image construction and allows you to experiment with different configurations.

Figura 06 - Algumas imagens dentre as 70 imagens autorais utilizadas para treinamento adicional.



Figure 06 - Some of the 70 copyright images used for further training.



Figure 07 - Training tests on images generated without an image prompt. It can be seen that the original drawings do not have the same proportions and look more like the training originals.

Figura 07 - Testes de treinamento em imagens geradas sem imagem prompt. Observa-se que os desenhos originais não possuem as mesmas proporções e se parecem mais com os originais do treinamento.

Nesse ambiente, o modelo SDXL foi ajustado via LoRA (22) (Low-Rank Adaptation). Essa técnica permite ajuste fino de modelos generativos para treinamento adicional.

Foram gerados testes estáticos para testar o treinamento, observar como o estilo se aplicava. Inicialmente apenas com prompt (Fig. 07) e em seguida guiada por um quadro extraído do material filmado (Fig. 08)

Para uma leitura mais precisa da imagem filmada, foram utilizados recursos de ControlNet e modelos integrados para estrutura do corpo e profundidade da imagem. Nesse contexto, o Midas Depth Map(23) foi empregado para capturar a profundidade, enquanto o DWpose(24) assegurou que as proporções corporais permanecessem fieis à filmagem original.

Esses elementos permitiram que o estilo visual, mesmo com um acabamento aguado, mantivesse consistência nas proporções do corpo, enquanto a paleta de cores era derivada do modelo previamente treinado, garantindo coesão estética. Foram testados modelos de consistência, usados para evitar o batimento entre os frames, em sequências de vídeo, mas a aparência se tornava mais artificial, pois o batimento é algo natural nessa técnica e contém uma nuance de imprecisão.

O processo incluiu etapas de recorte das filmagens por roscopia no Adobe After Effects e a geração de imagens com prompts ajustados. A escolha das imagens de entrada, com fundo cinza, influenciou diretamente o resultado final. Pequenos testes com sequências curtas de quadros permitiram otimizar o fluxo antes da geração completa.

Figura 10 - Algumas imagens geradas para o filme

Figure 10 - Some images generated for the film

In this environment, the SDXL model was adjusted via LoRA (22) (Low-Rank Adaptation). This technique allows generative models to be fine-tuned for further training.

Static tests were generated to test the training and see how the style applied. Initially only with a prompt (Fig. 07) and then guided by a frame taken from the filmed material (Fig. 08).

For a more accurate reading of the filmed image, ControlNet resources and integrated models for body structure and image depth were used. In this context, Midas Depth Map(23) was used to capture the depth, while DWpose(24) ensured that the body proportions remained faithful to the original footage. These elements allowed the visual style, even with a

watery finish, to maintain consistency in the body proportions, while the colour palette was derived from the previously trained model, ensuring aesthetic cohesion. Consistency models, used to avoid the beat between frames, were tested in video sequences, but the appearance became more artificial, as the beat is something natural in this technique and contains a nuance of imprecision.

The process included stages of cropping the footage using rotoscoping in Adobe After Effects and generating images with adjusted prompts. The choice of input images, with grey backgrounds, directly influenced the result. Small tests with short sequences of frames made it possible to optimize the flow before complete generation.

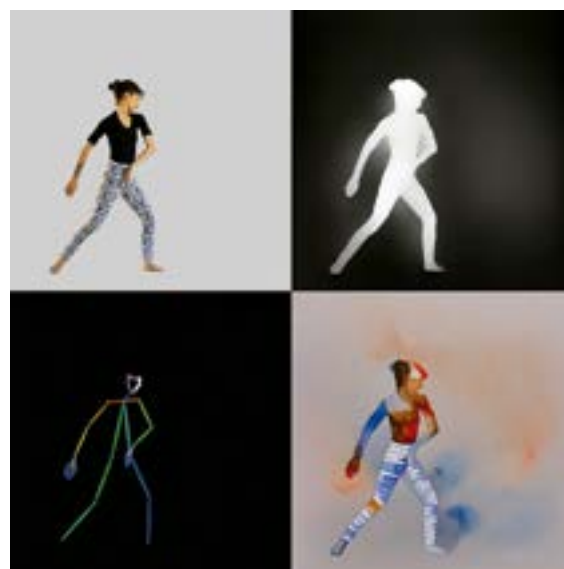


Figura 09 - Imagem prompt seguida das imagens de controle, em profundidade (no alto à direita) e a estrutura do corpo, embaixo à esquerda, e a imagem gerada no último quadro.

Figure 09 - Prompt image followed by the control images, in depth (top right) and the body structure, bottom left, and the image generated in the last frame.

CONSIDERAÇÕES. CONSIDERATIONS

Os experimentos parecem demonstrar que técnicas generativas utilizando IA e técnicas procedurais de criação de imagem podem ser complementares. A transferência de estilo, combinada com treinamento, através de ferramentas como Comfy UI permite que, muito além de adotar estilos existentes, estes sejam personalizados, empregando os modelos de IA como ferramenta para diminuição do esforço. Isso só é possível através do uso de certos métodos para manter a gestualidade e originalidade.

Treinamentos direcionados e personalizados podem atender melhor às necessidades específicas de cada projeto ou mesmo ter domínio das características das imagens a serem geradas. Ainda existem tópicos a serem aprofundados, como treinamento, controle, sistematização dos processos e até mesmo da criação direcionada de imagens específicas para o tratamento, formulando o resultado. Existe um sentido de balanço de pesos entre o modelo original, o treinamento adicional e as imagens-guia que podem ser compreendidas para resultados mais precisos.

Os modelos de imagem frequentemente têm dificuldade em compreender arte e cultura locais de forma tão eficaz quanto estilos amplamente conhecidos, como o de Kandinsky, porque têm seu treinamento enviesado, em geral, retirado da internet, o que reflete múltiplos vieses da sociedade. Considerando que esses modelos geram imagens com base em referências prévias, pode ser interessante desenvolver treinamentos específicos utilizando conjunto de dados em domínio público que contemplem conteúdo cultural pertinente, valorizando e promovendo maior representatividade de cultura e arte não dominante. A partir dessas experiências, em especial da última descrita, é possível pensar em designers, artistas e ilustradores criando

modelos para gerar imagens e vídeos. Trabalhos de geração a partir de acervos e conjunto de obras, como a experiência realizada com a obra de Kandinsky, podem ser realizados com treinamento adicional.

A combinação de animação e modelos tridimensionais com IA pode facilitar o controle da geração de IA e, por outro lado, potencializar o render com elementos fotográficos ou figurativos. Algumas ferramentas de análise de imagem através de IA, como mapa de profundidade ou análise do corpo humano, têm evoluído e possuem propriedades que podem ser úteis em um render direto a partir do Blender.

A geração de imagens por difusão representa uma nova forma de criação digital, distinta de desenhos, filmes ou fotografias. Ferramentas e processos empregados exercem influência no resultado final, evidenciando como as escolhas tecnológicas moldam o produto criativo. Por esse modo, existe um novo campo de estudos das características dessas imagens. Certamente as ferramentas irão evoluir e se transformar, mas a estrutura de treinamento e geração de imagens deve se manter. Dentro desse contexto é interessante pensar na intencionalidade e olhar crítico como ferramentas que podem orientar desde o prompt de texto, até treinamento ou desenvolvimento específico.

A percepção de movimento através do sequenciamento de imagens precedeu os modelos de vídeo, assim como o desenvolvimento do cinema analógico é posterior à criação da sensação de movimento através de desenhos e fotos sequenciadas. A exploração híbrida entre IA, fotos, vídeos, animação 3D e práticas manuais abre novos caminhos para expressões visuais, incentivando a reflexão sobre o papel do design no futuro da imagem digital. ●

The experiments seem to show that generative techniques using AI and procedural image creation techniques can be complementary. Style transfer, combined with training, through tools such as Comfy UI, allows existing styles to be personalized far beyond adopting them, using AI models as a tool to reduce effort. This is only possible by using certain methods to maintain gestures and originality.

Targeted and personalized training can better meet the specific needs of each project or even master the characteristics of the images to be generated. There are still topics to be explored in greater depth, such as training, control, systematization of processes and even the targeted creation of specific images for treatment, formulating the result. A balance is maintained between the original model, the additional training, and the guide images, which facilitates a more accurate understanding and results.

Image models often struggle to understand local art and culture as effectively as widely known styles, such as Kandinsky's, because they are biased in their training, usually taken from the internet, which reflects multiple societal biases. Considering that these models generate images based on previous references, it may be interesting to develop specific training using public domain datasets that include pertinent cultural content, valuing and promoting greater representation of non-dominant culture and art. Based on these experiences, especially the last one described, it is possible to think of designers, artists and illustrators creating models to generate images and videos. Generation work based on collections and sets of works, such as the experiment carried out with Kandinsky's work, can be carried out with additional training.

Combining animation and three-dimensional models with AI can make it easier to control AI generation and, on the other hand, enhance rendering with photographic or figurative elements. Some AI image analysis tools, such as depth mapping or human body analysis, have evolved and have properties that can be useful in a direct render from Blender.

The generation of images by diffusion represents a new form of digital creation, distinct from drawings, films or photographs. The tools and processes used have an influence on the result, showing how technological choices shape the creative product. As a result, there is a new field for studying the characteristics of these images. The tools will certainly evolve and change, but the structure of training and image generation must remain the same. Within this context, it's interesting to think of intentionality and a critical eye as tools that can guide everything from the text prompt to specific training or development.

The perception of movement through the sequencing of images preceded video models, just as the development of analogue cinema followed the creation of the sensation of movement through drawings and sequenced photos. The hybrid exploration between AI, photos, videos, 3D animation and manual practices opens new avenues for visual expression, encouraging reflection on the role of design in the future of the digital image. ●

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

This work was carried out with the support of the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel - Brazil (CAPES) - Funding Code 001.



MANIFESTO PARA A ERA DIGITAL

EXPLORANDO
PRESENÇA ATIVA,
ARTE E O METAVERSO

MANIFESTO FOR THE DIGITAL AGE

ACTIVE PRESENCE,
ART, AND THE
METAVERSE

by Matteo Moriconi



CONTEÚDO INTERATIVO
INTERACTIVE CONTENT

Ecos da Caverna de Platão: Um robô estende a mão em direção às sombras em uma caverna luminosa, traçando um paralelo com a alegoria de Platão e explorando a interseção entre a alegoria antiga e a tecnologia moderna na nossa busca por compreender nossas realidades.

Echoes of Plato's Cave: A robot reaches toward the shadows in a luminous cave, drawing a parallel with Plato's allegory and exploring the intersection of ancient allegory and modern technology in our quest for understanding our realities.

ARTES.ARTS 

PREÂMBULO.PREAMBLE

Revisiting Plato's Cave in the Digital Age

In Plato's allegory of the cave (4th century BCE), shadows cast on a wall are perceived as reality by prisoners who have never seen the world outside. Today, this allegory holds renewed significance in our digital age, as we navigate immersive realms of the metaverse and virtual spaces. Here, shadows on the wall take the form of pixels and digital avatars, challenging our notions of reality and self-perception

This manifesto proposes that, if used thoughtfully, the metaverse and related digital tools can become transformative spaces for authentic self-expression, ethical creativity, and social engagement. As Michelangelo (1475–1564) and da Vinci (1452–1519) used Renaissance art to explore the human experience, so can the metaverse expand our creative horizons, becoming a conduit for deeper connections. This digital presence should be active, aware, and rooted in the values of inclusivity, transparency, and artistic integrity.

Revisitando a Caverna de Platão na Era Digital

Na alegoria da caverna de Platão (século IV a.C.), sombras projetadas em uma parede são percebidas como realidade por prisioneiros que nunca viram o mundo exterior. Hoje, esta alegoria tem um significado renovado em nossa era digital, à medida que navegamos por reinos imersivos do metaverso e espaços virtuais. Aqui, as sombras na parede assumem a forma de pixels e avatares digitais, desafiando nossas noções de realidade e auto-percepção .

Este manifesto propõe que, se usados de maneira ponderada, o metaverso e as ferramentas digitais relacionadas podem se tornar espaços transformadores para autêntica autoexpressão, criatividade ética e engajamento social. Assim como Michelangelo (1475-1564) e Da Vinci (1452-1519) usaram a arte renascentista para explorar a experiência humana, o metaverso também pode expandir nossos horizontes criativos, tornando-se um canal para conexões mais profundas. Esta presença digital deve ser ativa, consciente e enraizada nos valores de inclusividade, transparência e integridade artística.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Sistine_Chapel_Ceiling#/media/File:Sistine_Chapel_Ceiling_02_\(brightened\).jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Sistine_Chapel_Ceiling#/media/File:Sistine_Chapel_Ceiling_02_(brightened).jpg)



The Sistine Chapel Ceiling by Michelangelo: A masterpiece of the High Renaissance, this frescoed ceiling, painted from 1508 to 1512, features the iconic scene of the Creation of Adam. Michelangelo's work blends divine narrative with human emotion, showcasing his skill in anatomy and composition in this sacred space of the Vatican.

O Teto da Capela Sistina por Michelangelo: Uma obra-prima do Alto Renascimento, este teto afrescado, pintado de 1508 a 1512, apresenta a icônica cena da Criação de Adão. O trabalho de Michelangelo mescla a narrativa divina com a emoção humana, destacando sua habilidade em anatomia e composição neste espaço sagrado do Vaticano.

[https://en.wikipedia.org/wiki/The_Last_Supper_\(Leonardo\)#/media/File:Leonardo_da_Vinci_\(1452-1519\)_-_The_Last_Supper_\(1495-1498\).jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/The_Last_Supper_(Leonardo)#/media/File:Leonardo_da_Vinci_(1452-1519)_-_The_Last_Supper_(1495-1498).jpg)



A Última Ceia de Leonardo da Vinci: Uma Demonstração de Perspectiva com um Ponto de Fuga. Esta imagem mostra como Leonardo da Vinci usou a perspectiva para direcionar o olhar do observador para Cristo, o ponto focal da pintura. Cada linha da arquitetura converge sobre o olho direito de Jesus, exemplificando a inovação e a integração de arte e ciência durante o Renascimento.

Leonardo da Vinci's The Last Supper: A Demonstration of Perspective with a Vanishing Point. This image illustrates how Leonardo da Vinci used perspective to direct the viewer's gaze towards Christ, the focal point of the painting. Every line of the architecture converges above Jesus' right eye, exemplifying the innovation and integration of art and science during the Renaissance.

01.

Presença Ativa nos Espaços Digitais

Presença ativa implica um engajamento intencional com ambientes digitais, onde a tecnologia serve como um meio para expressão humana, em vez de um substituto para a interação genuína. Mestres renascentistas como Michelangelo e Leonardo da Vinci empregaram técnicas artísticas para capturar a profundidade da emoção humana e a complexidade do mundo natural. O Homem Vitruviano de Da Vinci (c. 1490) e o David de Michelangelo (1501-1504) epitomizam essa busca em capturar a essência da presença e forma humana.

No domínio digital, presença ativa significa que os usuários não são meramente receptores passivos, mas participantes ativos na criação de suas experiências digitais. A transparência nas plataformas digitais é essencial, à medida que algoritmos de IA moldam cada vez mais as interações. Assim como os artistas renascentistas aspiravam expressar ideais humanos, devemos nos esforçar por ambientes digitais que reflitam nossos valores fundamentais, priorizando a agência humana, integridade e confiança.

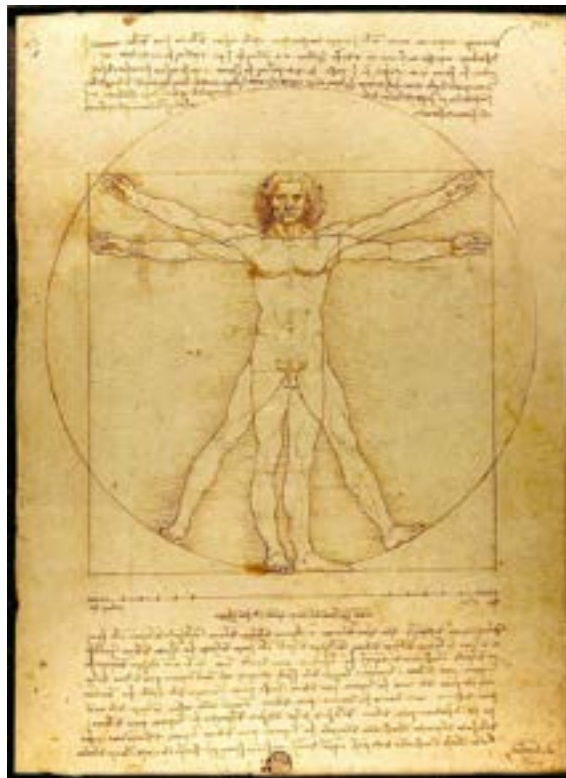
Homem Vitruviano, de Leonardo da Vinci (1490), é um estudo das proporções ideais do corpo humano, inspirado nos escritos do arquiteto romano Vitruvius, autor do tratado *De Architectura*.

Vitruvian Man, by Leonardo da Vinci (1490), is a study of the ideal proportions of the human body, inspired by the writings of the Roman architect Vitruvius, author of the treatise *De Architectura*.

Active Presence in wwwDigital Spaces

Active presence implies intentional engagement with digital environments, where technology serves as a medium for human expression rather than a substitute for genuine interaction. Renaissance masters like Michelangelo and Leonardo da Vinci employed artistic techniques to capture the depth of human emotion and the complexity of the natural world. Da Vinci's Vitruvian Man (c. 1490) and Michelangelo's David (1501–1504) epitomize this pursuit of capturing the essence of human presence and form.

In the digital realm, active presence means that users are not merely passive recipients but active participants in crafting their digital experiences. Transparency in digital platforms is essential, as AI algorithms increasingly shape interactions. Just as Renaissance artists aspired to express human ideals, we must strive for digital environments that reflect our core values, prioritizing human agency, integrity, and trust.



[HTTPS://PT.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/HOMEM_VITRUVIANO_\(DESENHO_DE_LEONARDO_DA_VINCI\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/HOMEM_VITRUVIANO_(DESENHO_DE_LEONARDO_DA_VINCI))

Reviver o Coliseu no Reino Digital: Este modelo 3D imersivo do Coliseu busca criar uma experiência coletiva e compartilhada para usuários ao redor do mundo. Através do jogo de luz, sombra e detalhes intrincados, convida os participantes a se reconectarem com a história antiga em um espaço online descentralizado, unindo o passado com o presente em um fórum digital para encontros globais.

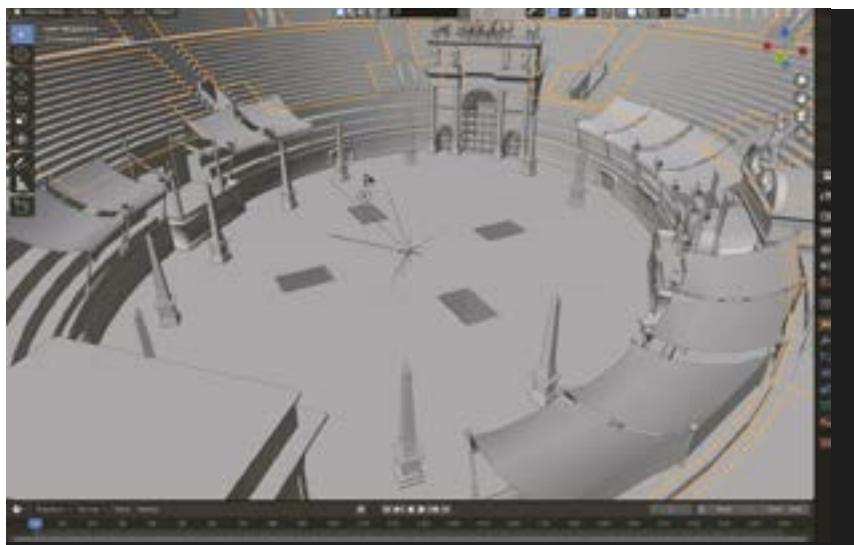


Reviving the Colosseum in the Digital Realm: This immersive 3D model of the Colosseum aims to create a shared, collective experience for users around the world. Through the interplay of light, shadow, and intricate details, it invites participants to reconnect with ancient history in a decentralized online space, bridging the past with the present in a digital forum for global gatherings.

[HTTPS://COLOSSEUM.SOCIAL](https://colosseum.social)

[HTTPS://COLOSSEUM.SOCIAL](https://colosseum.social)

Blueprint for a Decentralized Digital Arena: This 3D architectural blueprint reveals the foundation of a collective digital experience of the Colosseum, built for the Metaverse. It showcases the technical precision that underpins this online gathering space, where each element is crafted to enable users worldwide to experience and contribute to the rich legacy of Rome, fostering a decentralized community.



Esboço para uma Arena Digital Descentralizada: Este esboço arquitetônico 3D revela a base de uma experiência digital coletiva do Coliseu, criada para o Metaverso. Ele destaca a precisão técnica que sustenta este espaço de encontro online, onde cada elemento é elaborado para permitir que usuários de todo o mundo vivenciem e contribuam com o rico legado de Roma, promovendo uma comunidade descentralizada.

02.

Arte e Imaginação: De Desenhando Mãos à Criatividade Virtual

Ao longo da história, artistas exploraram os limites da percepção e realidade. Desenhando Mãos de M.C. Escher (1948), onde duas mãos se desenhavam mutuamente em existência, captura este conceito de criatividade recursiva — um ciclo de criação e reflexão. No metaverso, artistas trabalham com algoritmos em um interjogo similar, gerando arte que é simultaneamente humana e criada por máquinas, expandindo o conceito de colaboração criativa.

