

A N T E C I P A

16 E 17 DE NOVEMBRO
ANTECIPA 2020
ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO
NACIONAL DE PESQUISA EM
TECNOLOGIA E CIÊNCIA
DO PATRIMÔNIO

USP - SÃO PAULO/SP
UFMG - BELO HORIZONTE/MG

**CADERNO DE RESUMOS
EXPANDIDOS 2**



Escola de Arqueometria e
Ciências Aplicadas ao Patrimônio

18 a 20 DE NOVEMBRO
V EARCAP
ESCOLA DE ARQUEOMETRIA
E CIÊNCIAS APLICADAS
AO PATRIMÔNIO

ORGANIZAÇÃO:
Marcia A. Rizzutto
Thais A.B.C. Sanjad
Flávia Olegário Palácios

16 E 17 DE NOVEMBRO
ANTECIPA 2020
ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO
NACIONAL DE PESQUISA EM
TECNOLOGIA E CIÊNCIA
DO PATRIMÔNIO

USP - SÃO PAULO/SP
UFMG - BELO HORIZONTE/MG
**CADERNO DE RESUMOS
EXPANDIDOS 2**

18 a 20 DE NOVEMBRO
V EARCAP
ESCOLA DE ARQUEOMETRIA
E CIÊNCIAS APLICADAS
AO PATRIMÔNIO

ORGANIZAÇÃO:
Marcia A. Rizzutto
Thais A.B.C. Sanjad
Flávia Olegário Palácios

ANTECIPA 2020

II Encontro da Associação Nacional de Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Patrimônio

16 e 17 de novembro

USP – SÃO PAULO/SP

UFMG – BELO HORIZONTE/MG

Comissão organizadora:

Profa. Dra. Marcia A. Rizzutto (IF/USP)

Profa. Dra. Dalva L. A. de Faria (IQ/USP)

Profa. Dra. Eliane A. Del Lama (IGc/USP)

Prof. Dr. Carlos R. Appoloni (IF/UDEL)

Prof. Dr. Luiz Souza (Belas Artes/UFMG)

Prof. Dr. Willi de Barros Gonçalves (Belas Artes/UFMG)

Profa. Dra. Andréa Lacerda Bachettini (UFPEL)

Dr. Pedro Herzilio Ottoni Viviani de Campos (IF/USP)

Profa. Ma Glenda Maíra Silva Melo (EBA/UFMG e ED/UEMG)

V EARCAP

Escola de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio

18 a 20 de novembro

Comitê Científico:

Prof. Dr. Carlos R. Appoloni (IF/UDEL)

Prof. Joaquim Teixeira de Assis (IPRJ/UERJ)

Prof. Dr. Nemitala Added (IF/USP)

Prof. Fabio Melquiades (IF/UDEL)

Profa. Dra. Karla Balzuweit (IF/UFMG)

Profa. Thais A. B. C. Sanjad (UFPA)

Profa. Dra. Alessandra Rosado (UFMG)

Profa. Dra. Rita Lages Rodrigues (UFMG)

Prof. Dr. Thiago Sevilhano Puglieri (UFPEL)

Prof. Dr. Marcelino José dos Anjos (IFADT /UERJ)

Prof. Ricardo Tadeu Lopes (COPPE/UF RJ)

Prof. Antonio Brunetti (Università di Sassari)

Promoção:



Escola de Arqueometria e
Ciências Aplicadas ao Patrimônio

ANTECIPA

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA
EM TECNOLOGIA E CIÊNCIA DO PATRIMÔNIO

Realização:



Em parceria com:



ANTECIPA 2020 – Encontro da Associação Nacional de Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Patrimônio – Caderno de resumos expandidos 2. / Organizadores: Márcia A. Rizzutto; Thais A.B.C. Sanjad; Flávia Olegário Palácios – São Paulo / Belo Horizonte: Instituto de Física/USP e Lacicor/UFMG, 2021.

143 p.

ISSN:

1.Ciência do Patrimônio. 2. Ciência da Conservação.

CDD:

SUMÁRIO

Informações sobre os eventos		5
Documentação Científica por Imagem como ferramenta de preservação em Arqueologia: Estudos de caso em Pinturas Rupestres	Alexandre Oliveira Costa, Alexandre Cruz Leão, Luiz Antônio Cruz Souza	7
Software livre para o processamento e análise colorimétrica de fotografia técnica/científica de bens culturais	Alexandre Cruz Leão, Danielle Luce Cardoso, Viviane Tabosa de Sousa	12
Consultoria técnico-científica para tratamento de restauro no Forro da Igreja do Carmo de São Paulo	Marcia de Mathias Rizzo, Julio Eduardo C. D. de Moraes	17
O uso do Laser Scanner 3d no projeto “Prevenção de incêndio em edificações históricas na região de Florianópolis/SC”	Ana Paula Pupo Correia, Bernardo Brasil Bielschowsky, Rovane Marcos de França, Julianna Baron	22
Métricas de preservação química - taxas de permanência ponderadas pelo efeito cumulativo do tempo: Explorando a aplicabilidade de um conceito	Willi de Barros Gonçalves	26
Mecanismos de degradação dos arenitos da Redução Jesuítica de São Miguel Arcanjo	Verônica Di Benedetti, Thamy Lara de Souza	32
Titulação potenciométrica dos produtos de micro-hidrólise de óleos: uma nova metodologia de baixo custo para análise de óleos presentes em obras de arte	Thiago G. Costa, Lino Meurera, Gustavo Amadeu Micke, Samantha Gonçalves, Bruno Szpoganicz, Antônio S. Mangrich	38
Potencialidade da espectroscopia FTIR no módulo de reflexão frontal para caracterização de recobrimentos em litogravuras	Juliana Bittencourt, Wanda Engel, Márcia Rizzutto	45
As tintas modernas nas camadas de revestimento do patrimônio cultural edificado: Estudo de Caso da Casa do Patrimônio Cultural	Thais Hoelzle Alves da Costa, Luiz Antonio Cruz Souza	50
Trajatória da pesquisa científica no acervo da Pinacoteca de São Paulo	Camilla Vitti Mariano, Tatiana Russo dos Reis e Teodora Camargo Carneiro	56
Análise de Cestaria pré-hispânica por Fluorescência de Raios X portátil	Fábio L. Melquiades, Juan Villanueva, Fabio Lopes, Jorge Lisme, Eduardo I. Jussiani, Carlos R. Appoloni	62
Arqueologia e cronologia, utilizando AMS, no vale do rio Cavernoso, centro-sul do Paraná, Brasil	Claudia I. Parellada, Fábio Lopes, Corina Solis Rosales, María Rodríguez Ceja, Kita Macário, Carlos R. Appoloni, Luiz C. R. Pessenda	67
Confirmação de elementos não originais por meio da caracterização da paleta do Livro de Horas CF-50,1,1 da Biblioteca Nacional	Isamara Lara de Carvalho, Renato Pereira de Freitas, Hiram da Costa Araújo Filho, Ana Luísa de Queiroz Baddini, Letícia Silva de Paula, Ana Letícia Castro de Oliveira, Luisa Malizia Alves	72