A Renascença revolucionou a arte através de inovações como a perspectiva linear e o chiaroscuro. Artistas como Caravaggio (1571–1610) avançaram essas técnicas ainda mais, introduzindo contrastes dramáticos de luz e sombra, como visto em obras como A Vocação de São Mateus (1599–1600). A arte digital de hoje constrói sobre esses princípios, usando renderização em tempo real e técnicas gerativas para criar experiências imersivas que evoluem a cada interação. Esse interjogo entre artista e algoritmo espelha o processo colaborativo de criação, oferecendo um novo reino para a expressão artística dinâmica.

Art and Imagination: From Drawing Hands to Virtual Creativity

Throughout history, artists have explored the boundaries of perception and reality. M.C. Escher's Drawing Hands (1948), where two hands draw each other into existence, captures this concept of recursive creativity—a cycle of creation and reflection. In the metaverse, artists work with algorithms in a similar interplay, generating art that is both human and machine-made, expanding the concept of creative collaboration.

The Renaissance revolutionized art through innovations like linear perspective and chiaroscuro. Artists like Caravaggio (1571–1610) pushed these techniques further, introducing dramatic contrasts of light and shadow, as seen in works like The Calling of Saint Matthew (1599–1600). Today's digital art builds on these principles, using real-time rendering and generative techniques to create immersive experiences that evolve with each interaction. This interplay between artist and algorithm mirrors the collaborative process of creation, offering a new realm for dynamic artistic expression.

A Vocação de São Mateus por Caravaggio, 1599-1600. Esta pintura dramática retrata o momento em que Jesus chama Mateus para segui-lo, iluminado por uma luz celestial que simboliza a intervenção divina. O contraste marcante entre luz e sombra e o uso magistral do chiaroscuro por Caravaggio criam uma região difusa entre a realidade e a pintura, proporcionando uma experiência imersiva.

The Calling of Saint Matthew by Caravaggio, 1599-1600. This dramatic painting depicts the moment Jesus calls Matthew to follow him, illuminated by a divine light that symbolizes divine intervention. The striking contrast between light and shadow, along with Caravaggio's masterful use of chiaroscuro, creates a blurred region between reality and the painting, offering an immersive experience.



[HTTPS://EN.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/FILE:_CALLING_OF_SAIN](https://en.wikipedia.org/wiki/File:The_Calling_of_Saint_Matthew#/media/File:The_Calling_of_Saint_Matthew-Caravaggio_(1599-1600).jpg)

03.

O Espectador como Co-Criador De Audiência a Participante Ativo

A evolução da arte de uma experiência passiva para uma de participação ativa tem raízes históricas. Na era Barroca, Bernini (1598–1680) projetou esculturas e espaços, como *O Rapto de Proserpina* (1621-1622), que envolvia os espectadores, atraindo-os para as narrativas dramáticas retratadas. Da mesma forma, no metaverso digital, o espectador passa de observador a parte essencial do processo criativo, moldando suas experiências através de escolhas e interações.

O metaverso permite que os usuários se tornem co-criadores, influenciando a direção e a natureza de suas experiências. Esta relação dinâmica entre o espectador e a arte espelha o movimento Fluxus do século 20, onde artistas como Yoko Ono convidavam o público a completar a obra de arte. Nos ambientes digitais, o envolvimento do espectador retroalimenta a própria obra de arte, criando uma entidade viva e evolutiva moldada por cada interação.

Viewer as Co-Creator: From Audience to Active Participant

*Art's evolution from a passive experience to one of active participation has historical roots. In the Baroque era, Bernini (1598–1680) designed sculptures and spaces, such as *The Rape of Proserpina* (1621-1622), which engaged viewers by drawing them into the dramatic narratives depicted. Similarly, in the digital metaverse, the viewer transitions from an observer to an essential part of the creative process, shaping their experiences through choices and interactions.*

The metaverse allows users to become co-creators, influencing the direction and nature of their experiences. This dynamic relationship between the viewer and art mirrors the 20th-century Fluxus movement, where artists like Yoko Ono invited the audience to complete the artwork. In digital environments, the viewer's engagement feeds back into the artwork itself, creating a living, evolving entity shaped by each interaction.

04.

A Convergência das Realidades Virtual e Física

O metaverso representa uma integração do digital com o físico, onde elementos virtuais se mesclam com a realidade tangível para criar novas formas de interação. Arquitetos renascentistas como Borromini (1599–1667) e Bramante (1444–1514) usaram a precisão matemática para criar espaços que guiavam a experiência do espectador. A obra de Borromini, particularmente em San Carlo alle Quattro Fontane (1638–1641), exemplifica essa precisão e brincadeira com o espaço, guiando o movimento e a visão do observador.

Realidade Aumentada (AR) e Realidade Virtual (VR) oferecem experiências ainda mais imersivas, ecoando as visões pioneiras de cineastas como Fritz Lang (1890–1976) em *Metrópolis* (1927), que imaginou cidades mesclando elementos futuristas e realistas. A convergência dos reinos digital e físico nos convida a reconsiderar os espaços que habitamos, pois AR enriquece nossos arredores com camadas de arte, informação e expressão.

The Convergence of Virtual and Physical Realities

The metaverse represents an integration of the digital with the physical, where virtual elements blend with tangible reality to create new forms of interaction. Renaissance architects like Borromini (1599–1667) and Bramante (1444–1514) used mathematical precision to create spaces that guided the viewer's experience. Borromini's work, particularly in San Carlo alle Quattro Fontane (1638–1641), exemplifies this precision and play with space, guiding the observer's movement and vision.

*Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR) offer even more immersive experiences, echoing the pioneering visions of filmmakers like Fritz Lang (1890–1976) in *Metropolis* (1927), who imagined cities blending futuristic and realistic elements. The convergence of digital and physical realms invites us to reconsider the spaces we inhabit, as AR enriches our surroundings with layers of art, information, and expression.*

05.

Considerações Éticas: Identidade, Propriedade e Privacidade no Domínio Digital

O surgimento de identidades digitais, avatares e ativos virtuais introduz questões de propriedade, privacidade e autenticidade. Artistas como René Magritte (1898–1967) desafiaram conceitos de representação com obras como *A Traição das Imagens* (1929), lembrando aos espectadores que uma representação não é o objeto em si. Essa tensão é ecoada nos espaços digitais, onde avatares são tanto extensões quanto abstrações do eu.

A tecnologia Blockchain oferece novas avenidas para propriedade e autenticidade na arte digital, permitindo que os criadores mantenham controle sobre suas obras. No entanto, à medida que os ambientes digitais evoluem, devemos garantir que a privacidade seja mantida e que os direitos dos usuários de definir e proteger suas identidades sejam respeitados. As questões éticas levantadas por Magritte sobre representação ressoam profundamente na paisagem digital de hoje, incentivando-nos a salvaguardar a autenticidade e a autonomia individual.

Ethical Considerations: Identity, Ownership, and Privacy in the Digital Realm

*The rise of digital identities, avatars, and virtual assets introduces questions of ownership, privacy, and authenticity. Artists like René Magritte (1898–1967) challenged concepts of representation with works such as *The Treachery of Images* (1929), reminding viewers that a representation is not the object itself. This tension is echoed in digital spaces, where avatars are both extensions and abstractions of the self.*

Blockchain technology provides new avenues for ownership and authenticity in digital art, allowing creators to retain control over their works. Yet, as digital environments evolve, we must ensure that privacy is maintained, and users' rights to define and protect their identities are upheld. The ethical questions raised by Magritte about representation resonate deeply in today's digital landscape, encouraging us to safeguard authenticity and individual autonomy.



[HTTPS://IT.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/CHIESA_DI_SAN_CARLO_ALLE_QUATTRO_FONTANE#/MEDIA/FILE:SAN_CARLO_ALLE_QUATTRO_FONTANE_\(ROME\).JPG](https://it.wikipedia.org/wiki/Chiesa_di_San_Carlo_alle_Quattro_Fontane#/media/File:San_Carlo_alle_Quattro_Fontane_(Rome).jpg)

Projetada por Francesco Borromini, a intrincada cúpula da Igreja de San Carlo alle Quattro Fontane em Roma usa magistralmente a luz e o gênio arquitetônico para desfocar as fronteiras entre o céu e a terra. Criada para representar o divino através do jogo de luzes, a cúpula convida os espectadores a experimentar um espaço onde a arte arquitetônica e o simbolismo espiritual convergem de maneira subliminar, sugerindo uma integração perfeita dos reinos físico e metafísico.

Designed by Francesco Borromini, the intricate dome of San Carlo alle Quattro Fontane in Rome masterfully uses light and architectural genius to blur the boundaries between heaven and earth. Crafted to represent the divine through the play of light, the dome invites viewers to experience a space where architectural artistry and spiritual symbolism subliminally converge, suggesting a seamless integration of physical and metaphysical realms.

06.

Inclusividade e Acessibilidade: Projetando Espaços Digitais Equitativos

Em espaços físicos, arquitetos como Le Corbusier (1887–1965) enfatizaram a funcionalidade e acessibilidade. Seus designs visavam servir comunidades diversas, incorporando utilidade social na arquitetura. Esse compromisso com a inclusividade deve se estender aos espaços digitais, onde o design deve priorizar a acessibilidade para todos.

Inclusividade digital significa criar ambientes que acomodem várias habilidades, origens culturais e identidades. Avatares, interfaces e espaços virtuais devem ser projetados para permitir a participação de pessoas de todos os antecedentes e habilidades. Ao adotar princípios de design inclusivo, o metaverso se torna um espaço onde a diversidade prospera e a equidade social é promovida, ecoando o compromisso do movimento Bauhaus com design acessível e socialmente consciente.

Inclusivity and Accessibility: Designing Equitable Digital Spaces

In physical spaces, architects like Le Corbusier (1887–1965) emphasized functionality and accessibility. His designs aimed to serve diverse communities, embedding social utility into architecture. This commitment to inclusivity must extend to digital spaces, where design should prioritize accessibility for all.

Digital inclusivity means crafting environments that accommodate various abilities, cultural backgrounds, and identities. Avatars, interfaces, and virtual spaces must be designed to enable participation by people of all backgrounds and abilities. By adopting inclusive design principles, the metaverse becomes a space where diversity thrives and social equity is promoted, echoing the Bauhaus movement's commitment to accessible, socially aware design.

Nesta visão pioneira de um metaverso digital, avatares diversos estão interconectados de forma integrada, simbolizando uma consciência coletiva que une realidades físicas e virtuais. Este reino futurista, onde mentes humanas são conectadas digitalmente, incorpora os ideais do manifesto de unidade e harmonia tecnológica, convidando-nos a imaginar um mundo onde a humanidade transcende as fronteiras tradicionais.

In this visionary depiction of a digital metaverse, diverse avatars are seamlessly interconnected, symbolizing a collective consciousness that bridges physical and virtual realities. This futuristic realm, where human minds are digitally linked, embodies the manifesto's ideals of unity and technological harmony, inviting us to imagine a world where humanity transcends traditional boundaries.



07.

Sustentabilidade na Era Digital: Inspirada pelo Movimento Arts and Crafts

O impacto ambiental da tecnologia digital é significativo, e a infraestrutura do metaverso requer um gerenciamento cuidadoso. O movimento Arts and Crafts, liderado por figuras como William Morris (1834–1896), enfatizou o valor do artesanato, a qualidade dos materiais e uma crítica à industrialização em massa. Embora não fosse explicitamente ambiental, sua rejeição ao desperdício e à padronização industrial pode ser vista como uma inspiração para abordagens mais conscientes.

Hoje, as demandas energéticas de centros de dados, sistemas blockchain e produção digital destacam a necessidade de uma abordagem ambientalmente responsável para mundos virtuais. O design sustentável no metaverso envolve o uso de tecnologias eficientes em termos de energia e infraestrutura ecológica. Ao priorizar a energia verde e reduzir o desperdício digital, o metaverso pode servir como um modelo para o desenvolvimento responsável. Essa abordagem garante que o futuro digital respeite e preserve nossos recursos naturais, inspirando-se na crítica ao consumo excessivo defendida por movimentos como o Arts and Crafts.

Sustainability in the Digital Age: Inspired by the Arts and Crafts Movement

The environmental impact of digital technology is significant, and the metaverse infrastructure requires careful management. The Arts and Crafts movement, led by figures such as William Morris (1834–1896), emphasized the value of craftsmanship, the quality of materials, and a critique of mass industrialization. While not explicitly environmental, its rejection of waste and industrial standardization can serve as inspiration for more conscious approaches.

Today, the energy demands of data centers, blockchain systems, and digital production highlight the need for an environmentally responsible approach to virtual worlds. Sustainable design in the metaverse involves the use of energy-efficient technologies and eco-friendly infrastructure. By prioritizing green energy and reducing digital waste, the metaverse can serve as a model for responsible development. This approach ensures that the digital future respects and preserves our natural resources, drawing inspiration from the critique of overconsumption advocated by movements like Arts and Crafts.



Progetto di William Morris per la carta da parati Trellis (1862).

William Morris's design for the Trellis wallpaper (1862).



Where Tradition Meets Innovation: This image captures a figure reminiscent of historical wisdom set against a backdrop of advanced digital environments. It represents the seamless integration of historical knowledge with cutting-edge technology, highlighting the manifesto's advocacy for a digital space that both preserves and advances human creativity and intellect.

08.

Colaboração Interdisciplinar: Um Renascimento para a Era Digital

O Renascimento foi um período de intensa colaboração interdisciplinar, onde artistas, cientistas e pensadores como Da Vinci fundiram conhecimentos de várias áreas para criar obras revolucionárias. Hoje, o metaverso reúne especialistas de ciência da computação, artes visuais, psicologia e filosofia para criar experiências digitais imersivas. Esse espírito colaborativo permite que o metaverso transcenda suas origens de entretenimento, tornando-se uma plataforma para educação, saúde e exploração artística. Ao abraçar uma abordagem interdisciplinar, o metaverso reflete o ideal renascentista de mesclar arte e ciência para enriquecer a experiência e o entendimento humano.

Onde a Tradição Encontra a Inovação: Esta imagem retrata uma figura que lembra a sabedoria histórica contra um pano de fundo de ambientes digitais avançados. Representa a integração perfeita de conhecimento histórico com tecnologia de ponta, destacando a defesa do manifesto por um espaço digital que preserva e avança a criatividade e o intelecto humano.

Cross-Disciplinary Collaboration: A Renaissance for the Digital Age

The Renaissance was a period of intense cross-disciplinary collaboration, where artists, scientists, and thinkers like da Vinci fused knowledge from various fields to create groundbreaking works. Today, the metaverse brings together experts from computer science, visual arts, psychology, and philosophy to craft immersive digital experiences. This collaborative spirit enables the metaverse to transcend its entertainment origins, becoming a platform for education, healthcare, and artistic exploration. By embracing a cross-disciplinary approach, the metaverse reflects the Renaissance ideal of blending art and science to enrich human experience and understanding.

09.

Rumo a um Futuro Digital Responsável

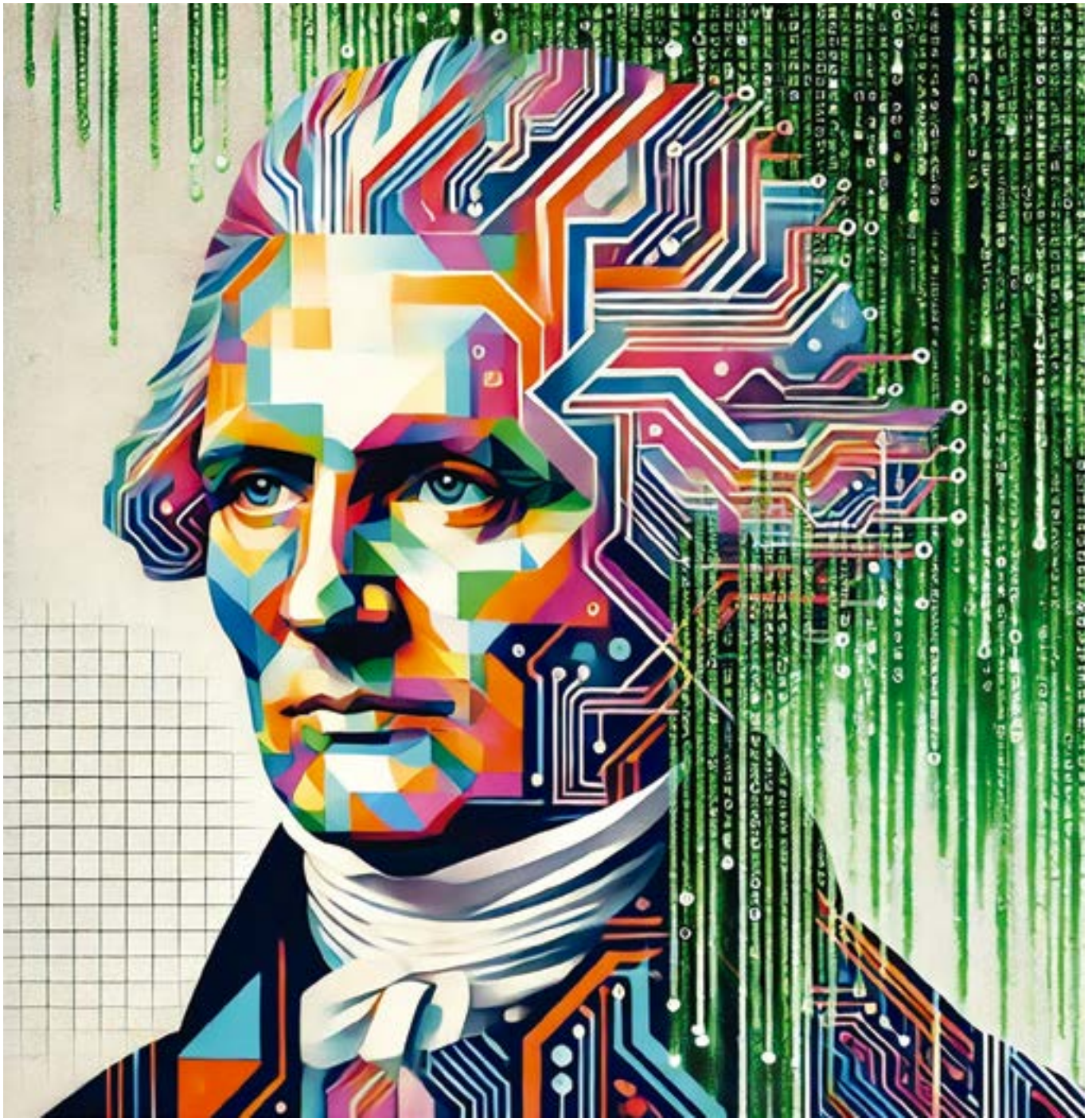
Como arquitetos do metaverso, temos a responsabilidade de moldar um futuro que defenda a transparência, a inclusividade e o engajamento ético. Assim como os pensadores do Iluminismo como Immanuel Kant (1724–1804) defenderam a razão e a autonomia, os arquitetos digitais de hoje devem garantir que o metaverso sirva ao bem público, protegendo os direitos dos usuários e fomentando a confiança.

Um futuro digital responsável respeita a privacidade individual, promove design ético e incentiva a participação inclusiva. Nessa visão, o metaverso não é apenas uma plataforma, mas um espaço compartilhado que aprimora a criatividade, a conexão e o crescimento pessoal, convidando os usuários a explorar novas dimensões enquanto permanecem ancorados nos valores humanos.

Toward a Responsible Digital Future

As architects of the metaverse, we have the responsibility to shape a future that upholds transparency, inclusivity, and ethical engagement. Just as Enlightenment thinkers, such as Immanuel Kant (1724–1804), championed reason, autonomy, and respect for human dignity, today's digital architects must ensure that the metaverse serves the public good, protects users' rights, and fosters trust.

A responsible digital future respects individual privacy, promotes ethical design, and encourages inclusive participation. In this vision, the metaverse is not merely a platform but a shared space that enhances creativity, connection, and personal growth, inviting users to explore new dimensions while remaining grounded in fundamental values such as dignity, empathy, and respect for privacy.



Síntese Filosófica na Era Digital: Este retrato funde Immanuel Kant (1724-1804), uma figura crucial no pensamento do Iluminismo, com os fluxos simbólicos de dados da era da informação do século 21. A fusão da imagem de Kant com circuitos eletrônicos e código de dados exemplifica o diálogo contínuo entre o racionalismo do século XVIII e as complexidades digitais contemporâneas, desafiando-nos a contemplar a ética da tecnologia através das lentes dos princípios kantianos.

Philosophical Synthesis in the Digital Age: This portrait merges Immanuel Kant (1724-1804), a pivotal figure in Enlightenment thought, with the symbolic digital streams of the 21st-century information age. The fusion of Kant's visage with electronic circuitry and data code exemplifies the ongoing dialogue between 18th-century rationalism and contemporary digital complexities, challenging us to contemplate the ethics of technology through the lens of Kantian principles.

CONCLUSÃO . CONCLUSION

Explorando o Metaverso como uma Nova Fronteira da Imaginação Humana

O metaverso representa uma nova fronteira para a exploração artística e social, oferecendo possibilidades de criatividade, interação e conexão que podem ser tão transformadoras quanto a invenção da imprensa por Johannes Gutenberg (c. 1440) ou o surgimento do cinema nos anos 1890. Assim como os prisioneiros na Alegoria da Caverna de Platão (c. 375 a.C.), estamos no limiar de uma nova realidade, onde os espaços digitais têm o poder de tanto restringir quanto expandir nossa percepção de nós mesmos e do mundo ao nosso redor.

Este manifesto imagina um metaverso que reflete as mais altas aspirações da arte e da sociedade — um espaço vibrante, inclusivo e fundamentalmente humano. Ao promover práticas éticas, incentivar a inovação sustentável e garantir acessibilidade para todos, podemos moldar um futuro digital que honra a profundidade da criatividade humana e a riqueza da experiência compartilhada. Como afirmou R. Buckminster Fuller (1895–1983): “Somos chamados a ser arquitetos do futuro, não suas vítimas.”

Vamos, portanto, construir um metaverso que empodere, inspire e una, transformando este espaço digital em uma força poderosa para o crescimento coletivo e a imaginação. Para isso, precisamos abrir nossas mentes a esta nova dimensão e permitir que ela se torne um lugar de significado real e presença autêntica. Assim como as pinturas renascentistas da Città Ideale (século XV) imaginaram cenários urbanos de harmonia e perfeição, devemos nos esforçar para criar um metaverso que incorpore nossos ideais mais elevados — uma Città Ideale digital para uma era conectada. ●

The Metaverse as a New Canvas for Human Imagination

The metaverse represents a new frontier for artistic and social exploration, offering possibilities for creativity, interaction, and connection that could be as transformative as Johannes Gutenberg's invention of the printing press (c. 1440) or the emergence of cinema in the 1890s. Much like the prisoners in Plato's Allegory of the Cave (c. 375 BCE), we stand on the threshold of a new reality, where digital spaces have the power to either constrain or expand our understanding of ourselves and the world around us.



This manifesto envisions a metaverse that reflects the highest aspirations of art and society — a vibrant, inclusive, and fundamentally human space. By promoting ethical practices, fostering sustainable innovation, and ensuring accessibility for all, we can shape a digital future that honors the depth of human creativity and the richness of shared experience. As R. Buckminster Fuller (1895–1983) once said: “We are called to be architects of the future, not its victims.”

Let us, therefore, build a metaverse that empowers, inspires, and unites, transforming this digital space into a powerful force for collective growth and imagination. To achieve this, we must open our minds to this new dimension and allow it to become a place of genuine meaning and authentic presence. Just as the Renaissance paintings of the Città Ideale (15th century) envisioned harmonious and idealized urban spaces, we should strive to create a metaverse that embodies our highest ideals — a digital Città Ideale for a connected age. ●



Reflexos de Utopia: Com o pôr do sol, domos geodésicas espelham os ideais da Città Ideale de Leon Battista Alberti (1404-1472), mesclando arquitetura visionária com o pulsar da era digital. Esta cena captura a essência de nosso manifesto, onde a tecnologia enriquece espaços humanos com expressões coloridas e interativas de comunidade e inovação, incorporando uma interpretação moderna e digital da busca renascentista por ambientes urbanos harmoniosos.

Reflections of Utopia: As the sun sets, geodesic domes mirror the ideals of Leon Battista Alberti's Città Ideale (1404-1472), blending visionary architecture with the pulse of the digital era. This scene captures the essence of our manifesto, where technology enriches human spaces with interactive, colorful expressions of community and innovation, embodying a modern, digital interpretation of the Renaissance pursuit of harmonious urban environments.



ARTE NA ERA DA IA

UM MANIFESTO PARA UMA NOVA ERA DA CRIATIVIDADE

ART IN THE AGE OF AI

A MANIFESTO FOR A NEW ERA OF CREATIVITY

by Matteo Moriconi



CONTEÚDO INTERATIVO
INTERACTIVE CONTENT

As imagens generativas presentes neste capítulo foram criadas utilizando inteligência artificial através do MidJourney. Essas imagens foram desenvolvidas com curadoria e direção de Matteo Moriconi, explorando referências artísticas que vão desde os mestres clássicos, como Michelangelo, Monet e Manet, até as composições geométricas de Sol LeWitt. Além disso, incorporam influências do futurismo e outros movimentos artísticos, resultando em uma síntese visual única entre tradição e inovação digital.

The generative images in this chapter were created using artificial intelligence through MidJourney. These images were curated and directed by Matteo Moriconi, drawing inspiration from classical masters such as Michelangelo, Monet, and Manet, as well as the geometric compositions of Sol LeWitt. Additionally, they incorporate influences from futurism and other artistic movements, resulting in a unique visual synthesis between tradition and digital innovation.

INTRODUÇÃO. INTRODUCTION

Reimaginando a Criatividade nas Sombras Digitais

Baseando-se na Alegoria da Caverna de Platão, onde sombras projetadas em uma parede eram a única realidade conhecida pelos prisioneiros, as tecnologias de IA de hoje apresentam um equivalente moderno dessas sombras, especialmente por meio de modelos de difusão em arte generativa.

Assim como as sombras de Platão, as imagens geradas por IA são projeções—representações moldadas por vastos conjuntos de dados e padrões de luz e textura, sintetizados pela aprendizagem da máquina. Essas “sombras” da IA, criadas por algoritmos, ecoam os mistérios da forma e percepção, dando origem a uma nova linguagem visual no reino da arte digital.

Nesta era, a inteligência artificial não é meramente uma ferramenta passiva; ela colabora ativamente com artistas, tornando-se um parceiro criativo que molda, questiona e expande nosso entendimento da arte. Assim como as sombras na caverna convidavam à reflexão filosófica, a arte gerada por IA nos convida a repensar a criatividade, presença e autoria em um mundo onde o digital se mescla ao real. Ao explorar esse novo terreno, entramos em uma transformação profunda de como a arte é criada, percebida e experienciada.

Reimagining Creativity in Digital Shadows

Building upon Plato's Allegory of the Cave, where shadows projected on a wall were the only reality known to the prisoners, today's AI technologies present a modern counterpart to these shadows, particularly through diffusion models in generative art.

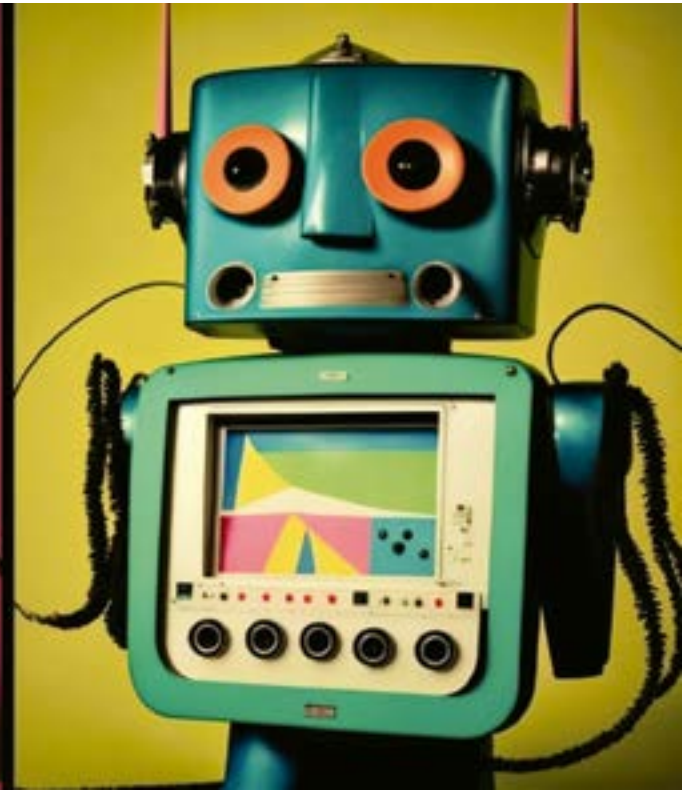
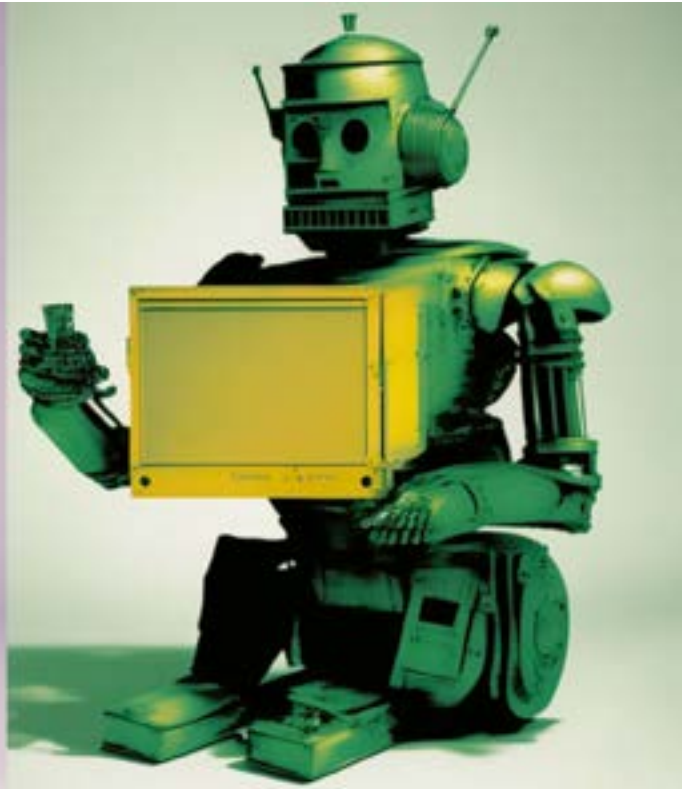
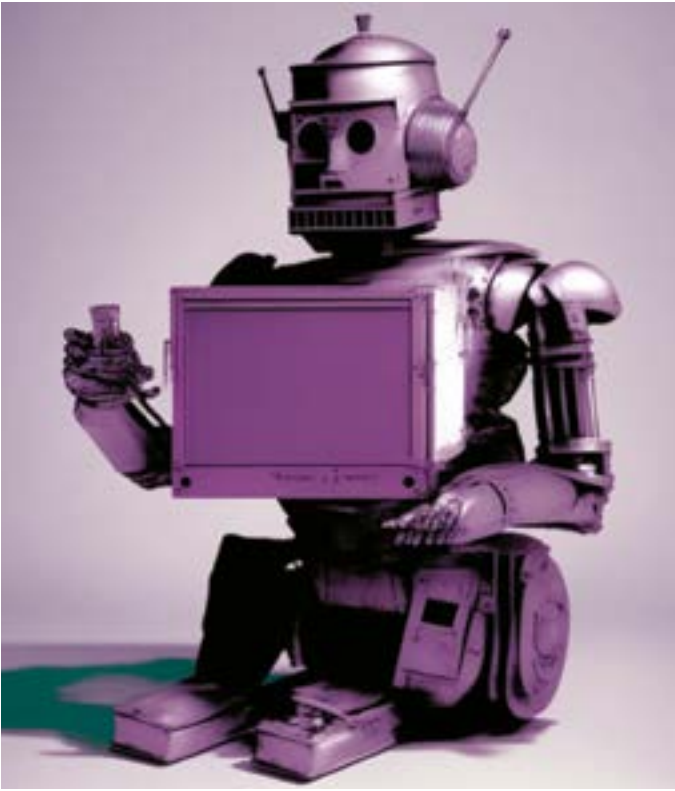
Much like Plato's shadows, AI-generated images are projections—representations shaped by vast datasets and patterns of light and texture, synthesized by the machine's learning. These “shadows” of AI, crafted by algorithms, echo the mysteries of form and perception, giving rise to a new visual language in the realm of digital art.



Inspirada na Alegoria da Caverna de Platão, esta imagem reflete como os visuais gerados por IA atuam como sombras modernas, convidando-nos a questionar a realidade e a percepção em um mundo moldado por algoritmos.

Inspired by Plato's Allegory of the Cave, this image reflects how AI-generated visuals act as modern shadows, inviting us to question reality and perception in a world shaped by algorithms.

In this era, artificial intelligence is not merely a passive tool; it actively collaborates with artists, becoming a creative partner that shapes, questions, and expands our understanding of art. Just as shadows in the cave invited philosophical reflection, AI-generated art invites us to rethink creativity, presence, and authorship in a world where the digital blurs into the real. In exploring this new terrain, we enter a profound transformation in how art is created, perceived, and experienced.



From Renaissance art to AI-generated creativity, technology has always pushed artistic boundaries. This image pairs past and present, illustrating how each era redefines artistic expression through innovation.

Da arte renascentista à criatividade gerada por IA, a tecnologia sempre expandiu os limites da arte. Esta imagem conecta passado e presente, ilustrando como cada era redefine a expressão artística através da inovação.

IA como um Continuum Histórico

Ao longo da história, a tecnologia tem sido um catalisador para a expansão e redefinição artística. Assim como o Renascimento avançou a arte através de novas perspectivas sobre anatomia e luz, artistas como Leonardo da Vinci mesclavam arte com ciência, buscando uma compreensão aprofundada do mundo natural. Da mesma forma, a invenção da fotografia no século XIX revolucionou a representação visual, levando pintores a abraçar a abstração e interpretação subjetiva. No século XX, figuras como Marcel Duchamp, Andy Warhol e Nam June Paik usaram tecnologias emergentes para desafiar normas, redefinir relações entre artista e público, e criar arte que era em si uma crítica à produção em massa e à cultura de consumo.

Hoje, a IA entra nesse contínuo como uma ferramenta transformadora, remodelando como os artistas criam e o público se engaja. Ela amplifica o impulso democratizante que a fotografia e a mídia digital começaram, permitindo que artistas de todos os contextos gerem novas formas, técnicas e interpretações. A IA não simplesmente automatiza a arte; ela estende a criatividade humana além das fronteiras tradicionais, continuando o legado de exploração tecnológica na arte.

AI as a Historical Continuum

Throughout history, technology has been a catalyst for artistic expansion and redefinition. Just as the Renaissance advanced art through new perspectives on anatomy and light, artists like Leonardo da Vinci blended art with science, seeking a deepened understanding of the natural world. Similarly, the invention of photography in the 19th century revolutionized visual representation, prompting painters to embrace abstraction and subjective interpretation. In the 20th century, figures like Marcel Duchamp, Andy Warhol, and Nam June Paik used emerging technologies to challenge norms, redefine relationships between artist and audience, and create art that was itself a critique of mass production and consumer culture.

Today, AI enters this continuum as a transformative tool, reshaping how artists create and audiences engage. It amplifies the democratizing impulse that photography and digital media began, allowing artists from all backgrounds to generate new forms, techniques, and interpretations. AI doesn't simply automate art; it extends human creativity beyond traditional boundaries, continuing the legacy of technological exploration in art.

02. A Colaboração Homem-Máquina: Uma Nova Simbiose

A IA, diferente de qualquer tecnologia anterior, introduz uma forma de parceria criativa que vai além da augmentação. Artistas que trabalham com algoritmos de aprendizado de máquina e redes adversárias generativas (GANs) são parte de um processo iterativo e experimental onde a saída da IA informa a entrada humana, formando uma criação híbrida que reflete tanto a imprevisibilidade dirigida pela máquina quanto a intenção humana. Essa colaboração ecoa o conceito de “chance controlada” celebrado pelos Dadaístas, onde o acaso é um elemento ativo na criatividade.

Nessa nova parceria, artistas se tornam curadores de conteúdo gerado por IA, orquestrando uma sinfonia de criatividade digital e humana. Essa simbiose permite aos artistas sondar mais profundamente o que significa criatividade, continuamente repensando seu papel tanto como criador quanto diretor no processo cocriativo. A cada interação, IA e artista moldam as contribuições um do outro, criando uma dinâmica sempre em evolução.

The Human-Machine Collaboration: A New Symbiosis

AI, unlike any prior technology, introduces a form of creative partnership that goes beyond augmentation. Artists working with machine learning algorithms and generative adversarial networks (GANs) are part of an iterative, experimental process where AI's output informs human input, forming a hybrid creation that reflects both machine-driven unpredictability and human intent. This collaboration echoes the concept of “controlled chance” celebrated by Dadaists, where randomness is an active element in creativity.

In this new partnership, artists become curators of AI-generated content, orchestrating a symphony of digital and human creativity. This symbiosis enables artists to probe deeper into what creativity means, continually rethinking their role as both creator and director in the co-creative process. With each interaction, AI and artist shape one another's contributions, creating an ever-evolving dynamic.

Um vislumbre da colaboração humano-máquina, onde IA e artista co-criam em um diálogo de chance controlada, ecoando a exploração dadaísta da aleatoriedade como ferramenta de criatividade.

A glimpse into the human-machine collaboration, where AI and artist co-create in a dialogue of controlled chance, echoing the Dadaist exploration of randomness as a tool for creativity.



03. Redefinindo Agência Criativa e Autoria na Era da IA

A noção de autoria há muito tempo é central para a arte, enraizada na visão única do artista. No entanto, à medida que a IA ganha a capacidade de gerar, interpretar e emular, surgem questões sobre propriedade e agência. Se a arte é co-criada por IA, quem então é o autor? Essa mudança ecoa movimentos como o Bauhaus, que enfatizava a função sobre o individualismo e abraçava uma criatividade coletiva, agora compartilhada entre artista e máquina.

A IA abre um novo capítulo na autoria, permitindo que os artistas explorem estéticas e padrões que poderiam iludir as capacidades individuais. Nessa dinâmica compartilhada, o artista não possui mais exclusivamente o resultado, mas participa de uma autoria complexa e fluida que espelha o potencial criativo coletivo da humanidade e da máquina.

Na era da IA, o conceito de autoria é reimaginado, levantando questões sobre agência e propriedade. Aqui, as linhas borradas entre criador e máquina destacam uma nova forma de autoria compartilhada.

In the age of AI, the concept of authorship is reimagined, raising questions about agency and ownership. Here, the blurred lines between creator and machine emphasize a new form of shared authorship.



Redefining Creative Agency and Authorship in the Age of AI

The notion of authorship has long been central to art, rooted in the artist's unique vision. Yet, as AI gains the capacity to generate, interpret, and emulate, questions arise about ownership and agency. If art is co-created by AI, who then is the author? This shift echoes movements like Bauhaus, which emphasized function over individualism and embraced a collective creativity, now shared between artist and machine.

AI opens a new chapter in authorship, allowing artists to explore aesthetics and patterns that might elude individual capabilities. In this shared dynamic, the artist no longer exclusively owns the outcome but rather participates in a complex, fluid authorship that mirrors the collective creative potential of humanity and machine.

04.

Uma Nova Linguagem da Arte: Interativa, Generativa e Infinita

A IA expande o léxico da expressão artística além das formas estáticas, convidando artistas e públicos para mundos imersivos, generativos e interativos. Esse meio digital convida à interação, evoluindo com cada interação e respondendo à presença do público—uma partida da arte como um produto acabado, abraçando os ideais modernistas de processo e transformação.

Assim como os desenhos conceituais de parede de Sol LeWitt, onde a ideia era tão significativa quanto a execução, a arte gerada por IA representa um conceito aberto e evolutivo. Ela oferece uma experiência única a cada visualização, adaptando-se à interação do público em paisagens digitais. Através de VR, AR e instalações interativas, a arte impulsionada pela IA transcende as paredes dos museus, habitando espaços onde o público se torna participante, engajando-se com a arte à medida que ela se transforma e cresce.

A New Language of Art: Interactive, Generative, and Infinite

AI expands the lexicon of artistic expression beyond static forms, inviting artists and audiences into immersive, generative, and interactive worlds. This digital medium invites engagement, evolving with each interaction, and responding to audience presence—a departure from art as a finished product, embracing modernist ideals of process and transformation.

Much like Sol LeWitt's conceptual wall drawings, where the idea was as significant as the execution, AI-generated art represents an open-ended, evolving concept. It offers a unique experience with every viewing, adapting to audience interaction in digital landscapes. Through VR, AR, and interactive installations, AI-driven art transcends museum walls, inhabiting spaces where audiences become participants, engaging with art as it transforms and grows.

A arte com IA convida o público a interagir com a arte como uma experiência dinâmica e em evolução. Esta imagem incorpora o potencial infinito da arte generativa, onde cada interação cria uma nova camada de significado.



AI art invites audiences to interact with art as a dynamic, evolving experience. This image embodies the endless potential of generative art, where each engagement creates a new layer of meaning.

À medida que a IA se torna parte da criação artística, considerações éticas ganham importância. Esta imagem destaca a necessidade de transparência e consciência ética na arte gerada por IA, promovendo confiança e inclusão.

As AI becomes part of artistic creation, ethical considerations gain importance. This image underscores the need for transparency and ethical awareness in AI-generated art, fostering trust and inclusivity.



Reflexões Éticas e Filosóficas: Responsabilidade na Era da IA

À medida que a IA se torna integral ao processo criativo, considerações éticas são mais relevantes do que nunca. Os algoritmos são moldados pelos dados em que são treinados, perpetuando vieses, injustiças e desigualdades. Artistas e tecnólogos devem, portanto, considerar inclusão, diversidade e respeito por perspectivas variadas em seu trabalho com IA.

A transparência é essencial para construir confiança, e os artistas que trabalham com IA são incentivados a divulgar seu papel, tornando visível a relação entre humano e máquina. Ecoando o movimento da arte conceitual focado em processo e intenção, a arte baseada em IA deve priorizar a consciência ética, visando fomentar uma cultura digital mais inclusiva.

Ethical and Philosophical Reflections: Responsibility in the Age of AI

As AI becomes integral to the creative process, ethical considerations are more relevant than ever. Algorithms are shaped by the data they are trained on, carrying forward biases, injustices, and inequalities. Artists and technologists must, therefore, consider inclusivity, diversity, and respect for varied perspectives in their work with AI.