Espectrometria de raios gama na caracterização de cerâmicas arqueológicas sem controle estrito da geometria de medida	Duvan Gil Rodriguez, Rodrigo Oliveira Bastos, Renato Akio Ikeoka, Carlos Roberto Apoloni, Arkley M. Bandeira	77
Simulação de Espectros de EDXRF para Quantificação de Amostras Metálicas	Sandro V. Santos, Fabio L. Melquiades, Fabio Lopes, Juan Villanueva, Jorge L. Ticona, Carlos R. Appoloni	82
Desafios para preservação de coleções em reservas visíveis e visitáveis: diagnóstico dos riscos da nova reserva para o Acervo Artístico da UFMG	Bárbara Carvalho Ferreira, Luiz Antônio Cruz Souza, Willi de Barros Gonçalves	87
Suportes Pictóricos Rígidos: Madeira Maciça x Painéis Industrializados	Beatriz M. Fonseca Silva, Edgar M. Vladimir Carrasco, Luiz A. Cruz Souza	92
Restauração do patrimônio siderúrgico: algumas contribuições	Elias José de Almeida Machado	97
Parâmetros para implementação de reservas técnicas de têxteis: Um estudo de caso sobre a implantação do roteiro de procedimentos do Setor de Têxteis do Museu Paulista/USP na UEMG-Passos	Glenda Máira Silva Melo, Luiz Antônio Cruz Souza, Willi de Barros Gonçalves	102
Orientação, aplicação e conservação das paletas de cores do Conjunto Arquitetônico, Urbanístico e Paisagístico de São Cristóvão/SE: Estudo das percepções sociais e visuais de técnicos, turistas e residentes	Janaina C. Mello	106
Falsa Cor de Infravermelho: Um Estudo Experimental na Identificação de Pigmentos Utilizados por Portinari	Maria Tereza Dantas Moura, Mariana Souza Barros Onofri	111
Impactos e desafios da interdisciplinaridade na investigação de imagens em madeira policromada: Estudo de caso de obras missionárias paraguaias	Thiago Sevilhano Puglieri, Julia Brandt, Isabel Wagner, Fernando Franceschelli	116
Estudo de cerâmicas de senzalas dos séculos XVIII e XIX de Campos de Goytacazes – RJ por EDXRF e análise multivariada	Cheila S. Araujo, Carlos R. Appoloni, Renato A. Ikeoka, Luís C. P. Symanski	119
Avaliação de um processo de limpeza com micro pulverização em mármore branco usando EDXRF e MicroCT	Fábio L. Melquiades, Carlos R. Appoloni, Avacir C. Andrello	124
A preservação dos objetos nas coleções audiovisuais	Jussara Vitória de Freitas do Espírito Santo, Jéssica Domingues Marques	129
Reinvestigação de carnações do Barroco Mineiro usando microscopia vibracional: um estudo de caso	Fábio Lopes Laura de Medina Barros, Luiz Antônio Cruz Souza, Dalva Lucia A. de Faria	133
A difratometria de raios X na análise da paleta de cores de Íria Correia	Lucas de Souza Lima, José Márcio Siqueira Jr., Maria Isabel Spitz Argolo	138

APRESENTAÇÃO

A Associação Nacional de Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Patrimônio (ANTECIPA) foi fundada em 2015 com a finalidade de congregar pesquisadores da área, apoiar e fomentar a pesquisa transdisciplinar, a produção científica e tecnológica, a cooperação técnica e a capacitação profissional bem como a sistematização, difusão e intercâmbio de informações e conhecimentos do campo expandido da Ciência do Patrimônio, envolvendo de maneira abrangente os diversos aspectos da preservação e pesquisa do Patrimônio Cultural. O Primeiro Encontro da ANTECIPA foi realizado em conjunto com o Simpósio Internacional *Heritage Science: the Role of Research Infrastructures*, promovido pelo consórcio Integrated Platform for the European Research Infrastructure ON Cultural Heritage (IPERION CH), em 2018.

O Segundo Encontro da ANTECIPA foi realizado em conjunto com a V Escola de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio Cultural (EARCAP) com o objetivo de ampliar a integração de áreas complexas no campo transdisciplinar do Patrimônio Cultural. Os eventos, realizados em conjunto, representaram uma oportunidade singular para a promoção dessa área científica no país e na América Latina, com o fortalecimento de grupos nacionais e internacionais. Visando assegurar o sucesso científico do evento, procurou-se organizar o programa em áreas temáticas coordenadas por especialistas nacionais e estrangeiros nas suas respectivas áreas.

A Escola de Arqueometria foi proposta e idealizada pelo Prof. Dr. Joaquim Teixeira de Assis do Instituto Politécnico da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (IPJR/UERJ) e realizada pela primeira vez em 2012, nas dependências da universidade. Inicialmente chamada de Escola de Arqueometria do Rio de Janeiro (EARJ), o evento aconteceu bianualmente nos anos posteriores. A escola é uma versão brasileira da “Scuola Estiva de Archeometria”, realizada anualmente na Província de Lecce, na Itália. Antes da primeira EARJ, em 2009, foi realizada em São João del Rei (MG) uma escola denominada CADAPAC (Caracterização e Datação de Materiais do Patrimônio Cultural) em parceria com instituições francesas. A escola foi organizada pelo Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF/MCT) e o Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France (C2RMF) dentro das comemorações do Ano da França no Brasil. O objetivo deste evento foi organizar uma escola de formação sobre problemáticas e metodologias de pesquisa no campo do Patrimônio Cultural, na interface da física, da química analítica, da arqueologia e da conservação-restauração.

As versões anteriores da EARJ foram organizadas em 2012, 2014, 2016 em Petrópolis (RJ), em conjunto com o XV Seminário Latino-Americano de Análises por Técnicas de Raios X, e em 2018, no Rio de Janeiro. As escolas contaram com participantes brasileiros e da América Latina (Argentina, Venezuela, Colômbia e Chile), Estados Unidos e Europa (Itália e Portugal). Em 2020, a Escola é renomeada e realizada como EARCAP. Em comum, as escolas foram

sempre compostas por aulas teóricas e demonstrações experimentais, com a finalidade de fixar conceitos e demonstrar a utilização das técnicas em aplicações concretas.

O Segundo Encontro da ANTECIPA e a V EARCAP promoveram a difusão de conhecimentos no campo da Ciência do Patrimônio, que abrange as atividades realizadas por pesquisadores, profissionais, empresas e cientistas dedicados à preservação do Patrimônio Cultural, incluindo não somente a investigação dos aspectos físicos e materiais que dão suporte à conservação-restauração de bens culturais, mas também sua gestão, registro, documentação e interpretação.

Mais informações no site da ANTECIPA: <http://lacicor.eba.ufmg.br/antecipa/>

Site do Segundo Encontro da ANTECIPA e V EARCAP: https://portal.if.usp.br/escol_arq/

A Documentação Científica por Imagem como ferramenta de preservação em Arqueologia: Estudos de caso em Pinturas Rupestres

Alexandre Oliveira Costa¹, Alexandre Cruz Leão^{2*}, Luiz Antônio Cruz Souza³

¹Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte/MG (BR)

²Departamento de Fotografia, Teatro e Cinema, iLAB-Laboratório de Documentação Científica por Imagem, Escola de Belas Artes, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte (Brasil)

³LACICOR – Laboratório de Ciência da Conservação, Escola de Belas Artes, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte (Brasil)

*alexandreleao@ufmg.br

Palavras-chave: Documentação científica por imagem, Pintura Rupestre, Preservação.

1. Introdução

Essa proposta no campo da documentação e/ou registro de arte rupestre utilizando fotografia digital e procedimentos técnicos específicos, busca ampliar o escopo de investigação concernente às áreas da Conservação/Restauração e Arqueologia, vindo somar-se aos estudos realizados por Edithe Pereira et al (2013,) em dois sítios arqueológicos de Monte Alegre, Pará, no campo da documentação digital desse tipo de patrimônio arqueológico, em que a autora diz:

Um dos aspectos mais importantes no estudo da arte rupestre é a documentação. No Brasil, são raros os trabalhos que apresentam os métodos e as técnicas empregados na documentação deste tipo de vestígio arqueológico. Grande parte dos estudos publicados no país está voltada para a classificação, a terminologia, as definições crono-estilísticas, interpretações e comparações entre conjuntos gráficos. Atualmente, a fotografia digital e os programas de manipulação de imagem constituem ferramentas de grande utilidade e precisão para a documentação da arte rupestre. (PEREIRA, RUBIO, BARBOSA, 2013, p.585).

A Fotografia Técnica e Científica de Bens Culturais, aqui denominada Documentação Científica por Imagem no campo da Conservação-Restauração de Bens Culturais no Brasil, é entendida e utilizada para “referenciar as imagens dos objetos que serão estudados, ou que sofrerão algum tipo de intervenção e/ou que deverão ser registrados de forma técnico-científica para efeito de arquivo.” (LEÃO, 2015, p.140). Assim, áreas afins de pesquisa científica além da Conservação-Restauração, como a Arquivologia, a Museologia, a Arqueologia e a História da Arte, podem ser amplamente beneficiadas com esse tipo de imagem.

Para atingir os parâmetros necessários à Documentação Científica por Imagem de um bem cultural em estudo, determinados critérios devem ser rigorosamente observados tais como: utilização de câmeras fotográficas digitais com objetivas de qualidade ótica e nível profissional, garantindo maior nitidez e fidelidade da imagem em termos de perspectiva e colorimetria. Soma-se a isso a utilização de cartelas de referência cromática e dimensionais na geração das imagens, que possibilitam consistência cromática e rigor técnico, durante todo o processo.

Segundo Leão (2015, p.142), no campo da Conservação/Restauração a geração de imagens cumpre dois objetivos: imagens para fins de arquivo (documento) e imagens para diagnóstico. As primeiras visam registrar o estado e características atuais daquele bem, utilizando para isso a Luz Visível, se prestando também a diagnóstico. Já as imagens específicas de diagnóstico, utilizam diferentes tipos de luz e fontes de energia incidentes sobre o objeto, sendo as de uso mais comum: Fluorescência de Ultravioleta, Infravermelho, Falsa Cor de Infravermelho, *Reflectance Transformation Imaging (RTI)*. Detalharemos algumas delas, utilizadas no estudo das pinturas rupestres, mais à frente.

As pinturas rupestres, também chamadas grafismos rupestres, se inserem no contexto denominado Arte Rupestre em que, segundo Prous (1992, p.510) “entendem-se todas as inscrições (pinturas ou gravuras), deixadas pelo homem em suportes fixos de pedra (paredes de abrigos, grutas, matacões, etc.). A palavra rupestre, com efeito vem do latim *rupe-is* (rochedo); [...]”. Inúmeros estudos já foram realizados no Brasil acerca da Arte Rupestre, sendo a pesquisa sistemática desenvolvida a partir da década de 1970 e intensificada a partir dos anos 1980 (PROUS 1992, 2007), a maioria relacionados a questões de crono-estilística e cópias em tamanho natural, através de decalques das figurações em plástico transparente além de fotografias de base filmica. Através da tecnologia digital, novas formas de registro foram incorporadas pelos arqueólogos sem contudo abandonar as cópias em tamanho natural, aliando-as aos novos recursos digitais disponíveis tais como, projeção em laboratório e vetorização dos motivos com o auxílio de softwares de edição.

No presente estudo foram utilizadas imagens geradas a partir de pinturas rupestres presentes no sítio arqueológico Lapa da Sucupira (Sucupira I, grande abrigo - CNSA_MG00475_SUCUPIRA I_SANTANA DO RIACHO)¹, localizado no município de Santana do Riacho, MG, um dos mais importantes sítios arqueológicos da Serra do Cipó. Consiste num grande paredão sob rocha calcárea com cerca de 150 m, com vários painéis de pinturas rupestres, com centenas de inscrições, numa possível datação que pode variar entre 2000-3000 BP até 7000 BP ou mais além (PROUS, 1992, p.535) nas cores vermelha, amarela, preta e branca, que retratam animais, desenhos geométricos e figuras humanas, num conjunto estilístico bastante heterogêneo.

2. Metodologia

O objetivo principal do experimento foi implementar algumas das principais técnicas de Documentação Científica por Imagem de Bens Culturais com fins de estudo, mapeamento e diagnóstico de alguns painéis de pintura rupestre do sítio arqueológico Lapa da Sucupira.

Fotografia sob Luz Visível: consiste em imagens obtidas sob luz natural ou artificial (fontes de iluminação com lâmpadas de específicas ou sistema de flash eletrônico), objetivando a vista geral do objeto/bem cultural para obter um registro bem definido do mesmo. Utiliza-se câmera fotográfica profissional ou câmera técnica de estúdio, com objetivas de alta qualidade ótica, sendo o equipamento configurado e posicionado visando gerar a melhor qualidade de imagem do objeto em questão: nitidez acentuada, sem distorções, aberrações cromáticas ou erros de perspectiva. Além disso, é imprescindível o uso de cartelas de referência cromática na geração das imagens, para correções no processamento em computador (ajuste cromático e de exposição). Outra técnica fotográfica relevante na Conservação/Restauração utilizada sob luz visível é Fotografia sob Luz Rasante, em que a fonte de iluminação é posicionada tangencialmente ao objeto, enfatizando os contrastes de relevos e texturas, através das sombras projetadas.

Reflectance Transformation Imaging (RTI): Utilizando Luz Rasante na geração das imagens, caracteriza-se como um método fotográfico computacional, que captura a forma e a cor da superfície (textura) de um determinado objeto. Em linhas gerais o procedimento consiste na geração de uma série de imagens fotográficas digitais, com a câmera fotográfica em posição estacionária e mudando-se o ângulo da luz (fonte de iluminação) incidente a cada fotografia, produzindo imagens de um mesmo assunto com diferentes realces e sombras. As imagens são processadas através de um software específico (*RTIBuilder*) que cria um modelo matemático da superfície fotografada, a partir das informações de iluminação, possibilitando uma observação interativa. Apesar de assemelhar-se a uma imagem fotográfica bidimensional (2D), cada imagem de RTI possui informações de reflectância

¹ CNSA/SGPA/IPHAN. CNSA – Cadastro Nacional de Sítios Arqueológicos. SGPA – Sistema de Gerenciamento do Patrimônio Arqueológico. <<http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/1699/>> Acesso em 12/05/2018

derivadas da superfície tridimensional (3D) do objeto, obtidas de acordo com os ângulos de iluminação incidentes. Num software específico de visualização (*RTIViewer*), é possível então observar detalhes finos dessa superfície, de acordo com a posição selecionada

Fotografia de Fluorescência de Ultravioleta: também chamada Fotografia UV, a técnica visa observar aspectos da camada superficial do objeto, a fluorescência ou absorção da energia emitida pela fonte de radiação ultravioleta (radiação UV-A, cujo pico de energia na fonte está no comprimento de onda de 365 nm). Para a correta interpretação das imagens é necessário o uso de um filtro especial à frente da objetiva (no caso foi utilizado o filtro Kodak 2E, que corta os comprimentos de onda até 415 nm) eliminando as influências da radiação UV sobre o sensor digital da câmera, deixando passar as energias acima dessa frequência, na faixa visível do espectro luminoso (o espectro visível para o olho humano está compreendido entre 400nm e 700nm).

Fotografia de Radiação Infravermelha Refletida: também chamada Fotografia IR (Infra Red, do inglês), permite observar aspectos imediatamente subjacentes à superfície do objeto. Principalmente em obras bidimensionais de arte, pinturas e/ou painéis, detalhes de interesse como desenhos preparatórios, esboços, arrependimentos do artista, podem ser visualizados. No caso das pinturas rupestres podem ser percebidos motivos sobrepostos e esmaecimentos, possibilitando análises mais acuradas. A Fotografia IR busca obter imagens geradas na faixa do Infravermelho próximo (entre 700nm e 900nm, podendo chegar até 1100nm) utilizando câmeras específicas para infravermelho ou uma câmera fotográfica com o filtro IR removido da frente do sensor digital. Com o uso de um filtro científico que bloqueia as radiações na faixa do espectro visível (geralmente um filtro que bloqueia radiações abaixo de 720nm, permitindo a passagem de comprimentos de onda maiores), posicionado na frente da objetiva da câmera, obtêm-se imagens no espectro infravermelho.