Transparency is essential in building trust, and artists working with AI are encouraged to disclose its role, making visible the relationship between human and machine. Echoing the conceptual art movement's focus on process and intention, AI-based art should foreground ethical awareness, aiming to foster a more inclusive digital culture.

06.

Arte como Dados: Os Padrões Ocultos da Cultura

Uma das contribuições únicas da IA reside em sua capacidade de processar, analisar e reinterpretar vastos conjuntos de dados, revelando insights sobre padrões culturais e históricos. Essa abordagem orientada por dados permite novas perspectivas, fazendo conexões entre culturas e períodos de tempo, e identificando temas recorrentes. Ao tratar a arte como dados, a IA se torna uma ferramenta poderosa para explorar a expressão humana de ângulos novos.

Assim como os impressionistas, como Claude Monet, revolucionaram a percepção visual ao focar em luz e cor, a IA oferece uma nova lente através da qual podemos ver e reinterpretar a história da arte. Ela serve tanto como artista quanto analista, não apenas gerando novas formas, mas também aprimorando nosso entendimento do passado, convidando-nos a considerar como definimos e interpretamos significado em um mundo interconectado e globalizado.

Art as Data: The Hidden Patterns of Culture

One of AI's unique contributions lies in its capacity to process, analyze, and reinterpret vast datasets, revealing insights into cultural patterns and histories. This data-driven approach allows for novel perspectives, making connections across cultures and time periods, and identifying recurring themes. By treating art as data, AI becomes a powerful tool for exploring human expression from new angles.

Just as impressionists like Claude Monet revolutionized visual perception by focusing on light and color, AI offers a fresh lens through which we can view and reinterpret art history. It serves both as artist and analyst, not only generating new forms but also enhancing our understanding of the past, inviting us to consider how we define and interpret meaning in an interconnected, globalized world.



A IA nos permite descobrir padrões ocultos na cultura, assim como o impressionismo redefiniu a percepção através da luz e da cor. Esta imagem visualiza o papel da IA em reinterpretar a história da arte por meio de dados.

AI allows us to uncover hidden patterns within culture, much like how impressionism redefined perception through light and color. This image visualizes AI's role in reinterpreting art history through data.



AI democratizes creativity by granting access to artistic tools once reserved for experts. This image reflects the shift toward inclusivity, where anyone with curiosity can engage in the creative process, exploring new forms of self-expression.

A IA democratiza a criatividade, proporcionando acesso a ferramentas artísticas antes reservadas a especialistas. Esta imagem reflete a mudança em direção à inclusão, onde qualquer pessoa com curiosidade pode se engajar no processo criativo, explorando novas formas de autoexpressão.



IA e a Democratização das Ferramentas Artísticas

O potencial da IA para democratizar a arte reside em sua capacidade de proporcionar acesso a ferramentas antes limitadas àqueles com amplo treinamento ou recursos. Assim como a imprensa democratizou a literatura, a IA permite um acesso mais amplo aos processos criativos, fomentando um ecossistema que acolhe vozes diversas.

No entanto, essa democratização também apresenta riscos, pois o controle das ferramentas de IA muitas vezes está nas mãos de grandes corporações, potencialmente restringindo o acesso. Garantir que essas tecnologias permaneçam abertas e acessíveis é essencial para um ecossistema criativo diverso e vibrante, capacitando qualquer pessoa com a curiosidade de se engajar na exploração artística.

AI and the Democratization of Artistic Tools

AI's potential to democratize art lies in its ability to provide access to tools once limited to those with extensive training or resources. Just as the printing press democratized literature, AI enables broader access to creative processes, fostering an ecosystem that welcomes diverse voices.

However, this democratization also presents risks, as control of AI tools often lies with large corporations, potentially restricting access. Ensuring that these technologies remain open and accessible is essential for a diverse, vibrant creative ecosystem, empowering anyone with the curiosity to engage in artistic exploration.

08. Preservando e Reimaginando o Patrimônio Cultural com a IA

A IA possui um poderoso potencial para preservar e reimaginar o patrimônio cultural. Através da restauração digital e simulação, a IA oferece novas formas de interagir com artefatos históricos, unindo passado e presente, criando diálogos que ressoam ao longo do tempo.

Assim como o patrimônio cultural foi central para movimentos como Arts and Crafts, a IA permite reinterpretações da arte, fomentando discussões entre perspectivas históricas e contemporâneas. Desta forma, a IA funciona como uma ponte, garantindo que a memória cultural permaneça viva, relevante e continuamente envolvente.

Com a IA, o patrimônio cultural não é apenas preservado, mas reimaginado, promovendo diálogos entre gerações. Esta imagem ilustra a ponte entre o passado e o presente, onde a tecnologia revive a memória histórica em novas formas interativas.

With AI, cultural heritage is not only preserved but reimagined, fostering dialogue across generations. This image illustrates the bridge between the past and the present, where technology revives historical memory in new, interactive forms.



Preserving and Reimagining Cultural Heritage with AI

AI holds powerful potential for preserving and reimagining cultural heritage. Through digital restoration and simulation, AI offers new ways of interacting with historical artifacts, bridging past and present, creating dialogues that resonate across time.

Just as cultural heritage was central to movements like Arts and Crafts, AI enables reinterpretations of art, fostering discussions between historical and contemporary perspectives. In this way, AI functions as a bridge, ensuring that cultural memory remains alive, relevant, and continuously engaging.

09. A Estética Algorítmica: Controle, Chance e Complexidade

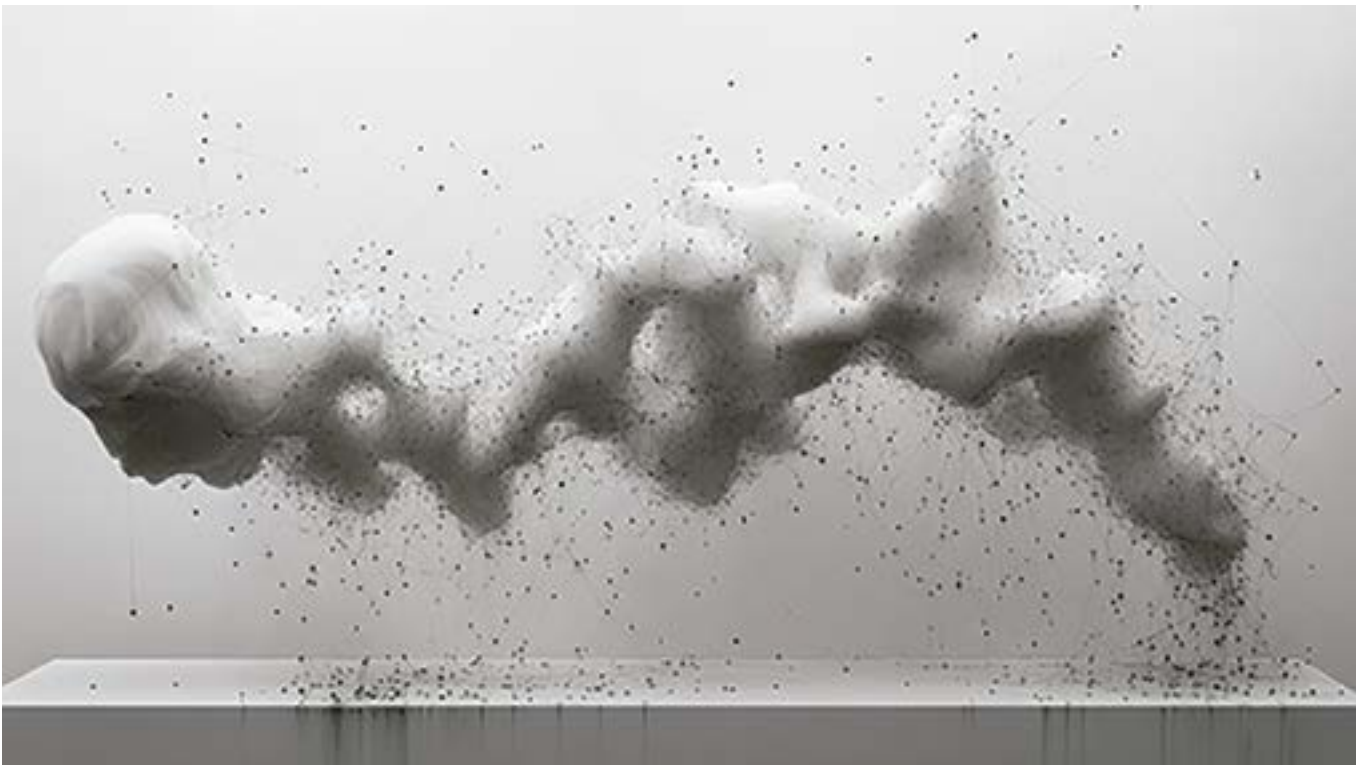
A IA introduz uma estética nascida da lógica computacional, onde controle e acaso se intersectam para produzir beleza inesperada. Essa estética é única para processos dirigidos por máquinas e convida os artistas a equilibrar agência com aleatoriedade, abraçando tanto a estrutura quanto a imprevisibilidade.

Inspirada pelo abraço do Surrealismo ao acaso e ao subconsciente, a arte impulsionada pela IA explora o poder dos algoritmos para introduzir uma camada de espontaneidade. Essa interação dinâmica permite um novo tipo de exploração criativa, onde os artistas navegam através de uma paisagem sempre mutável moldada tanto pela intenção humana quanto pela variação da máquina.

The Algorithmic Aesthetic: Control, Chance, and Complexity

AI introduces an aesthetic born from computational logic, where control and chance intersect to produce unexpected beauty. This aesthetic is unique to machine-driven processes and invites artists to balance agency with randomness, embracing both structure and unpredictability.

Inspired by Surrealism's embrace of chance and the subconscious, AI-driven art taps into the power of algorithms to introduce a layer of spontaneity. This dynamic interplay allows for a new type of creative exploration, where artists navigate through an ever-shifting landscape shaped by both human intent and machine variation.



10.

Rumo a um Movimento Cultural: A Arte de IA como um Novo Gênero

A arte de IA está emergindo como um gênero distinto, misturando inteligência de máquina, interpretação de dados e criatividade humana. Esse movimento reflete a interconectividade de nossa era digital, onde arte, ciência e tecnologia coalescem em uma nova forma cultural. A arte impulsionada pela IA nos convida a refletir sobre nosso entendimento da humanidade e criatividade, questionando os limites da originalidade, beleza e significado em um mundo cada vez mais influenciado pela tecnologia.

Toward a Cultural Movement: AI Art as a New Genre

AI art is emerging as a distinct genre, blending machine intelligence, data interpretation, and human creativity. This movement reflects the interconnectedness of our digital age, where art, science, and technology coalesce into a new cultural form. AI-driven art invites us to reflect on our understanding of humanity and creativity, questioning the boundaries of originality, beauty, and meaning in a world increasingly influenced by technology.

The algorithmic aesthetic balances control and randomness, resulting in complex, unpredictable beauty. This image captures the unique creativity of AI-driven art, where structure meets spontaneity, inviting a deeper exploration of machine-led art.

A estética algorítmica equilibra controle e aleatoriedade, resultando em uma beleza complexa e imprevisível. Esta imagem captura a criatividade única da arte gerada por IA, onde a estrutura encontra a espontaneidade, convidando a uma exploração mais profunda da arte conduzida por máquinas.



CONCLUSÃO . CONCLUSION

Acolhendo o Futuro

À medida que a IA remodela a paisagem criativa, este manifesto convida artistas, tecnólogos e públicos a abraçar suas possibilidades transformadoras. A inteligência artificial possui o potencial de expandir nossa compreensão dos processos criativos, enriquecer a expressão cultural e reduzir barreiras para a criação artística. Contudo, é crucial lembrar que, apesar de seu avanço, a IA ainda carece de uma verdadeira compreensão emocional e da capacidade de sentir como os humanos. Assim, a criação de realidades alternativas, como nos metaversos, deve ser vista como uma extensão das conexões interpessoais e da imaginação humana, e não como um substituto.

No espírito de exploração, convidamos os artistas a mergulharem na criatividade impulsionada pela IA, a desafiar seus limites e a engajar-se com suas possibilidades. Esta nova era nos convoca a agir como criadores conscientes da experiência humana, em que mundos virtuais podem evocar emoções profundas e ampliar nossa compreensão de quem somos. Na interseção entre engenho humano e inteligência de máquina, vislumbramos um futuro repleto de potencial — uma era vibrante, ética e inclusiva para a arte na era da IA, onde o humano permanece no centro do processo criativo.

Para finalizar, é importante reconhecer que o tempo se tornará nossa última fronteira, como vislumbra Danny Hillis em *The Clock of the Long Now* (1999). Em um mundo hiperconectado, onde o tempo parece se expandir e se multiplicar através de novas tecnologias, somos convidados a refletir sobre o verdadeiro valor desse recurso finito. A aceleração promovida pela IA nos desafia a equilibrar o imediatismo digital com o ritmo humano, preservando a paciência e a reflexão como elementos centrais. Este manifesto se encerra com um convite para artistas, tecnólogos e públicos considerarem a criação assistida por IA como um meio de diálogo profundo, no qual o tempo atua como um colaborador silencioso, moldando a criatividade com intenção e respeito pela experiência humana. ●

Welcoming the Future

As AI reshapes the creative landscape, this manifesto invites artists, technologists, and audiences to embrace its transformative possibilities. Artificial intelligence holds the potential to expand our understanding of creative processes, enrich cultural expression, and lower barriers to artistic creation. However, it is crucial to remember that, despite its advancements, AI still lacks true emotional understanding and the ability to feel as humans do. Thus, the creation of alternative realities, such as in the metaverse, should be seen as an extension of interpersonal connections and human imagination, not a replacement.

In the spirit of exploration, we invite artists to delve into AI-driven creativity, challenge its boundaries, and engage with its possibilities. This new era calls on us to act as creators mindful of the human experience, where virtual worlds can evoke profound emotions and deepen our understanding of ourselves. At the intersection of human ingenuity and machine intelligence, we envision a future full of potential — a vibrant, ethical, and inclusive era for art in the age of AI, where humanity remains at the center of creation.

*Finally, it is essential to recognize that time will become our ultimate frontier, as Danny Hillis envisioned in *The Clock of the Long Now* (1999). In a hyperconnected world, where time seems to expand and multiply through new technologies, we are invited to reflect on the true value of this finite resource. The acceleration brought by AI challenges us to balance digital immediacy with human rhythm, preserving patience and reflection as central elements. This manifesto closes with an invitation for artists, technologists, and audiences to see AI-assisted creation as a medium for deep dialogue, where time acts as a silent collaborator, shaping creativity with intention and respect for the human experience. ●*



FRONTEIRAS ARTÍSTICAS

INOVAÇÕES EM MODELOS GENERATIVOS MULTIMODAIS

ARTISTIC FRONTIERS

INNOVATIONS IN MULTI-MODAL GENERATIVE MODELS

by Matteo Moriconi

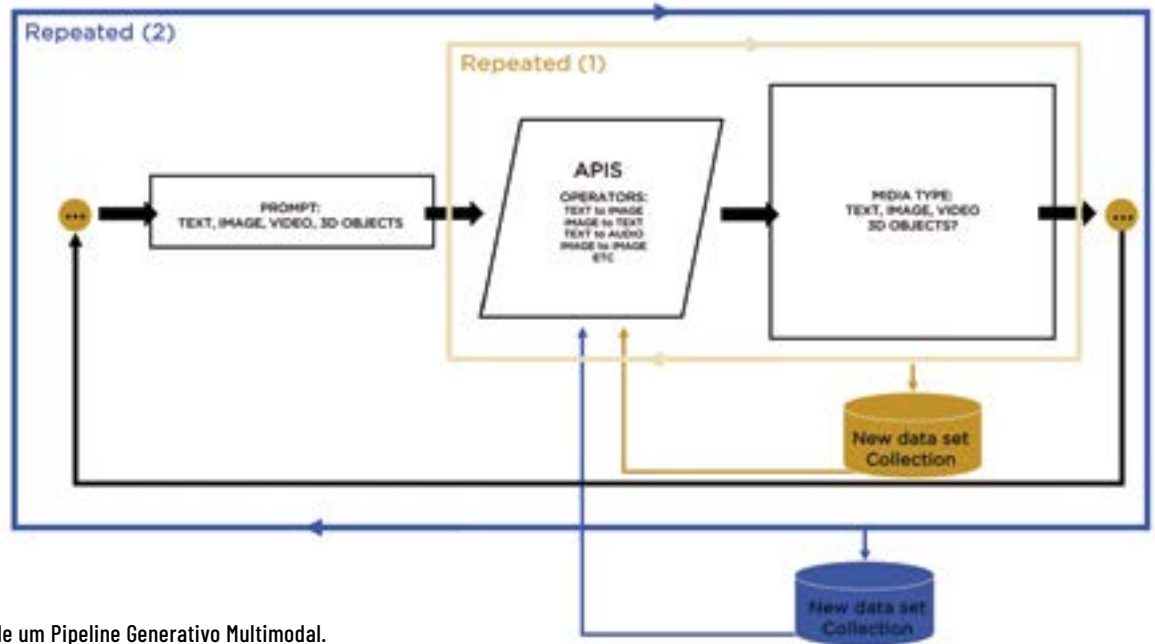


CONTEÚDO INTERATIVO
INTERACTIVE CONTENT

INTRODUÇÃO. INTRODUCTION

Modelos generativos transformaram o cenário da tecnologia criativa, introduzindo métodos inovadores que redefinem continuamente os limites artísticos. Um avanço crucial nesse campo é a integração de modelos em seus espaços de embedding, permitindo uma tradução fluida de texto para imagens e oferecendo um controle refinado sobre o resultado. Em nossos experimentos, adotamos uma abordagem simples: conectar a saída de um modelo generativo à entrada de outro, gerando diversos tipos de dados, como texto, áudio, imagem e vídeo, a partir de uma única entrada do usuário. Essas conexões formam um grafo direcionado de modelos, compondo um modelo multimodal [Figura 1]. Nossa prova de conceito inicial, que utiliza conexões fixas [Figura 5], estabelece a base para o desenvolvimento de uma ferramenta gráfica que permitirá aos usuários criar seus próprios modelos multimodais. Este é o projeto de uma ferramenta extraordinária para a criatividade.

Generative models have transformed the landscape of creative technology, introducing novel methods that continually redefine artistic boundaries. A pivotal advancement in this field is the integration of models in their embedding space, enabling a seamless translation of text into images and offering nuanced control over the result. In our experimentation, we adopt a straightforward approach: connect the output of one generative model to the input of another, giving rise to various types of data such as text, audio, image, and video from a single user input. These connections form a directed graph of models, composing a multi-modal model [Figure 1]. Our initial proof-of-concept, which utilizes fixed connections [Figure 5], sets the stage for the development of a graphic tool that allows users to generate their own multi-modal models. This is the blueprint of a remarkable creativity tool.



Esquema de um Pipeline Generativo Multimodal.

Este diagrama ilustra o processo iterativo em que um prompt do usuário inicia a criação de diversos tipos de mídia por meio de uma série de operações de API, culminando na formação de um novo conjunto de dados. O ciclo representado demonstra como textos, imagens, vídeos e, potencialmente, objetos 3D passam por transformações, destacando a capacidade do pipeline para uma geração expansiva de dados e refinamento iterativo.

Schematic of a Multimodal Generative Pipeline.

This diagram illustrates the iterative process where a user prompt initiates the creation of diverse media types via a series of API operations, culminating in a new dataset collection. The cycle depicted shows how text, images, videos, and potentially 3D objects undergo transformation, showcasing the pipeline's capability for expansive data generation and iterative refinement.

No cenário em constante evolução da arte digital, os modelos generativos multimodais ocupam uma posição de destaque na inovação, transformando a maneira como os artistas concebem e realizam suas visões criativas. Este artigo explora a interseção desses modelos generativos, onde elementos de texto, áudio, visuais e vídeo não são apenas justapostos, mas intrinsecamente entrelaçados para criar um novo léxico artístico. Ao investigar a fusão dessas modalidades, revelamos o imenso potencial para uma forma de arte digital mais sutil, dinâmica e expressiva. Essa síntese não apenas amplia o campo criativo, mas também desafia e redefine as noções tradicionais de criação artística, anunciando uma nova era na arte digital, em que os limites estão sendo constantemente reimaginados e ampliados. [Figura 1]

In the evolving landscape of digital artistry, multi-modal generative models stand at the forefront of innovation, reshaping the way artists conceive and execute their creative visions. This paper delves into the intersection of these generative models, where text, audio, visual, and video elements are not just juxtaposed but intricately interwoven to create a new artistic lexicon. By exploring the fusion of these modalities, we uncover the immense potential for a more nuanced, dynamic, and expressive form of digital art. This synthesis not only broadens the creative canvas but also challenges and redefines traditional notions of artistic creation, heralding a new era in digital artistry where boundaries are constantly being reimagined and expanded. [Figure 1]

01.

Objetivos

- **Criatividade e Flexibilidade Ampliadas:**

Ao conectar diferentes tipos de modelos generativos (texto, áudio, imagem e vídeo), os usuários podem criar conteúdos complexos e multimodais a partir de uma única entrada. Essa abordagem amplia significativamente as possibilidades criativas, permitindo a geração de diversos resultados a partir de uma base conceitual consistente.

- **Potencial para Estruturas de Modelos Geradas pelos Usuários:** A ideia de uma ferramenta gráfica que permita aos usuários criar seus próprios modelos multimodais abre possibilidades para aplicações personalizadas e específicas. Isso pode levar a novas formas de interação com a IA e criação de conteúdo adaptadas às necessidades e preferências individuais.

- **Desenvolvimento de um Grafo de Modelos Multimodais:** O conceito de um grafo direcionado de modelos que compõem um modelo multimodal é inovador. Ele sugere um sistema interconectado onde a saída de um modelo alimenta diretamente a entrada de outro, criando um fluxo contínuo de transformação de dados.

- **Exploração de Pipelines Multimodais no Metaverso:** Investigar as capacidades de modelos generativos interconectados para criar um pipeline multimodal versátil no ambiente do metaverso. Essa exploração visa utilizar o poder da IA para transformar entradas únicas de usuários, ampliando o potencial imersivo e criativo de mundos virtuais. O objetivo inclui integrar modelos generativos de IA no UNITY Sentis para estabelecer um pipeline multimodal no metaverso, com foco especial no LunaPark Metaverse [VFXRio 2023]

- **Experimentação e Pesquisa:** Do ponto de vista da pesquisa, essa abordagem oferece uma plataforma para explorar as relações entre diferentes tipos de dados e compreender como a informação é transformada entre modalidades.

- **Simulação de Fluxo de Dados de IA:** Examinar o impacto em modelos de dados que aprendem e reprocessam mídia sintética ao longo de múltiplas gerações.

- **Ampliação do Escopo de Aplicações Criativas com IA:** Impulsionar a integração da IA em diversos campos criativos, enfatizando o desenvolvimento de uma plataforma colaborativa multifacetada. Isso envolverá a criação de interfaces e ecossistemas inovadores onde a criatividade humana e a IA convergem, fomentando um terreno fértil para expressões artísticas inovadoras. O objetivo é aproveitar o poder adaptativo e gerativo da IA, transcendendo limites tradicionais para incluir jogos interativos, artes performativas e narrativas cocriativas dentro de experiências multimídia enriquecidas.

- **Otimização da Criação de Conteúdo:** Explorar diferentes tipos de dados para simplificar e aprimorar o processo de criação de conteúdo.



LUNAPARK METAVERSE

Objectives

- *Enhanced Creativity and Flexibility:* By linking different types of generative models (text, audio, image, and video), users can create complex, multi-modal content from a single input. This approach significantly expands the creative possibilities, allowing for the generation of diverse outputs from a consistent conceptual basis.
- *Potential for User-Generated Model Structures:* The idea of a graphic tool that allows users to generate their own multi-modal models opens up possibilities for personalized and user-specific applications. It could lead to new ways of interacting with AI and creating content, tailored to individual needs and preferences.
- *Development of a Multi-Modal Model Graph:* The concept of a directed graph of models composing a multi-modal model is innovative. It suggests an interconnected system where the output of one model directly feeds into the input of another, creating a seamless flow of data transformation.
- *Exploring Multimodal Generative Pipelines in the Metaverse:* Investigate the capabilities of inter-connected generative models to create a versatile, multimodal pipeline within the metaverse environment. This exploration aims to utilize the power of AI to transform single user inputs, enhancing the immersive and creative potential of virtual worlds. Leveraging interconnected generative AI models into UNITY Sentis to establish a versatile, multimodal pipeline in the metaverse, particularly exploring the LunaPark Metaverse [VFXRio 2023]
- *Experimentation and Research:* From a research perspective, this approach provides a platform for exploring the relationships between different types of data and understanding how information is transformed across modalities.
- *Simulate AI Data Influx:* Examine the impact on data models learning from and reprocessing synthetic media across multiple generations.
- *Broadening the Scope of AI Creative Applications:* Propel the integration of AI into diverse creative arenas, emphasizing the development of a multi-faceted collaborative platform. This will involve crafting novel interfaces and ecosystems where AI and human creativity converge, fostering a breeding ground for innovative artistic expressions. The objective is to leverage the adaptive and generative prowess of AI, transcending traditional boundaries to encompass interactive gaming, performative arts, and co-creative storytelling within enriched multimedia experiences.
- *Streamlining Content Creation:* This method can explore different data types.

02.

Imagens de ia e discurso filosófico: Wittgenstein + Foucault

A interpretação perceptual da arte gerada por IA pode ser enriquecida ao contrastar perspectivas filosóficas, especialmente as de Wittgenstein e Foucault. A teoria dos “jogos de linguagem” de Wittgenstein [Wikipedia 2023a] [Wittgenstein 1953] enfatiza o contexto na linguagem, fundamental para a interpretação de prompts em IA, sugerindo que os significados evoluem com o uso contemporâneo. Isso se alinha diretamente aos prompts textuais ou visuais da IA, onde os significados mudam com base nos contextos linguísticos atuais. Paralelamente, a análise de Foucault sobre representação, como visto em sua interpretação da obra de Magritte “Ceci n’est pas une pipe” [Foucault 2008], ressalta a distinção entre realidade e sua representação, um fator crítico para compreender a arte gerada por IA. Juntas, essas filosofias oferecem uma estrutura abrangente para categorizar e compreender imagens geradas por IA, fundindo insights teóricos com avanços tecnológicos modernos.

Ai imagery and philosophical discourse: Wittgenstein + Foucault

The perceptual interpretation of AI-generated art can be enriched by contrasting philosophical perspectives, particularly those of Wittgenstein and Foucault. Wittgenstein’s ‘language game theory’ [Wikipedia 2023a] [Wittgenstein 1953] emphasizes context in language, pivotal for AI prompt interpretation, suggesting that meanings evolve with contemporary usage. This aligns directly with AI’s text or image prompts, where meanings shift based on current linguistic contexts. Concurrently, Foucault’s analysis of representation, as seen in his interpretation of Magritte’s work “Ceci n’est pas une pipe” [Foucault 2008], underscores the distinction between reality and its portrayal, a critical factor in understanding AI art. Together, these philosophies offer a comprehensive framework for categorizing and comprehending AI-generated imagery, blending theoretical insights with modern technological advancements.

A interação dinâmica entre artista, objeto de arte e usuário na IA: as sinfonias interativas

- **O Artista como Artista-Observador:** Na arte multimodal gerada por IA, o artista é tanto criador quanto participante ativo na experiência artística em evolução. Essa dualidade reflete a teoria dos jogos de linguagem de Wittgenstein, onde o significado e a interpretação de uma obra de arte, assim como a linguagem, não são fixos,

mas evoluem através da interação e do contexto. O papel do artista-observador se assemelha à função da IA em modelos generativos, onde ela cria e modifica o conteúdo com base em entradas contínuas, borrando os papéis tradicionais de criador e observador.

- **O Objeto de Arte Dinâmico:** O objeto de arte na IA multimodal é comparável à interpretação de Foucault sobre a pintura de Magritte. Assim como a obra "Ceci n'est pas une pipe" [Wikipedia 2023b] desafia nossa percepção de representação versus realidade, o objeto de arte gerado por IA transcende os limites tradicionais. Ele não é apenas uma representação estática, mas uma entidade interativa e em evolução. Essa natureza dinâmica do objeto de arte na IA desafia as noções tradicionais de arte, espelhando os debates filosóficos sobre a natureza e o significado da linguagem e da representação.

- **O Usuário como Participante Ativo:** O papel do usuário nesse contexto é fundamental. Não mais apenas um observador passivo, o usuário torna-se um participante ativo na experiência artística. Suas interações com o objeto de arte influenciam diretamente sua evolução. Isso reflete a visão de Wittgenstein sobre a natureza contextual e dependente do uso da linguagem e do significado. Assim como o significado das palavras pode mudar com o uso e o contexto, o objeto de arte na IA muda e evolui com a interação do usuário, tornando a experiência artística altamente personalizada e variável.

The dynamic interplay of artist, art object, and user in AI: the interactive symphonies

- *The Artist as Artist-Observer: In multimodal AI art, the artist is both the creator and an active participant in the evolving art experience. This duality reflects Wittgenstein's language game theory, where the meaning and interpretation of an artwork, like language, are not fixed but evolve through interaction and context. The artist-observer's role parallels the AI's function in generative models, where it both creates and modifies content based on ongoing input, blurring the traditional roles of creator and observer.*

- *The Dynamic Art Object: The art object in multimodal AI is akin to Foucault's interpretation of Magritte's painting. Just as the painting "Ceci n'est pas une pipe" [Wikipedia 2023b] challenges our perception of representation versus reality, the AI-generated art object transcends traditional boundaries. It's not merely a static representation but an interactive, evolving entity. This dynamic nature of the art object in AI challenges traditional notions of art, mirroring the philosophical debates on the nature and meaning of language and representation.*

- *The User as an Active Participant: The role of the user in this context is critical. No longer just a passive observer, the user becomes an active participant in the art experience. Their interactions with the art object directly influence its evolution. This reflects Wittgenstein's view on the context-dependent nature of language and meaning. Just as the meaning of words can change based on usage and context, the art object in AI changes and evolves with user interaction, making the art experience highly personalized and variable.*

04. Experimentação com Midjourney

A pesquisa começou com um experimento envolvendo o MidJourney (Versão 3, outubro de 2022), uma ferramenta de IA generativa sofisticada. Este modelo foi projetado para produzir um conjunto de quatro imagens em resposta a prompts textuais, demonstrando um nível avançado de fotorrealismo e profunda compreensão linguística. O framework procedimental (usando o MidJourney como um modelo multimodal IMAGE to IMAGE a partir de um ponto de partida textual específico) permite múltiplas interações com o conteúdo gerado. O usuário, ou “criador”, tem a opção de solicitar um conjunto alternativo de quatro imagens (variações) ou selecionar uma imagem existente para “upscale” em resolução mais alta.

Uma característica distintiva desse processo é a “evolução generativa,” levando a um desenvolvimento interativo de uma imagem preferida [Figura 2]. Isso é alcançado aplicando duas funcionalidades principais:

- ‘Variations’ (V): solicita ao modelo a síntese de um novo conjunto de quatro imagens com base na fusão do prompt inicial.
- ‘Upscale’ (U): aumenta a resolução e o nível de detalhes de uma imagem gerada.

Na página ao lado. Evolução Generativa Warholiana [Benjamin 1936]. Esta sequência visual retrata a evolução generativa de imagens de flores inspiradas no estilo icônico de Andy Warhol, iniciada por um prompt no MidJourney. Refletindo processos genéticos, a série começa com formas florais básicas que, por meio de variações e combinações iterativas, apresentam características emergentes, como corações e elementos textuais. A iteração final, semelhante à manifestação rara de um gene recessivo, revela uma imagem complexa onde as flores formam um coração, acompanhado pela palavra “Love”, simbolizando o ápice da jornada generativa.

On the next page. Generative Warholian Evolution [Benjamin 1936]. This visual sequence depicts the generative evolution of flower imagery inspired by Andy Warhol’s iconic style, initiated by a MidJourney prompt. Reflective of genetic processes, the series starts with basic floral forms, which through iterative variations and combinations, exhibit emergent features such as hearts and textual elements. The final iteration, akin to the rare manifestation of a recessive gene, reveals a complex image where the flowers form a heart shape, accompanied by the word ‘Love’, symbolizing the culmination of the generative journey.

Nessa dinâmica interativa, a IA opera exclusivamente com entradas de um único prompt, contribuindo para a natureza evolutiva das imagens geradas. Esse processo é comparável à variação genética iterativa e à seleção. Por exemplo, na série intitulada “Love Machine,” parte da coleção “I Want To Be a Machine” [Figura 2], observa-se a progressão evolutiva de uma imagem de flor. A série começou com um simples conjunto de quatro flores, que passaram por inúmeras transformações por meio de upscaling contínuo e modificações de variações, análogas à adição de informações genéticas e ao desenvolvimento de genes recessivos.

A evolução da imagem pode ser comparada a uma analogia genética, onde, por exemplo, o cruzamento de indivíduos de olhos castanhos (Bb x Bb) pode resultar em descendentes de olhos azuis recessivos (bb). Cruzamentos subsequentes dessa variante recessiva com uma família portadora de genes dominantes (bb x Bb) produzem descendentes diversos, espelhando a evolução baseada em prompts no modelo de IA. No caso da imagem da flor, esse processo resultou em um espectro de variações, culminando na incorporação de corações e da palavra “love” na iteração final, semelhante ao surgimento de traços inesperados em um cruzamento genético [Figura 3].

Esse estudo destaca a capacidade da IA para “evolução generativa,” com o peso sintático do prompt sendo crucial. Ele encapsula as probabilidades de um modelo, instruções e parâmetros para a IA, guiando o desenvolvimento de elementos como corações e texto (“love”) na sequência de imagens. A revelação da sintaxe exata do prompt seria, essencialmente, a exposição da “fórmula” por trás das transformações específicas da imagem, demonstrando como cada elemento do prompt contribui para o resultado visual final.

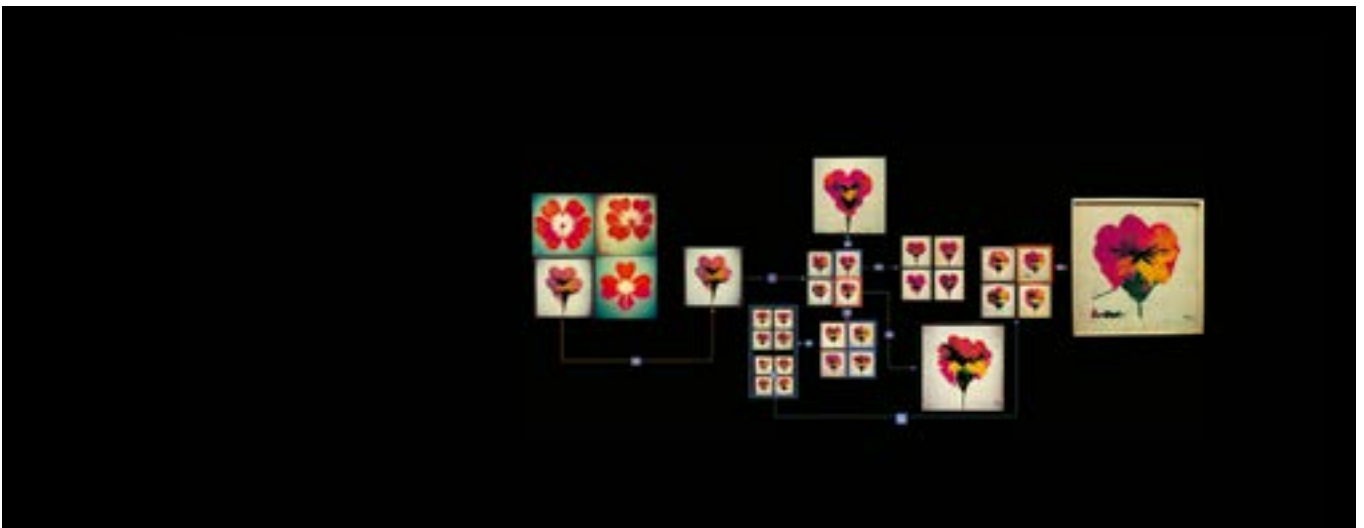
Experimentation with Midjourney

The research commenced with an experimental engagement with Midjourney (Version 3, Oct - 2022), a sophisticated generative AI tool. This model is designed to produce a set of four images in response to textual prompts, showcasing an advanced level of photorealism and deep linguistic comprehension. The procedural framework (using midjourney as a multimodal IMAGE to IMAGE from a specific textual starting point) allows for multiple interactions with the generated content. The user, or 'creator,' has the option to request an alternate set of four images (variations) or to select an existing image for 'upscaling' to a higher resolution. A distinctive feature of this process is the 'generative evolution' leading to an interactive development of a preferred image [Figure 2]. This is achieved applying 2 key functionalities:

- 'Variations' (V): prompting the model to synthesize a new set of four images based on the amalgamation of the initial prompt
- 'Upscale' (U): designed to enhance the resolution and detail of a generated image. In this interactive dynamic, the AI operates solely on the inputs from a single prompt contributing to the evolving nature of the generated imagery. This process is akin to iterative genetic variation and selection. For instance, in the series titled 'Love Machine,' part of the 'I Want To Be a Machine' collection [Figure 2], the evolutionary progression

of a Flower image is observed. The series started with a simple set of 4 flowers, which underwent numerous transformations through continuous upscaling and variations modifications, analogous to adding genetic information and developing recessive genes.

The evolution of the imagery can be compared to a genetic analogy where, for example, the crossing of brown-eyed individuals ($Bb \times Bb$) with a dominant trait can result in a recessive blue-eyed offspring (bb). Further crossing of this blue-eyed variant with a family carrying dominant genes ($bb \times Bb$) leads to a diverse offspring, mirroring the prompt-driven evolution in the AI model. In the context of the Flower imagery, this process resulted in a spectrum of variations, ultimately leading to the incorporation of hearts and the word 'love' in the final iteration, much like the emergence of unexpected traits in a genetic cross. [Figure 3] In summary, this exploration highlights the model's capacity for 'generative evolution,' the prompt's syntax is crucial. It encapsulates the weights of a probabilistic model, instructions, and parameters for the AI, guiding how features like hearts and text ("love") are developed in the sequence of images. Revealing the exact syntax of the prompt would essentially disclose the 'formula' behind the specific image transformations, demonstrating how each element in the prompt contributes to the final visual output. This aspect underscores the importance of the prompt in shaping the AI's creative process, acting in this case as a replicable key for generating consistent sequences in image evolution shown on [Figure 3].



05.

O papel do prompt

o prompt, nesse contexto, serve como uma chave específica que, quando inserida novamente, pode recriar variações semelhantes à imagem original. Isso é comparável ao uso de uma senha para acessar um conjunto de resultados relacionados, mas distintos.

Role of the prompt

The prompt in this context serves as a specific key that, when input again, can recreate similar variations of the original image. This is comparable to using a password to access a set of related yet distinct outcomes.

06. Motivação inicial para esta pesquisa

A crescente prevalência de mídia sintética, particularmente arte gerada por IA, na internet, levanta implicações significativas:

Impacto no aprendizado de modelos de dados: À medida que a arte gerada por IA se torna mais comum, ela começará a compor uma parte substancial das bases de dados de novas criações. Isso pode alterar o “ruído” dos dados e levar a modelos influenciados mais por criações de IA prévias do que por obras humanas originais.

Efeitos sobre a qualidade da arte de IA: Este influxo pode criar câmaras de eco de dados, esquecimento catastrófico, overfitting, loops de feedback, degradação na criatividade e impacto de dados gerados de baixa qualidade.

Initial motivation for this research

Potential implications of the increasing prevalence of synthetic media, particularly AI-generated art, on the internet: As AI art becomes more common, the role and impact of reprocessing synthetic media across multiple generations on data models, it will be added to the vast database of images of new data sets that was previously dominated by human-made creations. This influx of synthetic media could significantly alter the “noise” The concern is that future AI-generated art will be more influenced by previous AI creations than by original human artwork. This shift could have profound effects on the nature and quality of AI art and Human collective imagery. The model described in [Figure 1] can be used to simulate this process. These include the creation of data echo chambers, catastrophic forgetting, overfitting, feedback loops, degradation in creativity, and the impact of low-quality generated data. The right assessment would involve carefully considering these factors and developing new strategies.

(a) Conjunto Generativo Inicial: Esta imagem, produzida pelo MidJourney em resposta a um prompt específico, apresenta um conjunto inicial de quatro flores distintas, reorganizadas para servir como um paralelo ilustrativo refletindo os estágios da evolução generativa impulsionada por IA, com uma clara referência à explicação baseada em DNA. Cada nova iteração exibia três espécimes dominantes ao lado de uma variante recessiva.



(a) Initial Generative Set: This image, produced by MidJourney in response to a specific prompt, showcases an initial set of four distinct flowers that were re-ordered to serve as an illustrative parallel to reflect the stages of AI-driven generative evolution with a clear nod to the DNA explanation provided. Each new iteration presented three dominant specimens alongside one recessive variant.

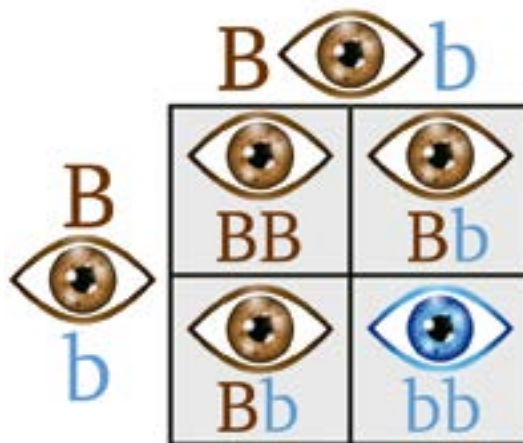


Diagrama de Cruzamento Genético: Representando uma analogia genética, este diagrama ilustra o cruzamento de indivíduos de olhos castanhos que carregam um gene recessivo para olhos azuis (Bb x Bb), resultando em uma probabilidade de 1/4 de descendentes com olhos azuis (bb). Esse processo genético reflete o desenvolvimento do modelo de IA, onde cruzamentos iterativos resultam em características inesperadas, como o surgimento de corações e a palavra "love" na imagem final das flores, conforme mostrado na sequência gerada pela IA.

Genetic Cross Diagram: Representing a genetic analogy, this diagram illustrates the cross of brown-eyed individuals carrying a recessive gene for blue eyes (Bb x Bb), leading to 1/4 probability of blue-eyed offspring (bb). This genetic process mirrors the AI model's development, where iterative crossings result in unexpected traits, akin to the emergence of hearts and the word 'love' in the final flower imagery, as depicted in the AI-generated sequence.