Equipamentos utilizados: Canon EOS 7D, com objetiva EF 24-70mm f/4L IS; Canon EOS 6D com objetiva EF 17-40mm f/4L USM; Nikon D810 com objetiva micro Nikkor 60 mm; Canon G15; Sony NEX F3 com objetiva 18-55mm; Nikon D60 (preparada para fotografia de Infravermelho) com objetiva Nikkor 60mm. Filtros científicos Kodak 2E (Ultravioleta) e 87 (Infravermelho); Tripés para fotografia, tripés de iluminação, suportes para cartelas. Cartelas de referência cromática: Gretag-Macbeth® Colorchecker Classic da X-Rite/ 24 amostras, Colorchecker Passport Photo da X-Rite/24 amostras, cartela Qp-CARD 101 com 3 amostras de cinza e escala dimensional. Iluminação: Flashes eletrônicos Nikon SB-910; sombrinhas difusoras/refletoras; lâmpadas fluorescentes ultravioletas BLB; refletor de LED Infravermelho; lanterna de LED, luz branca; Nobreak (fonte de energia elétrica). As imagens, geradas em formato de arquivo RAW (arquivo que incorpora os dados em bruto, sem compressão) foram processadas em computador através dos softwares Adobe Bridge CS6, Adobe Câmera RAW 9.5 e Adobe Photoshop CS6 para as técnicas de Fotografia sob Luz Visível, Fotografia UV e Fotografia IR. No caso do RTI as imagens RAW, após o processamento nos softwares anteriores, utilizou-se o RTI Builder e RTI Viewer, para a criação do modelo e visualização.

3. Resultados e discussão

Apresentamos os resultados mais relevantes de dois dos painéis de pintura rupestre fotografados.

3.1 Painel rupestre *Antropomorfo II*

Nesse painel foram utilizadas as técnicas de Fotografia sob Luz Visível, Fotografia IR e Fotografia UV. Na Fotografia sob Luz Visível em detalhe (Figura 1), evidencia-se a real condição das pinturas aí presentes: algumas lacunas (descamação por termoclastia), vestígios de vandalismo, pátina acentuada, contornos e limites muito imprecisos; as sobreposições de pinturas e os limites do corpo (principalmente no braço esquerdo) da figura central estão bastante esmaecidos. Na Fotografia UV realizada com o mesmo enquadramento (Figura 2), percebe-se com mais clareza e acuidade os limites

das figurações, sendo que determinados motivos pouco perceptíveis sob a Luz Visível tornam-se muito evidentes sob a Luz Ultravioleta, o que comprova os benefícios dessa técnica aí aplicada.



Figura 1: Painel *Antropomorfo II* – detalhe. Fotografia sob Luz Visível. Fonte: Alexandre Costa e Alexandre Leão, 2018.

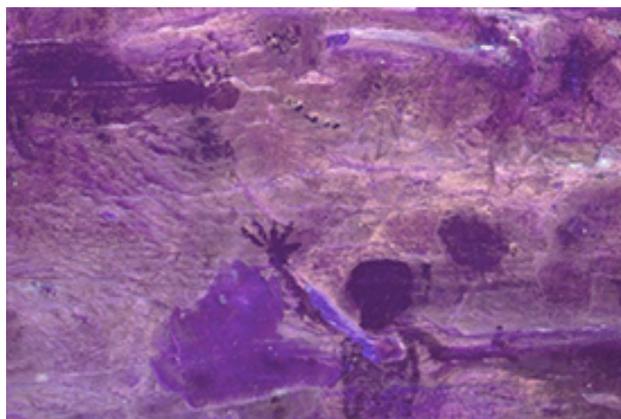


Figura 2: Painel *Antropomorfo II* – detalhe. Fotografia de Fluorescência de Ultravioleta. Fonte: Alexandre Costa e Alexandre Leão, 2018.

Devido a interações físico-químicas entre a radiação infravermelha e os pigmentos minerais presentes nas pinturas (reflexão muito incipiente no local), a técnica de Fotografia IR não produziu resultados mais significativos.

3.2 Painel rupestre *Zoomorfo I*

Nesse painel, representando um cervídeo como elemento central, as figurações se encontram já bastante apagadas com os contornos e limites formais denotando grande esmaecimento, percebendo-se, com muita dificuldade, apenas os vestígios das pinturas, como observado na Fotografia sob Luz Visível (Figura 3). Ainda na Luz Visível, foi utilizada iluminação artificial com lanterna de LED que, apesar da alteração cromática na imagem, possibilitou uma maior evidência dos motivos pintados (Figura 4), que também foi observada com o uso da técnica do RTI (Figura 5). As técnicas complementares de Fotografia IR (Figura 6) e Fotografia UV tiveram resultados distintos, quando a primeira surtiu resultado em otimizar a percepção das figurações, contornos e motivos e a segunda técnica não apresentou resultados relevantes (não ocorreu fluorescência no local específico das pinturas).



Figura 3: Painel *Zoomorfo I* – Fotografia Sob Luz Visível. Fonte: Alexandre Costa, 2018.

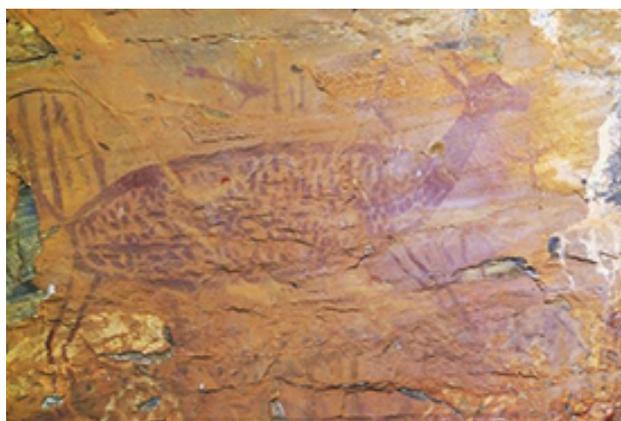


Figura 4: Painel *Zoomorfo I* – Fotografia Sob Luz Visível, lanterna de LED. Fonte Alexandre Leão, 2018.

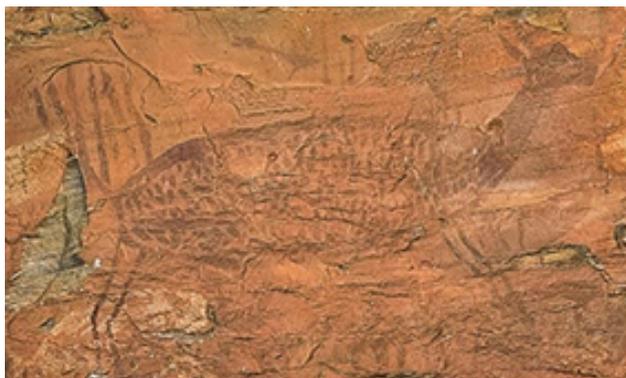


Figura 5: Painel *Zoomorfo I* – Imagem RTI. Fonte: Adriano Bueno, 2018



Figura 6: Painel *Zoomorfo I* – Fotografia IR. Fonte: Alexandre Leão, 2018.

4. Conclusões

Considerando as imagens acima apresentadas, podemos perceber que, o uso das diversas técnicas fotográficas associadas nesse estudo e mesmo variações de parâmetros dentro de uma mesma técnica, são capazes de trazer avanços e otimizar a percepção, tanto na visualidade quanto na materialidade do objeto fotografado, no caso, as pinturas rupestres da *Lapa da Sucupira*. Se porventura uma técnica não produziu o resultado almejado num determinado painel, em outro ela pode atingir resultados promissores, conforme os casos relativos às Técnicas Fotografia UV e Fotografia IR aplicadas nos dois painéis apresentados, recuperando informações e características de cada um. Desse modo a Documentação Científica por Imagem é uma poderosa ferramenta de pesquisa, análise e diagnóstico no âmbito da Ciência da Conservação, contribuindo e beneficiando as múltiplas áreas afins de pesquisa científica, numa perspectiva transversal e interdisciplinar no que tange à Preservação e Conservação, não somente na Arqueologia como em relação ao Patrimônio Cultural como um todo.

Referências

- COSTA, A. O; LEÃO, A. C.; SOUZA, L. A. C. **Documentação fotográfica técnica e científica de pinturas rupestres: a fotografia digital como ferramenta de estudos e preservação em Arqueologia.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Belas Artes – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.
- LEÃO, A. C. Documentação científica por imagem de bens culturais: competências, desafios, técnicas e tecnologias, p. 139-154. *In:* ROSADO, Alessandra; GONÇALVES, Willi de Barros. (Org.). **Ciências do patrimônio: horizontes transdisciplinares.** Belo Horizonte: Secretaria de Estado da Cultura de Minas Gerais, Arquivo Público Mineiro, 2015.
- PEREIRA E; RUBIO, T. M; BARBOSA C. A. P. Documentação digital da arte rupestre: apresentação e avaliação do método em dois sítios de monte alegre, Amazônia, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, Belém, v.8, n.3, p.585-603, 2013. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/bgoeldi/v8n3/07.pdf>> Acesso em: 12 nov. 2017
- PROUS, A. **Arqueologia brasileira.** Brasília, DF: Editora Universidade de Brasília, 1992.
- PROUS, A. PIMENTEL, L. G. **Arte pré-histórica do Brasil.** Belo Horizonte: C/Arte, 2007.

Software livre para o processamento e análise colorimétrica de fotografia técnica/científica de bens culturais

Alexandre Cruz Leão¹, Danielle Luce Cardoso², Viviane Tabosa de Sousa³

¹ Departamento de Fotografia e Cinema, iLAB-Laboratório de Documentação Científica por Imagem, Escola de Belas Artes, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte (Brasil)

^{2,3} Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte (Brasil)

*alexandreleao@ufmg.br

Palavras-chave: Software Livre; Processamento de imagens; Fotografia científica; Colorimetria.

1. Introdução

A fotografia técnica/científica é utilizada na geração de imagens do patrimônio cultural, quando o propósito da mesma exige maior qualidade. Existem diversas áreas e profissionais que demandam imagens com alto padrão de qualidade, tais como a Conservação e Restauração de Bens Culturais, a Museologia, a Arqueologia, a História da Arte Técnica dentre outras. Para a área de Conservação-Restauração, segundo (BRANDI, 2004), a primeira operação a realizar, antes de toda intervenção de restauro em qualquer obra de arte pictórica ou escultórica, é um reconhecimento acurado do estado de conservação. Para se conhecer profundamente o objeto, é preciso realizar diversos exames acerca dos materiais e também devem ser geradas imagens documentais e diagnósticas.

A fotografia técnica/científica pode exigir diferentes níveis de conhecimento para sua realização. As técnicas de luz visível são utilizadas para que se tenha o registro da obra o mais correspondente possível ao objeto real, permitindo assim a leitura correta das dimensões, proporções, textura e por fim, as cores (LEÃO, 2015).

A etapa de processamento das imagens é considerada fundamental para que a imagem final seja condizente com o propósito estabelecido. Para o correto tratamento das imagens, o profissional especializado neste tipo de fotografia deve conhecer com profundidade os mais diversos softwares, os formatos de arquivos, as cartelas de referência cromática, os sistemas de gerenciamento de cores e as metodologias de processamento digital das imagens (LEÃO, 2005). Estas imagens exigem maior rigor técnico no momento do processamento, pois ajustes errados podem danificar as imagens, o que implicaria em interpretações e, até mesmo, tomadas de decisões equivocadas (CARDOSO, 2016).

O uso de software livre vem crescendo em todo o mundo, sendo importante diferenciar o software gratuito do software livre, pois o gratuito, em geral, é mantido por propagandas e o livre não conta com propagandas para sua manutenção e melhorias, mas sim com doadores e adeptos que contribuem para sua existência. Atualmente os softwares comerciais utilizados para processamento das imagens, são pagos mensalmente ou anualmente, o que onera o custo da atividade e manutenção dos profissionais e/ou instituições.

2. Objetivos

O objetivo deste artigo é trazer informações básicas, porém fundamentais, para o processamento de imagens científicas de bens culturais por meio de software livre (programas de código aberto), o Gimp¹ e o RawTherapee², utilizando somente luz visível e controle acurado de cores.

¹ <https://www.gimp.org/>

² <https://rawtherapee.com/>

3. Metodologia

Para a elaboração desta pesquisa foram utilizados diversos equipamentos e acessórios para a geração das imagens, e softwares para o processamento. A obra utilizada para ilustrar esta pesquisa foi a imagem de parte do forro da sacristia da igreja Nossa Senhora da Assunção da Lapa, na cidade de Ravena, MG, realizada em julho de 2013.

Materiais/Equipamentos: Câmera fotográfica Nikon D700, objetiva micro 60mm, cartela de referência cromática Colorchecker®, tripés, suportes, flashes Nikon SB910, sombrinhas, difusores e acessórios diversos. Para o processamento das imagens foram utilizados os *Softwares* livres, Gimp (versão 2.10.20) e Rawtherapee (versão 5.8). Foram utilizados computadores e monitores calibrados para garantia do alto padrão de qualidade demandado.

Tratamento das imagens: Os ajustes técnicos na imagem demandam a geração de duas imagens, uma com e outra sem a cartela de referência cromática, conforme Figura 1. Essas imagens devem ser geradas no mesmo momento, com as mesmas condições de iluminação e as mesmas configurações na câmera. Como o melhor formato de arquivo é o RAW³, este foi processado primeiramente pelo *RawTherapee* com o objetivo de realizar os ajustes de balanço de branco e exposição e posteriormente enviado ao Gimp para complementar outras etapas do processamento.

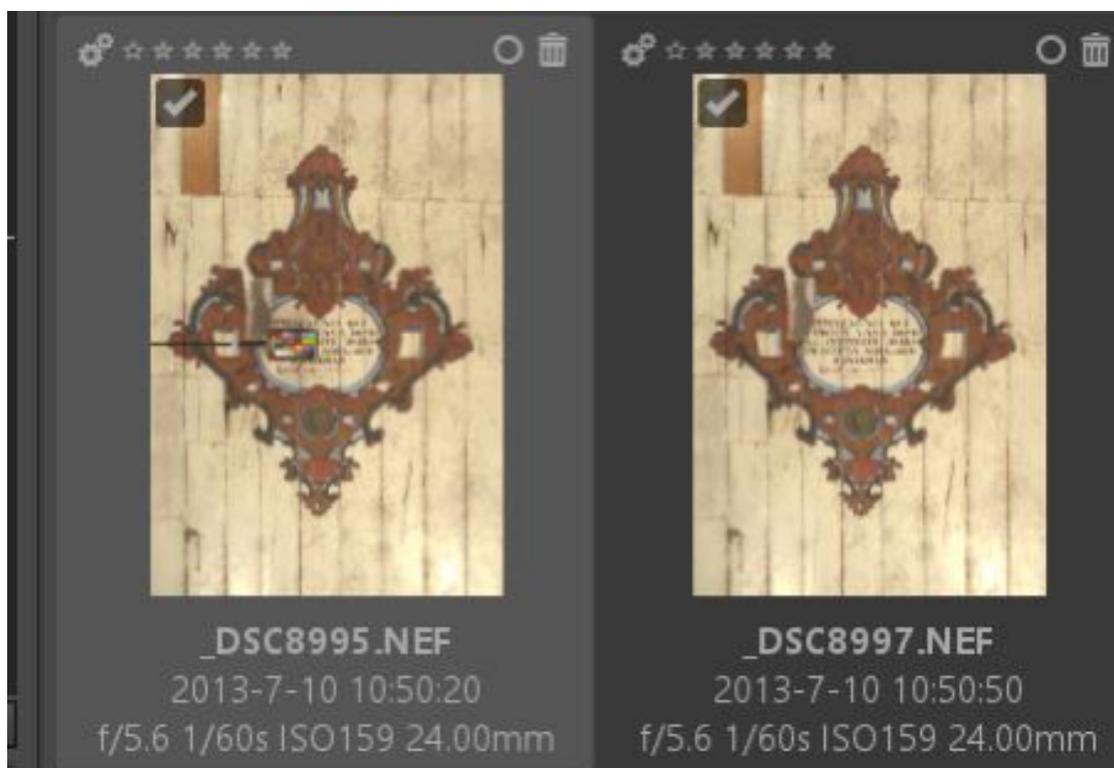


Figura 1: Software *RawTherapee*, imagens com e sem cartela de referência cromática.