O efeito Mona Lisa Picasso

Um exemplo desse impacto é a possível degradação das referências artísticas humanas ao longo do tempo. Quando a IA é instruída a criar algo como “Mona Lisa no estilo de Picasso,” ela pode se basear cada vez mais em interpretações sintéticas do estilo de Picasso, em vez de suas obras reais, gerando saídas menos representativas do estilo original de Picasso [Figura 4].

The Mona Lisa Picasso effect

The potential degradation of human artistic references over time. For example, when AI is prompted to create an artwork like “Mona Lisa in the style of Picasso,” it may increasingly refer to synthetic interpretations of Picasso’s style rather than Picasso’s actual works. This could lead to outputs that are less representative of Picasso’s style, as they are based on iterative AI interpretations rather than the original art. This issue highlights a crucial aspect of AI development in the field of art: the need to carefully consider the sources of training data and the potential long-term impacts of relying heavily on AI-generated content. [Figure 4]

Primeiras Experimentações: A maldição da recursão [Ilia Shumailov e Anderson 2023] - Mona Lisa através das lentes de Picasso.

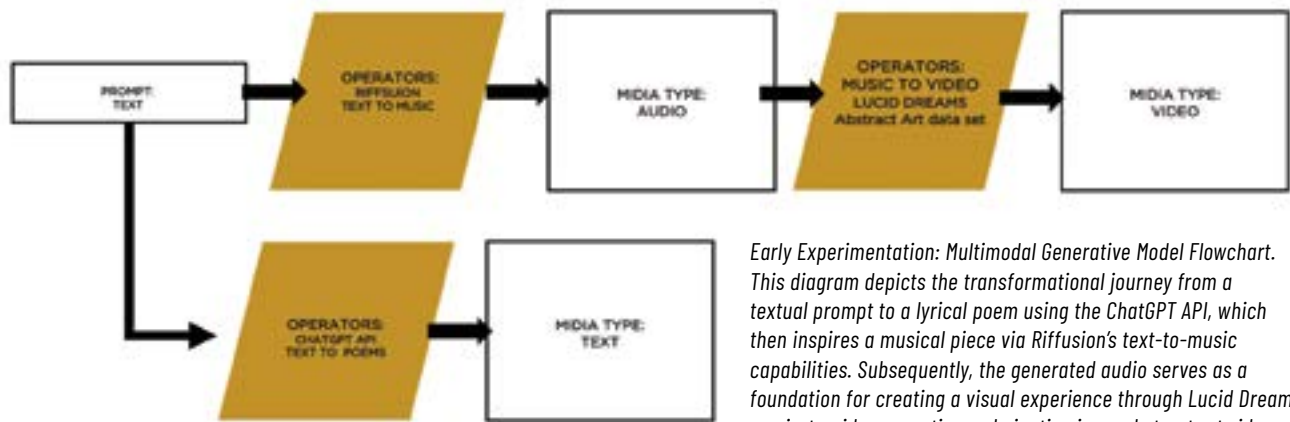
Esta obra, produto da IA generativa do MidJourney e do upscaling de primeira geração, serve como um estudo fundamental no projeto de influxo de dados. Ela representa uma reinterpretação imaginativa da Mona Lisa, de Leonardo da Vinci, reestilizada no estilo abstrato e cubista de Pablo Picasso. Esta peça não é apenas uma fusão artística, mas também uma parte crucial da pesquisa inicial que explora o impacto do influxo de dados artísticos em conjuntos de dados sobre os resultados de modelos generativos.

Early Experimentation: The curse of recursion [Ilia Shumailov and Anderson 2023] - Mona Lisa through Picasso’s Lens.’ This artwork, a product of MidJourney’s generative AI and first-generation upscaling, serves as a pivotal study in the data influx project. It represents an imaginative re-interpretation of Leonardo da Vinci’s Mona Lisa, restyled in the abstract, cubist manner of Pablo Picasso. This piece is not just an artistic fusion but also a crucial part of initial research exploring the impact data influx of artistic data sets on generative model outputs.

Na outra página. Primeiras Experimentações: Fluxograma de Modelo Generativo Multimodal.

Este diagrama retrata a jornada transformacional de um prompt textual para um poema lírico utilizando a API do ChatGPT, que, por sua vez, inspira uma peça musical por meio das capacidades de texto para música do Riffusion. Subsequentemente, o áudio gerado serve como base para criar uma experiência visual através da operação de música para vídeo do Lucid Sonic Dreams, culminando em um vídeo de arte abstrata. Isso ilustra a capacidade da IA de transitar e transmutar entre diferentes tipos de mídia, incorporando a essência da criatividade generativa multimodal.





Early Experimentation: Multimodal Generative Model Flowchart. This diagram depicts the transformational journey from a textual prompt to a lyrical poem using the ChatGPT API, which then inspires a musical piece via Riffusion's text-to-music capabilities. Subsequently, the generated audio serves as a foundation for creating a visual experience through Lucid Dreams' music-to-video operation, culminating in an abstract art video. This illustrates the AI's ability to traverse and transmute across different media types, embodying the essence of multimodal generative creativity.

07.

O primeiro pipeline multimodal generativo: prova de conceito

Nosso experimento de prova de conceito, que utiliza a sinergia de modelos generativos como Lucid Sonic Dreams, Riffusion e ChatGPT API, marca um avanço significativo na tecnologia criativa. Ele demonstra uma tradução fluida de texto para saídas variadas, como imagens, áudio e vídeo, por meio de um grafo interconectado de modelos.

Lucid Sonic Dreams: Gera visualizações de vídeo a partir de música, sincronizando elementos percussivos e harmônicos.

Riffusion: Cria riffs musicais utilizando imagens de espectrogramas geradas por Stable Diffusion v1.5, que são posteriormente convertidas em clipes de áudio.

ChatGPT API: Oferece processamento avançado de linguagem natural, contribuindo para o entendimento do impacto da IA na arte digital.

The first multimodal generative pipeline: proof of concept

Our proof-of-concept experiment, leveraging the synergy of generative models such as Lucid Sonic Dreams, Riffusion, and ChatGPT API, marks a significant stride in creative technology. It demonstrates a fluid translation of text to varied outputs like images, audio, and video through an interconnected graph of models. This foundational work has now set the stage to extend the experiment into the realm of the metaverse, potentially opening uncharted territories for creative exploration and interaction in immersive virtual environments.

Lucid Sonic Dreams: Generates video visualizations from music. The visualization can be synchronized to the music's percussive and harmonic elements. By default, it uses NVLabs StyleGAN2-ada, with pre-trained models lifted from Justin Pinkney's consolidated repository. Custom weights and other GAN architectures can be used as well. [Pollinations. AI 2023] - source: (<https://github.com/pollinations/lucid-sonic-dreams-pytorch#lucid-sonic-dreams>).

Riffusion: Generates riffs (short musical phrase) using stable diffusion v1.5 fine tuned to generate audio spectrogram images which are later converted to audio clips. [Forsgren and Martiros 2022]. Source: (<https://github.com/riffusion>).

ChatGPT API [OpenAI 2023]: (<https://openai.com/blog/introducing-chatgpt-and-whisper-apis>).

CONCLUSÃO . CONCLUSION

Nosso estudo ilustra o impacto transformador dos modelos generativos multimodais na arte, anunciando uma nova era na interação entre inteligência artificial e expressão artística. Ele destaca as funções dinâmicas de “artista-observador,” “objeto de arte” e “usuário,” enquanto revela como ferramentas inovadoras e filosofias, como as de Wittgenstein e Foucault, moldam a nova paisagem da arte digital.

As implicações abrangem desde o design de algoritmos análogos ao DNA da arte digital até a consideração cuidadosa do uso de dados para preservar autenticidade, diversidade e originalidade no campo da arte gerada por IA.

Isso destaca a importância da pesquisa acadêmica contínua, especialmente na curadoria metódica de conjuntos de dados, para compreender e orientar o impacto da seleção de dados nos resultados artísticos.

Em conclusão, nosso estudo não apenas redefine paradigmas tradicionais de arte, mas também abre novos caminhos para futuras pesquisas sobre a intrincada relação entre tecnologia e arte. Ele enfatiza o potencial dos modelos generativos multimodais de explorar novos territórios na expressão artística, impactando profundamente a criação e a interpretação da arte. Estando na vanguarda de uma revolução da arte digital, nossa pesquisa sublinha a relevância da exploração acadêmica contínua, oferecendo insights críticos sobre a natureza em evolução da criatividade e da arte na era da IA. ●

Our study illustrates the transformative impact of multi-modal generative models on art, heralding a new era in the interplay between artificial intelligence and artistic expression. Grounded in empirical observation, our research delves into the dynamic roles of 'artist-observer', 'art object', and 'user' in the AI-influenced art world. We utilized innovative tools and models to understand these evolving roles. MidJourney, a sophisticated generative tool designed to produce images from textual prompts, played a pivotal role in showcasing the transformative role of AI in art creation and interpretation. Alongside this, we employed Lucid Sonic Dreams and Riffusion—models that translate audio and music into dynamic visual representations and textures, respectively. The ChatGPT API was integrated for its advanced natural language processing capabilities, contributing to our understanding of AI's impact on the digital art realm. The philosophical underpinnings of Wittgenstein and Foucault provide a critical framework for our study, offering insights into the changing nature of communication and interpretation in the digital art realm shaped by AI.

Our research draws a compelling parallel between AI algorithms and the 'DNA' of digital art, illustrating how these algorithms guide the evolution and transformation of art, much like DNA does in biological life. This analogy underscores the complexity and adaptability of AI in driving the creation and diverse perceptions of digital art.

The broader implications of our findings are profound, particularly concerning the vast data influx in digital artistry. Our empirical analysis highlights the critical role of data in shaping the authenticity, diversity, and originality of AI-generated art.

This underscores the importance of ongoing academic research, especially in the meticulous curation of datasets, to understand and guide the impact of data selection on artistic outputs. In conclusion, our study not only redefines traditional art paradigms but also opens new avenues for future research into the intricate relationship between technology and art. It emphasizes the potential of multi-modal generative models to forge new territories in artistic expression, impacting the creation and interpretation of art in profound ways. Standing at the forefront of a digital art revolution, our research underscores the importance of ongoing academic exploration, offering critical insights into the evolving nature of creativity and art in the age of AI. ●

ONCE UPON A TIME
IN A LUNAPARK...



logic will get you from
A to B.
Imagination will take you
EVERYWHERE

PEOPLE SHOOK THEIR
ELECTRONS TO SAY...



People here can
interconnect, work, play
and enjoy sharing their
experiences

In entanglement,
one constituent cannot be
fully described without
considering the others!



I guess
someone
is watching us!

we are living
a simulation!

Alchemy on The Mind!
Its an epic Rabbit hole!!

TO BE CONTINUED HERE.



LUNA PARK

DA PÁGINA DE HISTÓRIAS EM QUADRINHOS PARA A REALIDADE VIRTUAL

LUNA PARK

FROM COMIC PAGE TO VIRTUAL REALITY

*"Art is a lie that allows us
to perceive the truth."*

PABLO PICASSO

Inspired by the artistic boldness of the 1980s, LunaPark is a metaverse where reality and imagination blend together, creating a unique and interactive digital laboratory. Here, the visitor is the protagonist, exploring virtual spaces in bumper cars and interacting with generative digital lithographs.

At LunaPark, each visitor actively participates in the work, navigating between being a spectator and a creator, in an environment that constantly redefines the limits of art and technology.

"A arte é uma mentira
que nos permite
perceber a verdade."

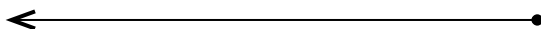
PABLO PICASSO

Inspirado pela ousadia artística da década de 80, o LunaPark é um metaverso onde realidade e imaginação se misturam, criando um laboratório digital interativo e único. Aqui, o visitante é protagonista, explorando espaços virtuais em carrinhos de bate-bate e interagindo com litografias digitais generativas.

No LunaPark, cada visitante participa ativamente da obra, navegando entre ser espectador e criador, em um ambiente que redefine constantemente os limites da arte e da tecnologia.

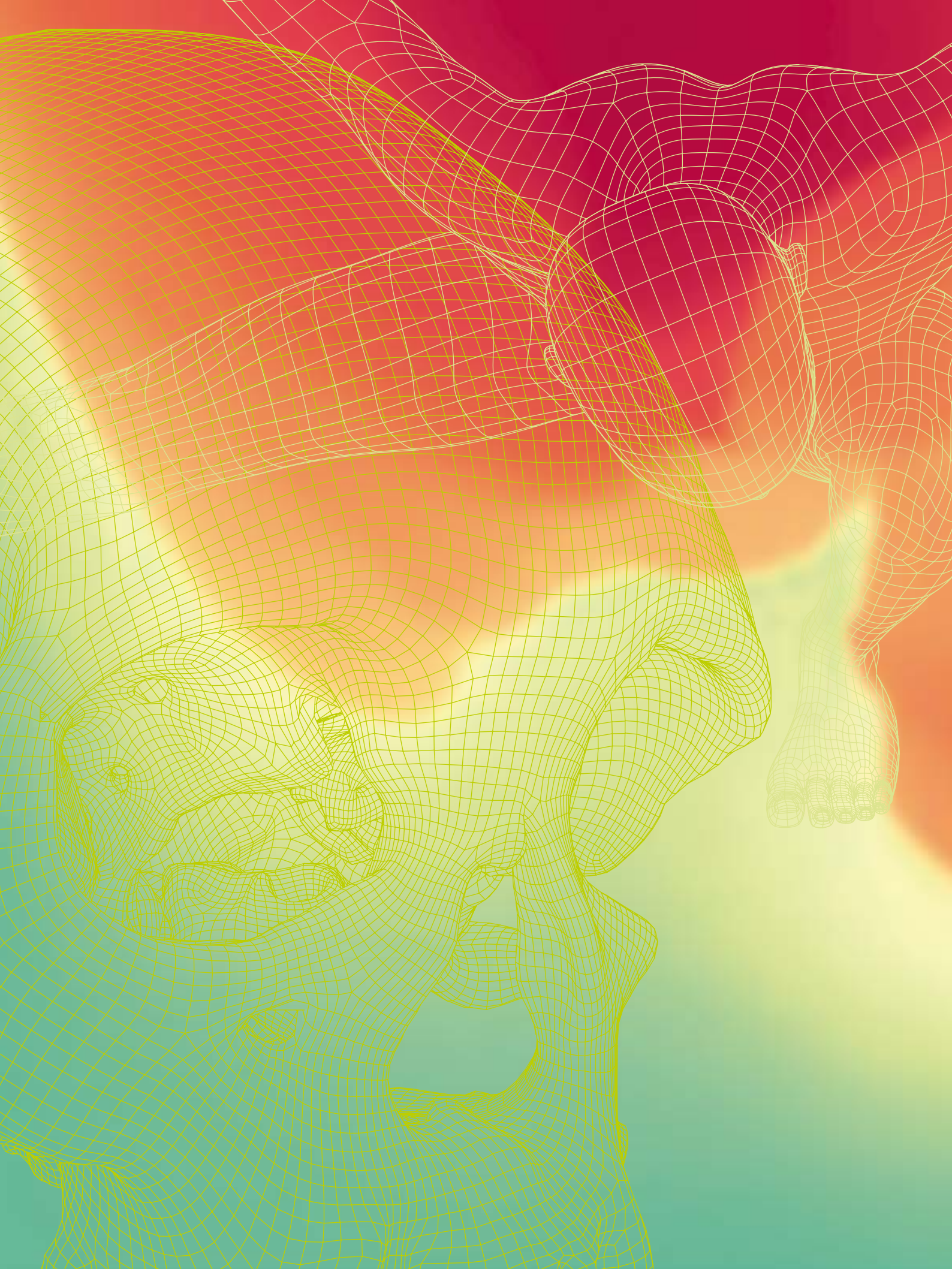
by Matteo Moriconi

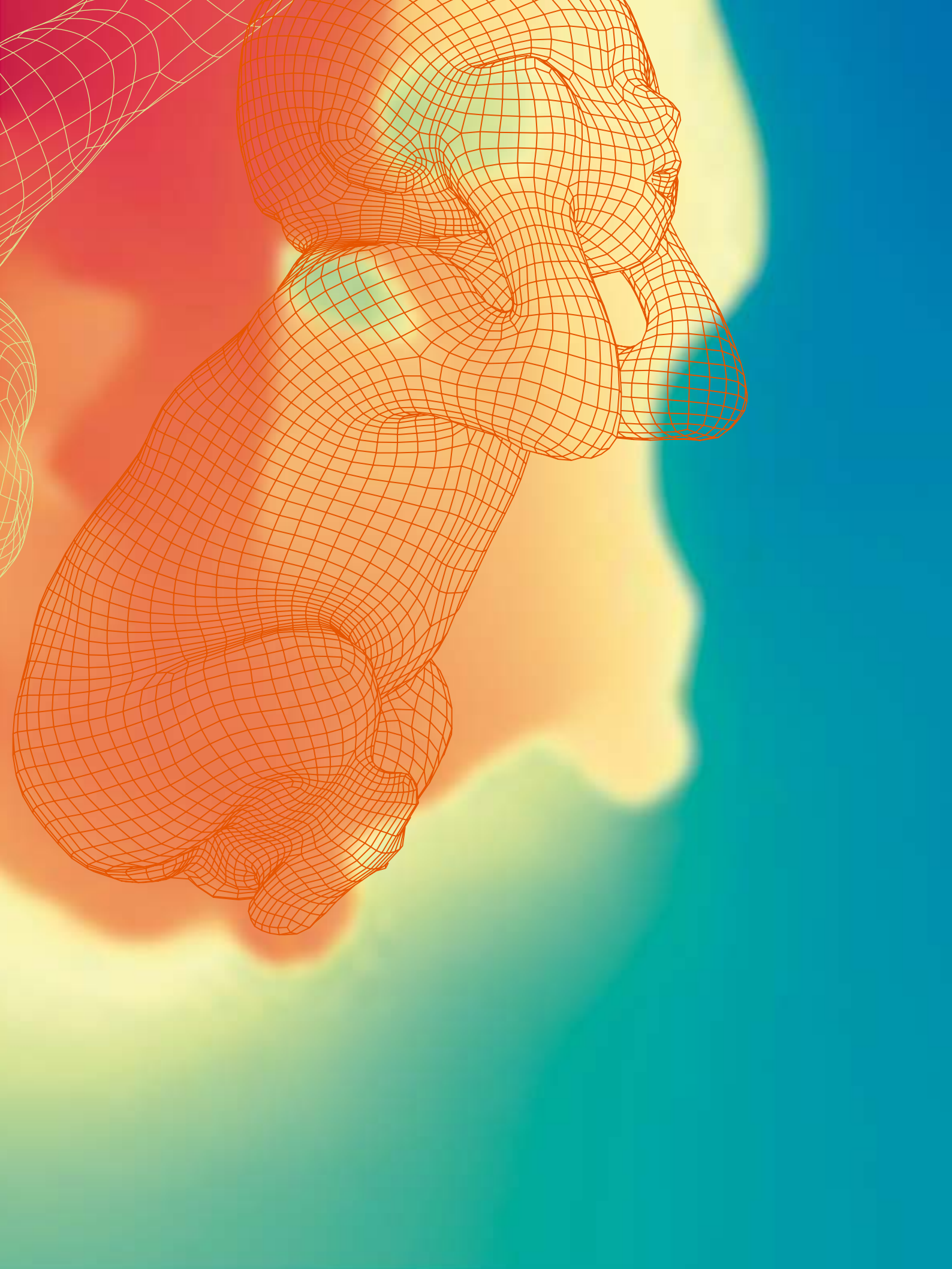
**Visite o Metaverso
VFXRio LunaPark**



Visit the VFXRio
LunaPark Metaverse

ARTES.ARTS 





REFERÊNCIAS . REFERENCES

PATRIMÔNIO . HERITAGE

O MUSEU NACIONAL VAI AO METAVERSO THE NATIONAL MUSEUM GOES TO THE METAVERSE

AVATAR, 2009. Direção James Cameron. Twentieth Century Fox, USA. 162 minutos.

AZEVEDO, S. A. K., 2007 (Organizador). **O Museu Nacional**, 2007. Banco Safra, São Paulo, 359p.

AZEVEDO, S. A. K. & CARVALHO, L. B., 2008. O uso da tomografia computadorizada no estudo de vertebrados fósseis no Museu Nacional/UFRJ – Use of computed tomography in the study of fossilized vertebrates in the National Museum/UFRJ. 1-32. In: Heron Werner Jr. & Jorge Lopes, eds., **Tecnologias 3D: paleontologia, arqueologia, fetotologia/Technologies 3D: paleontology, archaeology, fetology**. Ed. Revinter, Rio de Janeiro, 190p.

DAVID, J.; LEWIS-WILLIAMS, D. J.; & CLOTTES, J., 2008. **The Mind in the Cave – the Cave in the Mind: Altered Consciousness in the Upper Paleolithic** In: Anthropology of Consciousness, 1998; 9(1):13-21.

GRILLO, O.N.; LOBO, L.S.; AZEVEDO, S., 2020. **LAPID: Using 3D to Recover Heritage Lost in a Fire**. Sketchfab Blog. Cultural Heritage – Science Spotlight, 20 January 2020. <https://sketchfab.com/blogs/community/lapid-using-3d-to-recover-heritage-lost-in-a-fire/> (18/11/2024).

LOPES, J.; AZEVEDO, S. A.; WERNER Jr., H. & BRANCAGLION Jr., A. 2019. **Seen/Unseen**. RioBooks, Rio de Janeiro, 244p.

LOPES, J. R. L.; BRANCAGLION Jr., A.; AZEVEDO, S. A. K. & WERNER Jr., H., 2013. **Tecnologias 3D: desvendando o passado, modelando o futuro**. Editora Lexikon, 248p.

OVÍDIO (P. *Ouidii Nafonis*), 8. **Metamorfoses**. Madras Editora, São Paulo, 2003.

READY PLAYER ONE, 2018. Direção Steven Spielberg. Warner Bros., USA/Índia. 140 minutos.

ROSEDALE, P., 1999/2003. <https://secondlife.com/>

STEPHERSON, N., 1992. **Snow Crash**. Bantam Books, New York, 480p.

SURROGATES, 2009, Direção Jonathan Mostow. Touchstone Pictures, USA. 89 minutos.

THE MATRIX, 1999. Direção Lana Wachowski & Lilly Wachowski. Village Roadshow-Warner Bros., USA/Austrália. 136 minutos.

TRON, 1982, Direção Steven Lisberger. Kushner-Lisberger Studios, USA. 96 minutos.

WEINBAUM, S. G, 1935. Pygmalion's Spectacles. e-book Project Gutenberg, 2007. <https://www.gutenberg.org/files/22893/22893-h/22893-h.htm> (18/11/2024).

WERNER Jr., H. & LOPES, J., 2009. **Tecnologias 3D: Paleontologia, Arqueologia e Fetologia**. Editora Revinter, 202 p.

ENFRENTANDO AS CINZAS E A RECLUSÃO FACING THE ASHES AND SECLUSION

CYRANOSKI, D. 2020. **Profile of a killer: the complex biology powering the coronavirus pandemic**. <https://www.nature.com/articles/d41586-020-01315-7>.

GRILLO, O.; LOBO, L. & AZEVEDO, S. A. 2020. **LAPID: Using 3D to Recover Heritage Lost in a Fire**. <https://sketchfab.com/blogs/community/lapid-using-3d-to-recover-heritage-lost-in-a-fire/>.

LOBO, L. S.; GRILLO, O. N. & AZEVEDO, S.A.K., 2021. **Morfologia, Pandemia e 3D**. Arquivos de Zoologia, 52(2): 33-40. <http://doi.org/10.11606/2176-7793/2021.52.02>.

LOBO, L. S.; SALLES, L. D. O. & MORAES NETO, C. R., 2021. **3D model related to the publication: A Puma concolor (Carnivora: Felidae) in the Middle-Late Holocene landscapes of the Brazilian Northeast (Bahia): submerged cave deposits and stable isotopes**. MorphoMuseuM 7:156. doi: 10.18563/journal.m3.156

LOPES, J.; Brancaglioni Jr., A.; Azevedo, S. A. & WERNER Jr., 2013. **Tecnologia 3D: desvendando o passado, modelando o futuro**. Editora Lexikon, 248 p.

LOPES, J.; AZEVEDO, S. A.; WERNER Jr., H. & BRANCAGLIONI Jr., A. 2019. **Seen/Unseen**. RioBooks, Rio de Janeiro, 244 p.

PEERI, N.C.; SHRESTHA, N.; RAHMAN, M.S.; ZAKI, R.; TAN, Z.; BIBI, S.; BAGHDANZADEH, M.; AGHAMOHAMMADI, N.; ZHANG, W. & HAQUE, U. 2020. **The SARS, MERS and novel coronavirus (COVID-19) epidemics, the newest and biggest global health threats: what lessons have we learned?** International Journal of Epidemiology, 49(3): 717-726.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). 1999. Final Report OECD Megascience Forum Working Group on Biological Informatics. OECD, Paris. Disponível em: <http://www.bgbm.org/biocise/Refs/BIREPFIN.pdf>.

OUR WORLD IN DATA, 2025. Research & development spending as a share of GDP [dataset]. UNESCO Institute for Statistics, "World Development Indicators". Disponível em 20/01/2025, <https://ourworldindata.org/grapher/research-spending-gdp>. (acesso em 24/04/2025).

RODRIGUES-CARVALHO, C.; CARVALHO, L.; AMARAL, A. L.; REIS, S.; BITTAR, V., 2022.

Depois das cinzas: Conservação preventiva das coleções recuperadas pelo Núcleo de Resgate de Acervos do Museu Nacional. Rio de Janeiro: Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 104 p.

SOU CIÊNCIA, 2024. Orçamento das Universidades Federais. Acessado em 10/01/2025, disponível em <https://souciencia.unifesp.br/dados-fctesp/orcamento-universidades-federais>.

WERNER Jr., H. & LOPES, J., 2009. **Tecnologias 3D: Paleontologia, Arqueologia e Fetologia**. Editora Revinter, 202 p.

DINOSSAUROS

DINOSAURS DINOSAURS

BITTENCOURT, J. S. & KELLNER, A. W. A., 2009. **The anatomy and phylogenetic position of the Triassic dinosaur *Staurikosaurus pricei* Colbert**, 1970, Zootaxa 2079, pp. 1-56

COLBERT, E. H., 1970. **A saurischian dinosaur from the Triassic of Brazil**. American Museum Novitates, 2405, 1 - 60.

GRILLO, O.N., 2005. **Reconstrução do esqueleto de *Staurikosaurus pricei* (Dinosauria, Theropoda):** Uso de scanner laser 3D e modelagem virtual tridimensional para reconstruir vertebrados fósseis. Monografia (Bacharelado em Biologia, Modalidade Zoologia), Instituto de Biologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

GRILLO, O.N., 2007. **Miologia e biomecânica do membro posterior de *Staurikosaurus pricei* Colbert**, 1970 (Dinosauria, Saurischia). Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas - Zoologia), Programa de Pós-Graduação em Zoologia, Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

REFERÊNCIAS . REFERENCES

GRILLO, O. N., 2014. **Evolução morfofuncional da articulação da pelve de dinossauros Saurischia**: Implicações na locomoção de *Rhea americana* e *Staurikosaurus pricei*. Rio de Janeiro. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas - Zoologia), Programa de Pós-Graduação em Zoologia, Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

GRILLO, O. N.; AZEVEDO, S. A. K., 2011a. **Recovering missing data**: estimating position and size of caudal vertebrae in *Staurikosaurus pricei* Colbert, 1970. *Anais da Academia Brasileira de Ciências (Impresso)*, v. 83, p. 61-72.

GRILLO, O. N.; AZEVEDO, S. A. K., 2011b. **Pelvic and hind limb musculature of *Staurikosaurus pricei* (Dinosauria: Saurischia)**. *Anais da Academia Brasileira de Ciências (Impresso)*, v. 83, p. 73-98.

GRILLO, O. N.; GIOIA, M. M.; BELMONTE, S. L. & AZEVEDO, S. A. K., 2011. ***Staurikosaurus pricei***: modern studies. IV Congreso Latinoamericano de Paleontología de Vertebrados, San Juan, Argentina, 21 a 24/09/2011. *Ameghiniana*, 48(4): 56.

KELLNER, A.; CAMPOS, D. A.; AZEVEDO, S. A. K.; TROTTA, M. N.; HENRIQUES, D. D.; CRAIK, M. T. & SILVA, H. P., 2006. **On a new titanosaur sauropod from the Bauru Group**, Late Cretaceous of Brazil. *Boletim do Museu Nacional, Rio de Janeiro*, 74:1-31.

PROJETO NEFERHOTEP FERHOTEP PROJECT

BRILHART, J. In the Blink of a Mind – Attention, 2017. **The Language of VR**. Disponível em: <https://medium.com/@brillhart/in-the-blink-of-a-mind-attention-1fdff60fa045#.nm7itb3gk>

CHAMPOLLION, J. F., 1844/1973. **Monuments de l'Égypte et de la Nubie d'après les dessins exécutés sur les lieux sous la direction de Champollion-le-Jeune et les descriptions autographes qu'il en a rédigées**. Notices descriptives, III. Institut de France, Imprimerie et Librairie de Fermin Didot Frères, Paris. Repr. de la publicación de 1844-1879: Éditions des Belles Lettres. Collection des Classiques Égyptologiques. Genève, 1973.

DAVIES, N. de G., 1933. **The Tomb of Nefer-hotep at Thebes**. 2 vols. Metropolitan Museum of Art, New York.

GARDINER, A. H. & WEIGAL, A. E. P., 1913. **A Topographical Catalogue of the Private Tombs of Thebes**. London: Bernard Quaritch.

PEREYRA, M. V.; ALZOGARAY, N.; ZINGARELLI, A.; FANTECHI, S.; VERA, S. VERBEEK, C.; GRAUE, B.; BRINKMANN, S., 2006. **Imágenes a preservar en la tumba de Neferhotep**. Tucumán: Facultad de Artes, Universidad Nacional de Tucumán.

PEREYRA, M. V., 2015. **Images of Power in Neferhotep's Tomb**: Between Tradition and Renovation." En: A. Jiménez Serrano; C. Pilgrim (eds.), *From Delta to Cataract. Studies Dedicated to Mohamed el-Bialy*. Leiden – Boston: Brill, pp. 202-217.

PEREYRA, M. V.; BONANNO, M.; CATANIA, M. S.; IAMARINO, M. L.; OJEDA, V. C.; CORDEIRO, E. S. N.; LOVECKY, G. A., 2019. **Neferhotep y su espacio funerario I**. Ritual y programa decorativo. Buenos Aires: IMHICHU – CONICET.

ROSELLINI, H., 1834. **I Monumenti dell'Egitto e della Nubia disegnati dalla spedizione scientifico-letteraria toscana in Egitto**: distribuiti in ordine di materia interpretati ed illustrati dal dottore Ipolito Rosellini, t. II. Monumenti civile. vol. 2. Tavole M.C. Disponibile en: https://digi.ub.uni-heidelberg.de/diglit/rosellini1834bd4_2.

MÜNSTERBERG, H., 2018.. In Xavier, Ismail. **A experiência do cinema** (Portuguese Edition) (2018). Paz e Terra. Kindle Edition.

EPIGRAFIA DIGITAL DA PROCISSÃO
FUNERÁRIA DE NEFERHOTEP
DIGITAL EPIGRAPHY OF NEFERHOTEP'S
FUNERAL PROCESSION

DAVIES, N. de G., 1973. **The Tomb of Neferhotep at Thebes**. 2 vols. (Metropolitan Museum of Art Egyptian Expedition, New York: Arno Press.

PEREYRA, M. V.; ALZOGARAY, N.; ZINGARELLI, A.; FANTECHI, S.; VERA, S. VERBEEK, C.; GRAUE, B.; BRINKMANN, S., 2006. **Imágenes a preservar en la tumba de Neferhotep**. Tucumán: Facultad de Artes, Universidad Nacional de Tucumán.

PEREYRA, M. V.; BONANNO, M.; CATANIA, M. S.; IAMARINO, M. L.; OJEDA, V. C.; CORDEIRO, E. S. N.; LOVECKY, G. A., 2019. **Neferhotep y su espacio funerario I**. Ritual y programa decorativo. Buenos Aires: IMHICIHU – CONICET.

WILKINSON, R. H., 1992. **Reading Egyptian Art**. A hieroglyphic guide to ancient Egyptian painting and sculpture. New York: Thames and Hudson.

V-HORUS
V-HORUS

GILLINGS R. J., 2003. **Mathematics in the Time of the Pharaohs**. Cambridge. MIT.

VANDENBEUSCH, M., 2019. **Encounter with two mummies from Roman Egypt**. p. 34-41. In: Lopes, Azevedo, Werner Jr. & Bracaglion Jr., 2019. *Seen/Unseen: 3D Visualization*. Rio Books, 248p.

O MUSEU NACIONAL
THE NATIONAL MUSEUM

AZEVEDO, S. A. K. (organizador), 2007. **Museu Nacional**. Ed. Banco Safra, São Paulo, 360p.

AZEVEDO, S. A. K.; GRILLO, O. N.; VON SEEHAUSEN, P.; CARDOSO, G.; LOBO, L. S.; BRANCAGLION Jr., A.; RODRIGUES-CARVALHO, C.; CARVALHO, L. B.; BASTOS, M.; BITTAR, V. S.; REIS, S.; RABELLO, A.; PEREIRA, E.; AGOSTINHO, M. B.; AGUIAR, P.; WITOWISK, L.; ZUCOLOTTI, M. E. & LOPES, J., 2019. 3D After the fire. In: J. Lopes; S. A. Azevedo; H. Werner Jr. & A. Brancaglion Jr. (eds.) **Seen/Unseen: 3D visualization**. 2019. Rio Books, Rio de Janeiro, p. 56-65.

CARVALHO, L. B.; AZEVEDO, S. A. K. ; WITOWISK, L.; MACIEL, B.; GRILLO, O.; CABRAL, U.; SILVA, H. & GONÇALVES, P., 2021. As Coleções Paleontológicas.../The Paleontological Collections... 84-97. In: C. Rodrigues-Carvalho; L. Carvalho; G. Cardoso & S. Reis. **500 Dias de Resgate: Memória, coragem e imagem/500 days of Rescue: Memory, courage and image**. Série Livros Digital, 22, Museu Nacional, Rio de Janeiro, RJ. (ISBN: 978-65-5729-007-1 digital e 978-65-5729-008 impresso).

DANTAS, R. M. M. C. **A Casa do Imperador: Do Paço de São Cristóvão ao Museu Nacional**. Rio de Janeiro: 2007. Dissertação (Mestrado em Memória Social) – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro.

MONNERAT, M. C.; ROMANO, P. S. R. ; GRILLO, O. N. ; HAGUENAUER, C. ; AZEVEDO, S. A. K. ; CUNHA, G. G., 2010. **The Dinos Virtuais Project: a virtual approach of a real exhibition**. IADIS International Journal on WWWInternet, v. 8, p. 136-150.

REFERÊNCIAS . REFERENCES

RESTAURAÇÃO DAS ESCULTURAS DO PAÇO DE SÃO CRISTÓVÃO, Projeto Museu Nacional Vive, Museu Nacional/UFRJ. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=QBJg4MJrNq0&t=39s> Acesso em: 24/04/2025.

ZEVI, B. **Saber ver a arquitetura**. Tradução: Maria Isabel Gaspar, Gaëtan Martins de Oliveira. 6ª ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2009.

PATRIMÔNIO EM REALIDADE VIRTUAL HERITAGE IN VIRTUAL REALITY

GRILLO, O.N.; LOBO, L.S.; AZEVEDO, S., 2020. **LAPID**: Using 3D to Recover Heritage Lost in a Fire. Sketchfab Blog. Cultural Heritage – Science Spotlight, 20 January 2020. Disponível em: <https://sketchfab.com/blogs/community/lapid-using-3d-to-recover-heritage-lost-in-a-fire/> Acesso em: 24/04/2025.

LOBO, L. S.; GRILLO, O. N. & AZEVEDO, S. A. K., 2021. **Morfologia, Pandemia e 3D**. Arquivos de Zoologia, 52(2):33-40.

LOPES, J.; AZEVEDO, S. A.; WERNER Jr., H. & BRANCAGLION Jr., A. 2019. **Seen/Unseen**. RioBooks, Rio de Janeiro, 244p.

LOPES, J. R. L.; BRANCAGLION Jr., A.; AZEVEDO, S. A. K. & WERNER Jr., H., 2013. **Tecnologias 3D**: desvendando o passado, modelando o futuro. Editora Lexikon, 248p.

SHORE, M., 2015. **The Curious History of Virtual Reality**. AbelCine Tech News. Disponível em: <https://www.abelcine.com/articles/blog-and-knowledge/tech-news/the-curious-history-of-virtual-reality> Acesso em 24/04/2025.

TUSTAIN, J., 2019. **Tudo sobre realidade virtual & Fotografia 360º**. Editora SENAC, São Paulo, 160p.

VELHO, L., 2022. **Metaverse**. Technical Report TR-22-03, IMPA/MCTI. Disponível em: https://www.visgrafimpa.br/Data/RefBib/PS_PDF/tr-03-2022/tr-03-2022.pdf Acesso em: 24/04/2025.

VELHO, L.; LOPES, J.; AZEVEDO, S.; ALEVATO, B.; RIBEIRO, G.; DUARTE, M. & ARCOVERDE, V. – **Spece XR**: Plano de Pesquisa. Technical Report TR-22-01, IMPA/MCTI. Disponível em: <http://space-xr.com/wp-content/uploads/2022/01/tr-01-2022-s.pdf> Acesso em: 24/04/2025.

WERNER Jr., H. & LOPES, J., 2009. **Tecnologias 3D**: Paleontologia, Arqueologia e Fetologia. Editora Revinter, 202 p.

RÉPLICAS EMOCIONAIS EMOTIONAL REPLICAS

BENJAMIN, W. (2012). **The Work of Art in the Age of Mechanical Reproduction**, Scottsdale.

CHARNEY, N. (2015). **The Art of Forgery**: The Minds, Motives and Methods of the Master Forgers – Phaidon, UK.

DUBOIS, P. (1990). **L'acte photographique et autres essais – Nathan**, Paris, France.

F FOR FAKE (1973). Directed by Orson Wells, France, Janus Films (89 min.) Available on <https://www.youtube.com/watch?v=4C2nt72h0cQ> (visited 24/04/2025)

FLUSSER, V. (1999). **The Shape of Things – A Philosophy of Design**, Reaktion Books, UK.

GALEANO, E. 2011. **Entrevista – Eduardo Galeano**. Available on <https://maisqueusual.wordpress.com/2011/03/29/entrevista-eduardo-galeano/> (visited 24/04/2025).

IRVING, C. (1969). **Fake**: the story of Elmyr de Hory: the greatest art forger of our time. McGraw-Hill, USA.

LATOURE, B. & LOWE, A. (2020). The migration of the aura, or how to explore the original through its facsimiles. In: **The Aura in the Age of Digital Materiality** – Exhibition “La Riscoperta Di Un Capolavora” – Palazzo Fava, Bologna, 2020 – Silvana Editoriale, Milano. p. 33-42.

LOPES, J.; AZEVEDO, S. A.; WERNER JR., H. & BRANCAGLION JR. A., 2019. **Seen/Unseen: 3D visualization**. 2019. Rio Books, Rio de Janeiro, 247 p.

PLINY THE ELDER, **Natural History**, 1961 (trans. H. Rackham), Cambridge, MA: Harvard University Press, vol. 1.

SENNETT, R. (2008). *The Craftsman* – Yale University Press, London, UK.

MEDICINA . MEDICINE

1. BRAVO-VALENZUELA NJ, BELEZA MCL, REZENDE GB, PAIVA LC, NIEBLAS CO, TRAJANO FILHO E, ARAÚJO JÚNIOR E, CASTRO PT, KIRSCHNER G, WERNER H. **Prenatal diagnosis of fetal left ventricular diverticulum: 3D virtual and physical reconstruction models**. J Clin Ultrasound. 2024;1-3. DOI: 10.1002/jcu.23650
2. BRAVO-VALENZUELA NJ, LEITE MFMP, LOPES J, ARCOVERDE V, RIBEIRO G, ARAÚJO JÚNIOR E, WERNER H. **Three-dimensional navigation inside a normal fetal heart in a virtual reality environment**. J Clin Ultrasound. 2024;1-2. doi:10.1002/jcu.23788.
3. CASTRO PT, MATOS AP, WERNER H, LOPES J, RIBEIRO G, ARAUJO JE. **Evaluation of fetal nasal cavity in bilateral congenital dacryocystocele: 3D reconstruction and virtual navigation by magnetic resonance imaging**. Ultrasound Obstet Gynecol. 2020;55(1):141-143.
4. CASTRO P, WERNER H, RIBEIRO G, LOPES J, ARAUJO JE. **Omphalopagus in a Dichorionic diamniotic triplet pregnancy: prenatal and postnatal 3D models and virtual reality**. J Obstet Gynaecol Can. 2023;45(1):1-3.
5. GIFFONI MC, LOPES J, RIBEIRO G, ARAÚJO JÚNIOR E, WERNER H. **Fetal heart segmentation in a virtual reality environment**. The International Journal of Cardiovascular Imaging. 2024. <https://doi.org/10.1007/s10554-024-03157-0>.
6. LEITE MFMP, PEREIRA JÚNIOR JP, VERONA BARRETO FARIAS C, LOBATO G, RIBEIRO G, WERNER H. **Fetal left ventricle giant aneurysm: three-dimensional virtual and printed model**. Ultrasound Obstet Gynecol 2024; 64: 127-128.
7. MASSETTI M, CHIARIELLO GA. **The metaverse in medicine**. European Heart Journal Supplements (2023) 25 (Supplement B), B104-B107.
8. MICHELETTI T, CASTRO PT, ARAUJO JÚNIOR E, CASTELLANO MA, ANDRADE CF, WERNER H. **Fetal cervical sarcoma: Comparison between virtual and real fetal bronchoscopy**. J Clin Ultrasound. 2024;1-4. doi:10.1002/jcu. 23806
9. NEAL STEPHENSON (2007), Snow Crash, Rizzoli Eds.
10. NIEBLAS CO, BRAVO-VALENZUELA NJ, ARAUJO JÚNIOR E, CASTRO PT, WERNER H. **Fetal tetralogy of Fallot: Three-dimensional virtual and physical models from ultrasound scan data findings**. J Clin Ultrasound. 2024;1-3. doi:10.1002/jcu.23696.