Balanço de Branco e Exposição: Com a ferramenta balanço de branco, conforme indicado em amarelo na Figura 2, foi realizado o ajuste de cor clicando no cinza médio da cartela de referência, ou seja, no terceiro ou quarto cinza.

³ RAW – traduzido para o português, significa Bruto, Crú. Formato de arquivo não processado, também conhecido como negativo digital.

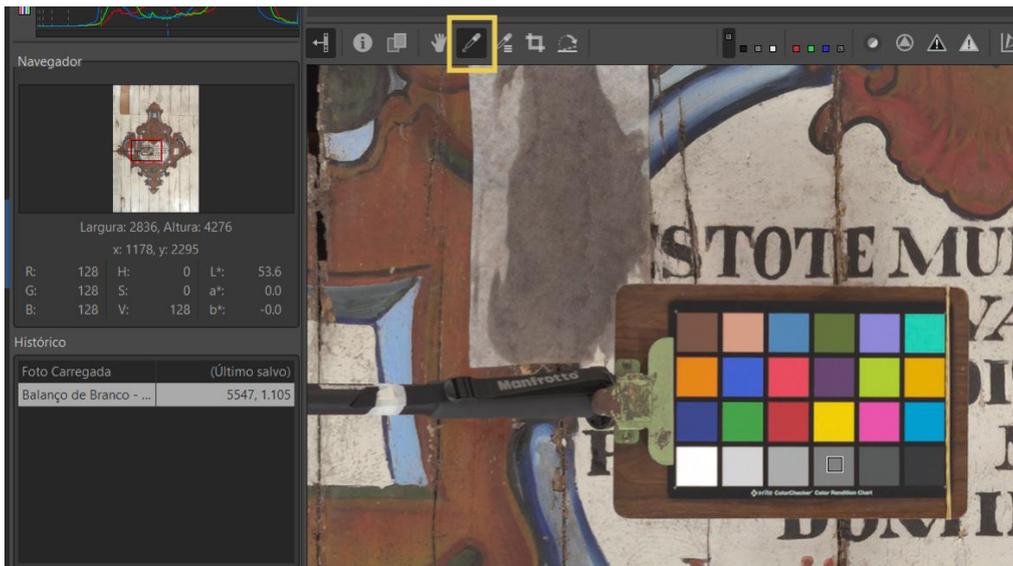


Figura 2: RawTherapee, Ferramenta Conta Gotas para o ajuste de Balanço de Branco.

Ajustes de exposição: Os ajustes de exposição foram realizados com o uso da ferramenta “Seletor de Cores com Trava”, conforme Figura 3. Com essa ferramenta foi possível selecionar as cores “branca” e “preta” da cartela de referência. O fabricante das cartelas de referência cromática, fornecem, em geral, a informação colorimétrica das amostras de cores. Os modos de cores são variados, sendo aqui utilizados o modo RGB e as referidas informações numéricas das cores. Para a cartela Colorchecker® o “branco” é 243 e o “preto” é 52. Esses números podem ter uma margem de erro de 2 pontos para mais ou para menos. Ex: se o objetivo é alcançar o valor de 243 para o branco da cartela, após os ajustes esses números podem variar entre 241 e 245. Para o ajuste dos valores foram utilizadas as ferramentas: *Compensação de Exposição* e *Preto*, arrastando os controles deslizantes, referente a cada ajuste, para a direita ou esquerda para obter os números exatos ou bem aproximados da cartela de referência.

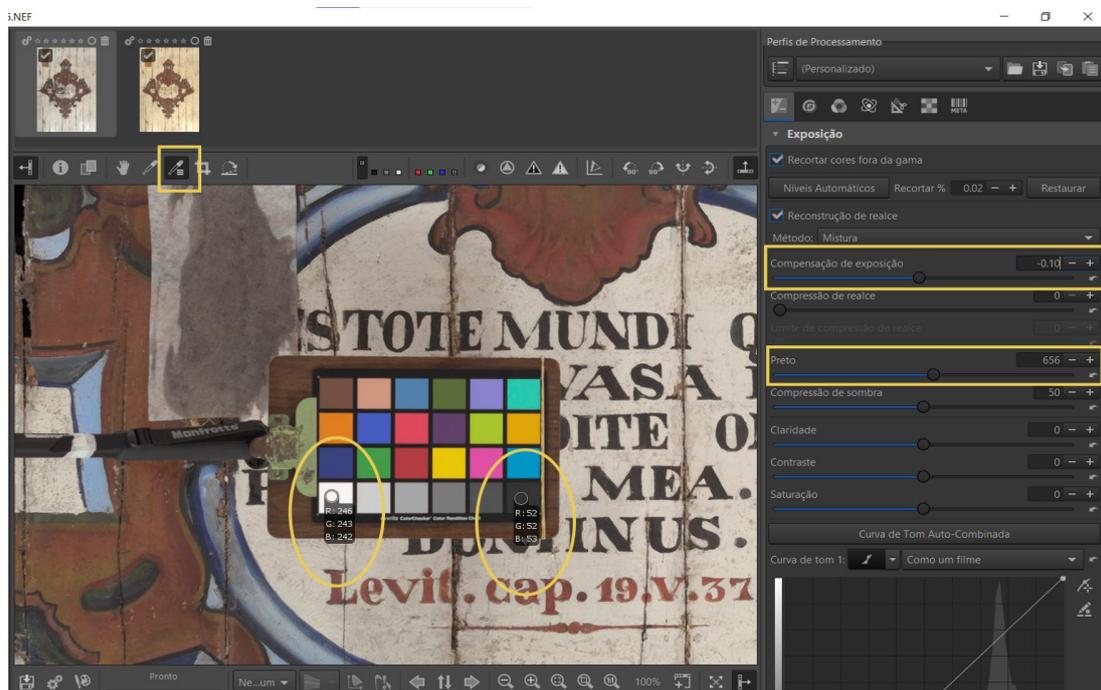


Figura 3: RawTherapee, Ferramenta Seletor de Cores com Trava para os ajustes de Exposição e Preto.

Finalizada esta etapa, as duas imagens foram selecionadas, com e sem cartela, para que os ajustes realizados na imagem com a cartela fossem aplicados na imagem sem a cartela.

A partir deste momento o processamento foi realizado pelo Gimp.

Melhoria da nitidez pelo filtro High Pass (Passa Altos): No *GIMP* foi aplicada a melhoria de nitidez para ressaltar alguns detalhes da imagem, como contornos e relevos. Esse filtro foi aplicado de forma suave, pois o exagero do uso da ferramenta pode criar informações não existentes na imagem, conhecido como artefatos digitais.

Dentro do Gimp, para aplicar o filtro, os seguintes passos foram seguidos: Menu >> Filtros >> Melhorar >> Passa Altos. Na janela Passa Altos o campo de Desvio Padrão, foi ajustado inicialmente em zero e depois foi sendo aumentado o número de forma bem gradual até o surgimento de contornos na imagem cinza. O modo de Mesclagem da camada da imagem com filtro e a imagem abaixo desta camada sem o filtro, foi feito pelo “Sobrepor”.

Salvando a imagem: Para salvar a imagem, primeiro as camadas foram mescladas, de modo a transformar a imagem em uma única camada. Em seguida a imagem foi salva: Menu >> Ficheiros >> *Export As*. O nome do arquivo foi devidamente escrito e o formato selecionado nesta etapa deve ser o TIFF, para efeito de preservação digital.

4. Resultados

A imagem em questão, da forma que foi gerada na câmera fotográfica, apresentava leve tonalidade amarelada, que foi confirmada no momento de processamento, conforme Figura 4, onde é apresentada a imagem antes e após o processamento.



Figura 4: Imagem antes do processamento (esquerda) e após o processamento (direita).

Em termos colorimétricos, a Tabela 1 apresenta a análise realizada por meio de dados coletados nas imagens no espaço de cor CIELAB⁴. O Delta E, que representa a diferença colorimétrica entre as áreas analisadas, demonstram que o valor está acima do limite aceito, que varia entre 3 e 5, de acordo com a literatura referenciada (LEÃO, 2011). Analisando as 3 cores apontadas na Figura 4, a maior variação cromática ficou no ponto “2” com 14.9 e a média dos 3 pontos analisados ficou em 13.73, indicando grande variação cromática.

Tabela 1: Análise colorimétrica de 3 pontos da imagem antes e após processamento.

	Antes do processamento			Após o processamento			
Ponto	L*	a*	b*	L*	a*	b*	Delta E
1	81.2	3.1	19.1	80.5	-0.9	7.9	11.9
2	64.9	0.3	4.1	66.5	-3.3	-10.3	14.9
3	34.2	23.9	23.5	34.7	13.7	13.3	14.4
Média DE							13.73

5. Considerações finais

O uso de softwares livre demonstrou grande eficácia, alto desempenho e alta qualidade, correspondente aos softwares profissionais pagos, o que pôde ser comprovado na qualidade da imagem gerada em termos cromáticos.

O resultado da análise colorimétrica confirma a necessidade do processamento digital das imagens, uma vez que a diferença apresentada visualmente é confirmada nos dados cromáticos. Fica evidente também a necessidade do uso de cartela de referência cromática para posterior processamento, caso contrário os ajustes seriam visuais, e, portanto, empíricos.

Os resultados deste trabalho mostraram que é possível se colocar em prática o rigor técnico no qual a fotografia técnica/científica exige, evidenciando que qualquer profissional ligado ao patrimônio cultural pode gerar imagens com alta qualidade cromática.

Referências

BRANDI, Cesare. **Teoria da Restauração**. 2. ed., São Paulo: Ateliê Editorial, 2004.

CARDOSO, Danielle. L.; LEÃO, Alexandre C.. **Documentação Fotográfica de Escultura**. Boletim do CEIB, v. 20, p. 1-6, 2016.

LEÃO, A. C. Documentação científica por imagem de bens culturais: competências, desafios, técnicas e tecnologias, p. 139-154. *In*: ROSADO, Alessandra; GONÇALVES, Willi de Barros. (Org.). **Ciências do patrimônio: horizontes transdisciplinares**. Belo Horizonte: Secretaria de Estado da Cultura de Minas Gerais, Arquivo Público Mineiro, 2015.

LEÃO, Alexandre C., ARAÚJO, Arnaldo de A., SOUZA, Luiz A. C. **Gerenciamento de Cores para Imagens Digitais**. Belo Horizonte. Dissertação (Mestrado) – Escola de Belas Artes – Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

_____. **Restauração Cromática Digital de Fotografias em Filme a partir da cartela Kodak Q-13 – Estudo de caso do acervo do Projeto Portinari**. Belo Horizonte. Tese (Doutorado) – Escola de Belas Artes – Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.

⁴ CIELAB é atualmente o mais popular dos espaços de cores uniformes usados para avaliar as cores.

Consultoria técnico-científica para tratamento de restauro no Forro da Igreja do Carmo de São Paulo

Marcia de Mathias Rizzo¹ *, Julio Eduardo C. D. de Moraes²

¹Professora, Departamento de Arte e Preservação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (Brasil)

¹Sócia acionista, MRIZZO Laboratório de Conservação e Restauração de Bens Culturais Ltda., São Paulo (Brasil)

²Diretor, Julio Moraes Conservação e Restauro Ltda., São Paulo (Brasil)

*mrizzo@mrizzo.com.br; mrizzo@eba.ufrj.br

Palavras-chave: Ciência da conservação; Caracterização de materiais, Química, Interdisciplinaridade; Igreja do Carmo.

1. Introdução

O presente trabalho de investigação científica foi realizado sob forma de consultoria para o IPHAN/Instituto do patrimônio Histórico e Artístico Nacional, com o objetivo de auxiliar na restauração das pinturas murais do forro da igreja da Ordem Terceira do Carmo em São Paulo. O trabalho de restauração foi feito pela empresa Julio Moraes Restaurações Ltda. e a investigação científica com caracterização de materiais e proposição de tratamento foi feita pela Prof^a Marcia Rizzo através da empresa MRIZZO Restaurações Ltda.

Em 2000 o historiador do IPHAN Carlos Gutierrez Cerqueira iniciou pesquisas a partir de um texto escrito por Mário de Andrade¹ em 1945, que menciona uma “*pintura invisível do Padre Jesuíno*”. Neste texto Mário aponta a provável existência de uma pintura mais antiga, oculta sob a pintura então visível na maior parte do forro da nave da igreja terceira carmelita paulistana. Segundo afirmava, pinturas mais recentes haviam sido aplicadas sobre a maior parte da grande obra original de Padre Jesuíno do Monte Carmelo, um dos mais importantes pintores coloniais paulistas, que a realizara entre 1786 e 1787.

Seguiu-se um processo de restauração das pinturas dos dois forros, feito prudentemente. A expertise da equipe permitiu caracterizar genericamente a morfologia da estratigrafia, identificando-se o número de camadas e as características de espessura, dureza, adesão, cor e comportamento geral de cada uma.

Porém, à medida em que o trabalho avançava foram identificadas áreas em que a remoção apresentava maior grau de dificuldade. Decidiu-se então recorrer a uma cientista da conservação, que pudesse extrair do material respostas e indicações dos procedimentos mais seguros e efetivos, em especial a indicação de um método seguro de decapagem por meios químicos. As análises embasaram e deram segurança ao prosseguimento da decapagem, graças à sua detalhada descrição de todas as camadas a serem removidas e da camada a ser preservada.

2. Metodologia

Foram utilizadas diferentes abordagens e diferentes métodos de análise para as diferentes áreas. No caso da repintura, material colocado sobre o original, pôde-se retirar uma quantidade razoável de amostra. Já a análise das camadas inferiores, sejam elas originais ou

¹ Mário de Andrade - Escritor, historiador da arte, folclorista, musicólogo. Um dos mais importantes intelectuais brasileiros do século XX, participou da fundação do IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional - em 1937 e da sua gestão em anos seguintes. Notável pesquisador, tornou conhecido o pintor Frei Jesuíno do Monte Carmelo (1764-1819).

não, só poderia ser feita através da retirada de amostras microscópicas para montagem de cortes estratigráficos.

Com a observação na lupa binocular microscópica, das amostras e dos cortes estratigráficos das mesmas, conseguimos aumento de até 80 vezes, o que possibilitou a escolha dos melhores locais a serem analisados pelas outras técnicas. Além disto, foi possível corar as amostras montadas nos blocos de resina com substâncias químicas específicas e observar as diferentes camadas de pintura. Elas foram observadas numa lupa binocular microscópica da marca Nikon, no laboratório da MRIZZO Restaurações.

Após essa primeira etapa, as amostras foram observadas no microscópio eletrônico MEV-Microscópio Eletrônico de Varredura Quanta 600S da FEI acoplado a um EDS – Energy Dispersion Spectrometer; no Laboratório de Caracterização Tecnológica da Poli/USP; e, foram analisadas por Infra-vermelho no equipamento Bomem MB100, dispersas em pastilha de KBr, na Central Analítica do IQ/USP.

3. Resultados e discussão

A Figura 1 ilustra o corte estratigráfico da camada pictórica, de uma amostra retirada da lateral da nave central, mostrando as sucessivas camadas de tinta e/ou massa numeradas da mais antiga para a mais recente.

A utilização de corantes não-fluorescentes permitiu identificar os tipos de ligantes empregados nas tintas das sucessivas camadas. Todas as camadas tiveram reação positiva para proteínas, com o corante Amido Black AB2.

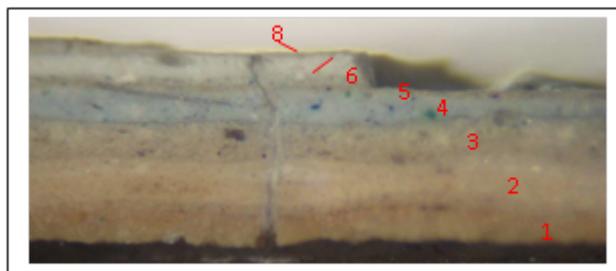


Figura 1: Corte estratigráfico da camada pictórica, mostrando as sucessivas camadas de tinta e massa numeradas da mais antiga para a mais recente (sem o corante): 1 (ocre); 2 (bege); 3 (cinza); 4 (azul); 5 (cinza); 6 (branco); 7 (verde); 8 (marfim).