REFERÊNCIAS . REFERENCES

11. NIEBLAS CO, BRAVO-VALENZUELA NJ, ARAUJO JÚNIOR E, CASTRO PT, WERNER H. **Fetal transposition of the great arteries: 3D virtual and physical models from ultrasound datasets.** The International Journal of Cardiovascular Imaging. 2024. <https://doi.org/10.1007/s10554-024-03106-x>.
12. OKPAISE OO, TONNI G, WERNER H, ARAUJO JÚNIOR E, LOPES J, RUANO R. **Three-dimensional real and virtual models in fetal surgery: a real vision.** Ultrasound Obstet Gynecol. 2024 Mar;63(3):303-311.
13. PERILLA AB, DARDES RDCM, NUNES MG, ARAUJO JÚNIOR E, WERNER H, RIBEIRO G, CASTRO PT, TAKANO CC, COSSI PS, SCHOR E. **Herlyn-Werner-Wunderlich syndrome: value of 3D ultrasound, 3D sonovaginography and virtual navigation in diagnosis of Mullerian malformations.** Ultrasound Obstet Gynecol 2024; 63: 419-425.
14. PIRES GV, NIEBLAS CO, BRAVO-VALENZUELA NJ, ARAUJO JÚNIOR E, CASTRO PT, WERNER H. **Ebstein anomaly: 3D virtual and physical models from obstetrical ultrasound data.** Echocardiography. 2024; 41:1-2. <https://doi.org/10.1111/echo.15806>.
15. SPATIAL.io, URL: <https://spatial.io/>
16. Tonni G, Ruano R, Sà R, Peixoto Filho FM, LOPES J, WERNER H. **3D virtual Bronchoscopy before FETO procedure in a fetus with severe, isolated left congenital diaphragmatic hernia.** Fetal Pediatr Pathol. 2018; 37(2):134-139.
17. WANG Y, LI C, QU L, CAI H AND GE Y (2023), **Application and challenges of a metaverse in medicine.** Front. Robot. AI 10:1291199. doi: 10.3389/frobt.2023.1291199.
18. WERNER ES, CALLIL C, LOPES J, DE MELO JV, RIBEIRO G, ARCOVERDE V, WERNER CSP, WERNER H. **Additive manufacturing in fetal medicine and the general data protection law.** Ultrasound Obstet Gynecol 2024; 64 (Suppl.1): 126.
19. WERNER H, COSSI PS, RIBEIRO G, DOS SANTOS JL, CASTRO PT, ARAUJO JÚNIOR E. **Virtual hysterosalpingography: A new non-invasive tool for the assessment of uterine cavity and fallopian tubes.** Eur J Radiol 2021; 139: 109688.
20. WERNER H, LOPES DOS SANTOS JR, FONTES R, BELMONTE S, DALTRO P, GASPARETTO E, MARCHIORI E, CAMPBELL S. **Virtual bronchoscopy for evaluating cervical tumors of the fetus.** Ultrasound Obstet Gynecol. 2013;41(1):90-94.
21. WERNER H, LOPES J, RIBEIRO G, JESUS NR, SANTOS GR, ALEXANDRIA HAF. **Three-dimensional virtual cystoscopy: noninvasive approach for the assessment of urinary tract in fetuses with lower urinary tract obstruction.** Prenat Diagn 2017; 37:1350-1352.
22. WERNER H, LOPES J, RIBEIRO G, RAPOSO AB, TRAJANO E, ARAUJO JÚNIOR E. **Three-dimensional virtual traveling navigation and three-dimensional printing models of a normal fetal heart using ultrasonography data.** Prenatal Diagnosis. 2019; 39(3): 175-177.
23. WERNER H, RIBEIRO G, LOPES J, SÁ RAM, MAIA F, CASTRO P, ARAUJO JÚNIOR E. **Virtual navigation for the improvement of parents counseling and the planning of fetal endoscopic myelomeningocele repair.** Childs Nerv Syst 2021;37: 969-972.

24. WERNER H, RIBEIRO G, LOPES DOS SANTOS J, CASTRO PT, LOPES FP, DALTRO P. **Cutting-edge 3D image obtained through fusion of three imaging technologies.** *Ultrasound Obstet Gynecol* 2021; 57: 354–355.
25. WERNER H, RIBEIRO G, ARCOVERDE V, LOPES J, VELHO L. **The use of metaverse in fetal medicine and gynecology.** *Eur J Radiol* 2022; 150:110241.
26. WERNER H, TONNI G, LOPES J. **3D Physical and Virtual Models in Fetal Medicine.** *Applications and Procedures.* Springer, 2023.
27. WERNER H, WERNER ES, WERNER CSP, PROENÇA FP, LOPES J, RIBEIRO G, ARCOVERDE V. **Extended reality and the general data protection law.** *Ultrasound Obstet Gynecol* 2023; 62 (Suppl.1): 109.
28. WIKIPEDIA, “**Second Life**”, 2003, https://en.wikipedia.org/wiki/Second_Life

ARTES . ARTS

OCEAN DANCE

OCEAN DANCE

1. <https://www.visgrafimpa.br/Projects/motioncreation/>
2. <https://www.analivia.com.br/nota-anna/>
3. <https://www.gillesjobin.com/creation/virtual-crossings/>
<https://www.Optitrack>
<https://www.blender.org>
4. <https://www.unity.com>
<https://www.spatial.io>
5. <https://spectrum.ieee.org/the-uncanny-valley>

IA, IMAGENS E DANÇA

AI, IMAGES AND DANCE

1. PAULA TOLLER ALL OVER (Feat. Donavon Frankenreiter). , 6 abr. 2020. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=w4EvaUZ5SX0>>. Acesso em: 27 jan. 2025
2. Ó PAÍ, Ó. Disponível em: <<https://gruposal.com.br/portfolio/o-pai-o/>>. Acesso em: 27 jan. 2025.
3. ROMBACH, R. et al. **High-Resolution Image Synthesis with Latent Diffusion Models.** *arXiv*, , 13 abr. 2022. Disponível em: <<http://arxiv.org/abs/2112.10752>>. Acesso em: 5 fev. 2025
4. FOUNDATION, B. blender.org - Home of the Blender project - Free and Open 3D Creation Software. blender.org, [s.d.]. Disponível em: <<https://www.blender.org/>>. Acesso em: 5 fev. 2025
5. FLUSSER, V. **Filosofia da caixa preta:** ensaios para um futura filosofia da fotografia. [s.l.] Annablume, 2011.
6. MEMORIES OF PASSERSBY I | Quasimondo. , [s.d.]. Disponível em: <<https://underdestruction.com/2018/12/29/memories-of-passersby-i/>>. Acesso em: 5 fev. 2025
7. REFIK ANADOL. Disponível em: <<https://refikanadol.com/>>. Acesso em: 5 fev. 2025.
8. REMI (@Remi_molettee) | Foundation. Disponível em: <https://foundation.app/@Remi_molettee?tab=collections>. Acesso em: 18 jan. 2024.
9. MANOVICH, L. ‘Make it New’: GenAI, Modernism, and Database Art. [s.d.].

REFERÊNCIAS . REFERENCES

- ALAMMAR, J. **The Illustrated Stable Diffusion**. Disponível em: <<https://jalammar.github.io/illustrated-stable-diffusion/>>. Acesso em: 5 fev. 2025.
- WASSILY KANDINSKY – 614 artworks, biography, books, quotes, articles. Disponível em: <<https://www.wassilykandinsky.net/>>. Acesso em: 5 fev. 2025.
- SCHLEMMER, O.; MOHOLY-NAGY, L.; MOLNÁR, F. **The theater of the Bauhaus**. Tradução: Arthur S. Wensinger. Zurich: Lars Müller Publishers, 2020.
- deform-art/deform-stable-diffusion. deform-art, , 18 jan. 2024. Disponível em: <<https://github.com/deform-art/deform-stable-diffusion>>. Acesso em: 18 jan. 2024
- Bernardo Alevato & Taianne Oliveira | FILE FESTIVAL. Disponível em: <https://file.org.br/anima_2023/bernardo-alevato-e-taianne-oliveira-move/>. Acesso em: 5 fev. 2025.
- Edição 2023. Disponível em: <<https://www.inshadowfestival.com/edicao-2023>>. Acesso em: 5 fev. 2025.
- 2023 Programme 4. Disponível em: <<https://www.screendancelondon.com/2023-programme-4-lisdf>>. Acesso em: 5 fev. 2025.
- VIII. Edición 2023. Disponível em: <<https://www.zinetikafestival.com/es/festival/ediciones/2023/films/move>>. Acesso em: 5 fev. 2025.
- Fable Prism: Where designers control generative AI. , 19 mar. 2024. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=3h2hpClc5Mg>>. Acesso em: 7 fev. 2025
- PAS DE DEUX. National Film Board of Canada, , 1968. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=WopqmACy5XI>>
- GUO, Y. et al. **AnimateDiff: Animate Your Personalized Text-to-Image Diffusion Models without Specific Tuning**. arXiv, , 8 fev. 2024. Disponível em: <<http://arxiv.org/abs/2307.04725>>. Acesso em: 7 fev. 2025
- COMFYANONYMOUS/COMFYUI: **The most powerful and modular diffusion model GUI, api and backend with a graph/nodes interface**. Disponível em: <<https://github.com/comfyanonymous/ComfyUI?tab=readme-ov-file>>. Acesso em: 7 fev. 2025.
- HU, E. J. et al. LoRA: **Low-Rank Adaptation of Large Language Models**. arXiv, , 16 out. 2021. Disponível em: <<http://arxiv.org/abs/2106.09685>>. Acesso em: 7 fev. 2025
- RANFTL, R. et al. **Towards Robust Monocular Depth Estimation: Mixing Datasets for Zero-shot Cross-dataset Transfer**. arXiv, , 25 ago. 2020. Disponível em: <<http://arxiv.org/abs/1907.01341>>. Acesso em: 7 fev. 2025
- YANG, Z. et al. **Effective Whole-body Pose Estimation with Two-stages Distillation**. arXiv, , 25 ago. 2023. Disponível em: <<http://arxiv.org/abs/2307.15880>>. Acesso em: 7 fev. 2025

MANIFESTO PARA A ERA DIGITAL MANIFESTO FOR THE DIGITAL AGE

1. Platão. *A República*. Traduzido por G.M.A. Grube, revisado por C.D.C. Reeve, Hackett Publishing Company, 1992. Originalmente composto por volta de 380 a.C.
2. Michelangelo Buonarroti. *Diversas obras e contribuições para a arte renascentista*, 1475-1564.
3. Leonardo da Vinci. *Cadernos*. Editado por Irma A. Richter, Oxford University Press, 2008. Originalmente composto entre 1452-1519.
4. Escher, M.C. *Mãos Desenhando*. Litografia, 1948.
5. Caravaggio. *A Vocação de São Mateus*. Óleo sobre tela, Capela Contarelli, San Luigi dei Francesi, Roma, 1599-1600.
6. Bernini, Gian Lorenzo. *A Êxtase de Santa Teresa*. Escultura em mármore, Capela Cornaro, Santa Maria della Vittoria, Roma, 1647-1652.
7. Ono, Yoko. *Contribuições para o movimento Fluxus*, performances e obras de arte, cerca de 1960.
8. Lang, Fritz. *Metropolis*. Filme dirigido por Fritz Lang, Universum Film AG, 1927.
9. Magritte, René. *A Traição das Imagens (Isto não é um cachimbo)*. Óleo sobre tela, Museu de Arte do Condado de Los Angeles, 1929.
10. Le Corbusier. *Diversos princípios de arquitetura moderna, escritos e edificações*, 1887-1965.
11. Morris, William. *Principais escritos e contribuições para o movimento Arts and Crafts*, final do século XIX.
12. Kant, Immanuel. *Crítica da Razão Pura*. Traduzido por Norman Kemp Smith, Macmillan, 1929. Originalmente publicado em 1781.
13. <https://www.artesvelata.it/citta-ideale-leon-battista-alberti/>

ARTE NA ERA DA IA ART IN THE AGE OF AI

1. Platão. (1992). *A República*. (G. M. A. Grube, Trad.; C. D. C. Reeve, Rev.). Hackett Publishing Company. (Obra original publicada cerca de 380 a.C.)
2. da Vinci, L. (1490-1495). *Tratados Diversos sobre Pintura, Escultura e Arquitetura*. Coleção Real do Castelo de Windsor.
3. Benjamin, W. (2008). *A Obra de Arte na Era de Sua Reprodutibilidade Técnica*. (J. A. Underwood, Trad.). Penguin Books. (Obra original publicada em 1935)
4. Norman, D. (2004). *Design Emocional: Por Que Amamos (ou Odiamos) as Coisas Cotidianas*. Basic Books.
5. Duchamp, M. (1957). *O Ato Criativo*. Sessão sobre o Ato Criativo, Convenção da Federação Americana de Artes, Houston, Texas.
6. Paik, N. J. (1965). *Experimentos em Arte e Tecnologia*. [Repositório/instituição].
7. Monet, C. (1926). *Série Nenúfares*. Musée de l'Orangerie, Paris.

COLABORADORES . COLLABORATORS

MEDICINA . MEDICINE

ANDREW DINIZ

*Laboratório de Engenharia de Software - LES
(PUC-Rio)*

CAMILLA CALIL

*Aluna do curso de Medicina, Universidade
Federal de Juiz de Fora (UFJF), Brazil.*

CARLA VERONA BARRETO FARIAS

*Instituto Fernandes Figueira (IFF / FIOCRUZ),
Rio de Janeiro-RJ, Brazil*

CLARISSA CANELLA MORAES DO CARMO

*Laboratório de Biodesign (Dasa / PUC-Rio).
Rio de Janeiro, Brazil.*

*Departamento de Radiologia, Universidade
Federal Fluminense, Niterói, Brazil*

EDWARD ARAUJO JÚNIOR

*Department of Obstetrics, Paulista
School of Medicine,
Federal University of São Paulo
(EPM-UNIFESP), São Paulo, Brazil.*

FLÁVIA PAIVA LOPES

*Laboratório de Biodesign (Dasa / PUC-Rio).
Rio de Janeiro, Brazil.*

GABRIEL MUFARREJ

*Pediatric Neurosurgery, Instituto Estadual do
Cérebro. Rio de Janeiro, Brazil.*

GABRIELE TONNI

*Prenatal Diagnostic Centre,
Department of Obstetrics and Neonatology,
Istituto di Ricovero e Cura a Carattere
Scientifico (IRCCS), AUSL Reggio Emilia, Italy.*

GERSON RIBEIRO

*Laboratório de Biodesign (Dasa / PUC-Rio).
Rio de Janeiro, Brazil.*

JOÃO VICTOR CORREIA DE MELO

*Laboratório de Biodesign (Dasa / PUC-Rio).
Rio de Janeiro, Brazil.*

JÚLIO NECYK CAVALCANTI MAIA

*Laboratório de Engenharia de
Software - LES (PUC-Rio)*

MARCELA CASTRO GIFFONI

*Laboratório de Biodesign (Dasa / PUC-Rio).
Rio de Janeiro, Brazil.*

MARIA DE FÁTIMA MONTEIRO PEREIRA LEITE

*Laboratório de Biodesign (Dasa / PUC-Rio).
Rio de Janeiro, Brazil
Instituto Fernandes Figueira (IFF / FIOCRUZ),
Rio de Janeiro-RJ, Brazil.*

MATHIAS MOURA KELLER

*Laboratório de Biodesign (Dasa / PUC-Rio).
Rio de Janeiro, Brazil.*

MARCO ANTONIO MEGGIOLARO

Laboratório LabRob (PUC-Rio)

NATHALIE BRAVO-VALENZUELA

*Professora adjunta de Cardiologia Pediátrica na
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)*

NICANOR MACEDO

*Cirurgia-Urologia-Videocirurgia em Pediatria.
Hospital Estadual da Criança;
Hospital Universitário Gaffrèe e Guinle (HUGG).
Rio de Janeiro, Brazil.*

OWASE JEELANI

*Great Ormond Street Institute of Child Health –
University College London (GOSH UCL)*

PEDRO AUGUSTO DALTRO

*Alta Excelência Diagnóstica (Dasa).
Rio de Janeiro, Brazil.*

PEDRO PAULO RAMALHO

*Laboratório de Biodesign (Dasa / PUC-Rio).
Rio de Janeiro, Brazil.*

PEDRO TEIXEIRA CASTRO

*Laboratório de Biodesign (Dasa / PUC-Rio).
Rio de Janeiro, Brazil.*

RENATA NOGUEIRA

*Alta Excelência Diagnóstica (Dasa),
Rio de Janeiro, Brazil*

TATIANA FAZECAS

*Alta Excelência Diagnóstica (Dasa),
Rio de Janeiro, Brazil*

VINÍCIUS ARCOVERDE

*Laboratório de Biodesign (Dasa / PUC-Rio).
Rio de Janeiro, Brazil.*

VITOR SARDENBERG

*Laboratório de Biodesign (Dasa / PUC-Rio).
Rio de Janeiro, Brazil.*

PATRIMÔNIO . HERITAGE

ABDEL GHAFFAR

Ministério de Turismo e Antiguidades Egípcio

ANA LUIZA AMARAL

Museu Nacional/UFRJ

AINÁ XAVIER FERREIRA

Museu Nacional/UFRJ

ANDRÉ EFFGEN

Museu Nacional/UFRJ

BARBARA MACIEL

Museu Nacional/UFRJ

CARLA MARTINHO DE LIMA BARROS

Museu Nacional/UFRJ

CLAUDIA CARVALHO

Museu Nacional/UFRJ

DIOGO VASCONCELLOS

Museu Nacional/UFRJ

ERNESTO GRAFF

FABIANO NUNES

FABIO GHIVELDER

Vik Muniz Studios

FERNANDO COREIXAS

Museu Nacional/UFRJ

HANY ABDALLAH ELTAYEB

Ministério de Turismo e Antiguidades Egípcio

HELDER DE PAULA SILVA

Museu Nacional/UFRJ

HELENA BEVILAQUA

JHONE CAETANO DE ARAUJO

Instituto de Geociências/UFRJ

JOSÉ CARLOS SICOLI SEOANE

Instituto de Geociências/UFRJ

JULIAN SANCHEZ

KAMILA BANDEIRA

Instituto de Biologia

Roberto Alcântara Gomes/UERJ

MAHMOUD MOHAMED MOUSSA

Ministério de Turismo e Antiguidades Egípcio

MARCOS GUSMÃO

MARIA ELISABETH ZUCOLOTTO

Museu Nacional/UFRJ

MURILO BASTOS

Museu Nacional/UFRJ

PRISCILA JOANA GONÇALVES DE PAULA

Museu Nacional/UFRJ

RAMADAM AHMED ALI

Ministério de Turismo e Antiguidades Egípcio

RENATA STOPIGLIA

Museu Nacional/UFRJ

RENNAN DE SOUZA LEMOS

Cambridge – UK

TAIANE LOBO

UIARA GOMES CABRAL

Museu Nacional/UFRJ

VICTOR BITTAR

Museu Nacional/UFRJ

VICTOR CAPUCHIO

*Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad de la República Uruguay*

VIOLETA CARNIEL

Universidade de Chieti e Pescara

VIK MUNIZ

Vik Muniz Studios

ESTE LIVRO FOI PRODUZIDO NO OUTONO DE 2025 NA GRÁFICA IMPRESS.

Usa as famílias de fontes Colfax para textos e Barlow para títulos.

Design de Fabiana Prado pela Filtra Mídias para o Centro PI.



Esta publicação interativa é resultado do projeto de pesquisa científica intitulado “**Centro Pi / Visgraf - IMPA: um lócus de experimentação para realidade expandida em espaços midiáticos compartilhados**”, financiado pela FAPERJ e iniciado em 2021.

O projeto, implementado pelo Professor Jorge Lopes em parceria com Professor Luiz Velho do laboratório VISGRAF do IMPA, o Professor Sergio Alex Kugland de Azevedo do Lapid-Museu Nacional da UFRJ e o Dr. Heron Werner do laboratório BIODESIGN da PUC-Rio, discute o potencial das tecnologias de visualização emergentes, como Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA).

Essa publicação apresenta experimentos de realidade expandida (XR), acessíveis de forma interativa através de QR Codes, em três áreas de pesquisa relevantes para o contexto socioeconômico do Rio de Janeiro: **artes, medicina e patrimônio**. Conta com relatos de experimentos técnicos e com material teórico sobre tecnologias 3D e de visualização, contribuições de diversos colaboradores acadêmicos.

Espera-se que o conteúdo e os links interativos cooperem com o entendimento do uso e das aplicações dessas tecnologias em diversos campos da ciência.

*This interactive publication is the result of the scientific research project entitled “**Centro Pi/Visgraf - IMPA: a locus of experimentation for expanded reality in shared media spaces**”, funded by FAPERJ and initiated in 2021.*

The project, implemented by Professor Jorge Lopes in partnership with Professor Luiz Velho from the VISGRAF laboratory at IMPA, Professor Sergio Alex Kugland de Azevedo from Lapid-Museu Nacional at UFRJ and Dr. Heron Werner from the BIODESIGN laboratory at PUC-Rio, discusses the potential of emerging visualization technologies, such as Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR).

*This publication presents expanded reality (XR) experiments, accessible interactively through QR Codes, in three research areas relevant to the socioeconomic context of Rio de Janeiro: **arts, medicine and heritage**. It features reports of technical experiments and theoretical material on 3D and visualization technologies, contributions from several academic collaborators.*

It is expected that the content and interactive links will cooperate with the understanding of the use and applications of these technologies in different fields of science.