A Figura 2(a) à 2(f) apresenta espectros de infravermelho das camadas de repintura e/ou massa do forro da igreja. Todas as amostras foram coletadas no local mecanicamente com bisturi. As Figuras 2(a) e 2(b) apresentam o espectro no infravermelho de uma amostra de uma camada branca que se encontrava sobre a pintura no forro do altar mor da igreja (amostra C2).

As Figuras 2(c) e 2(d) apresentam o espectro no infravermelho de uma amostra de tinta azul que se encontrava sobre a pintura no forro do altar mor da igreja (amostra C3). Os espectros das duas amostras são muito semelhantes. Ambos são característicos de tempera à ovo (bandas de absorção $3400 - 3200 \text{ cm}^{-1}$; $3100 - 2800 \text{ cm}^{-1}$; $1750 - 1600 \text{ cm}^{-1}$; $1565 - 1500 \text{ cm}^{-1}$; $1480 - 1300 \text{ cm}^{-1}$).

As Figuras 2(e) e 2(f) apresentam o espectro no infravermelho de uma amostra da camada branca que se encontrava sobre a pintura de Nossa Senhora do Carmo, no ápice da nave central no forro da igreja (amostra C1). O espectro apresenta bandas coincidentes àquelas da tempera à ovo, embora o formato e a intensidade relativa entre elas estejam alterados (bandas de absorção

V Escola de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio (V EARCAP)
II CONGRESSO BIENAL DA ANTECIPA (ANTECIPA-2020)
(Associação Nacional de Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Patrimônio)
16 e 20 de novembro de 2020, evento on-line, Brasil

3400 – 3200 cm^{-1} ; 3100 – 2800 cm^{-1} ; 1750 – 1600 cm^{-1} ; 1565 – 1500 cm^{-1} ; 1480 – 1300 cm^{-1}).
Ele apresenta um pequeno ombro em 3500 cm^{-1} , provavelmente por contaminação de umidade.

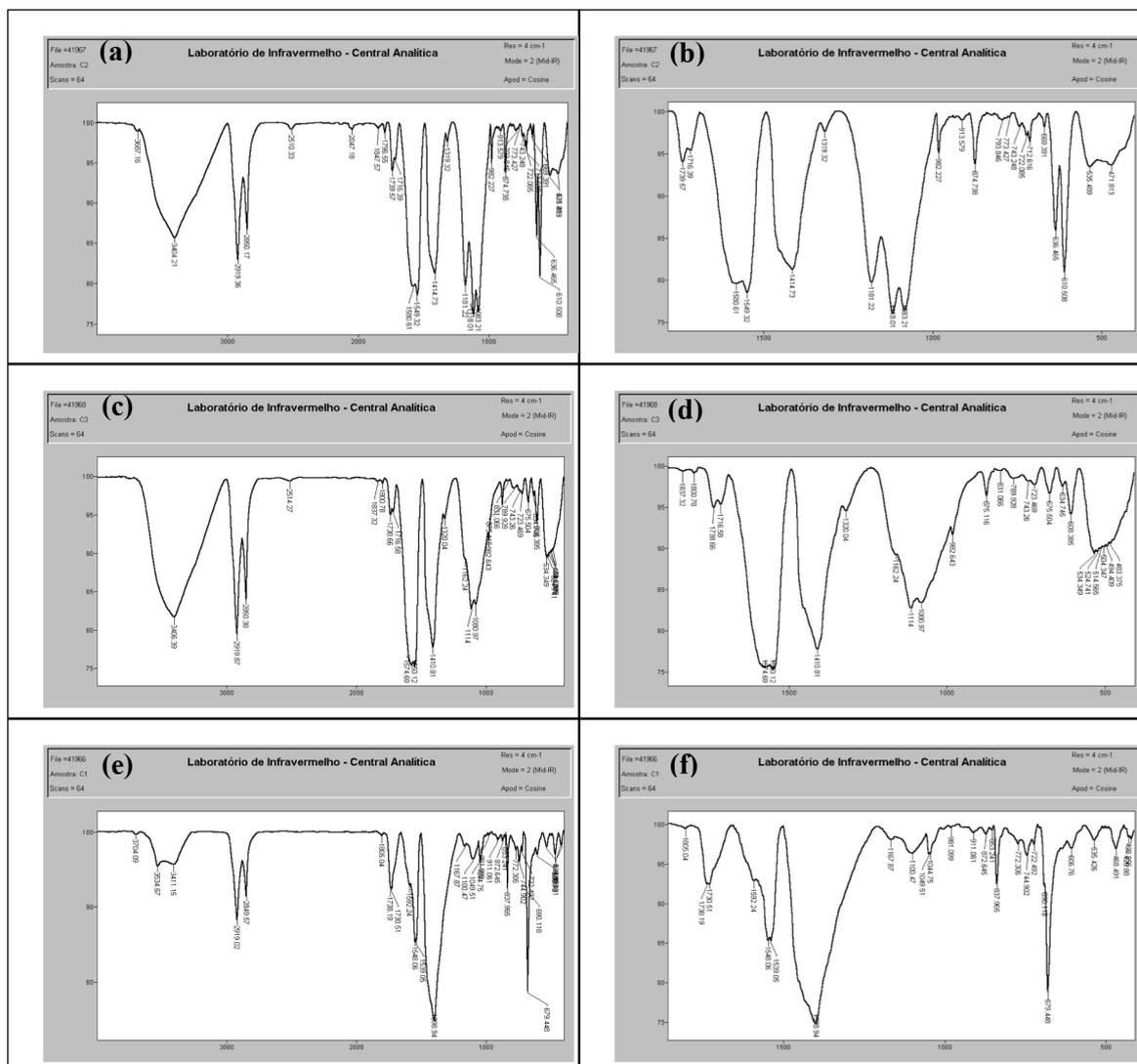


Figura 2: (a) e (b) Espectro no infravermelho da amostra de massa retirada do forro do altar mor (contaminada com tinta azul na retirada). (c) e (d) Espectro no infravermelho da amostra de repintura azul do forro do altar (contaminada com um pouco de marrom). (e) e (f) Espectro no infravermelho da amostra (C1) retirada do forro – massa sobre a pintura de Nossa Senhora do Carmo no centro nave.

A Figura 3 ilustra uma imagem com microscópio eletrônico de varredura do mesmo corte estratigráfico da Figura 1, deslocada milímetros à direita do local da anterior, com aumento de 260 vezes. A Tabela 1 apresenta as porcentagens em massa dos elementos encontrados nos espectros de área das camadas 1 a 8 da Figura 3 e da substância branca aplicada sobre a pintura original, Figura 3.

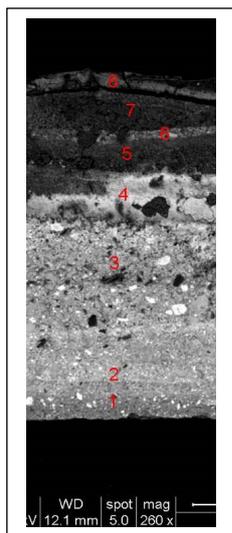


Figura 3: Imagem com MEV da Figura 1. Aumento de 260 vezes.

Tabela 1: Porcentagens em massa dos elementos encontrados nos espectros de área das camadas 1 a 8 da Figura 3.

CAMADA	1	2	3	4	5	6	7	8	SUB. BRANCA
ELEMENTO	% MASSA								
C	64,4	52,3	46,0	41,6	35,2	38,7	43,9	35,4	61,4
O	32,3	42,0	46,4	44,2	39,7	38,2	34,4	41,6	35,0
Al	--	--	--	--	0,7	--	0,1	--	--
Ca	0,2	--	0,5	--	0,7	0,5	--	--	--
Ba	0,1	2,7	2,7	--	0,2	2,7	--	--	--
Zn	--	--	0,1	6,4	19,8	11,2	18,1	16,4	0,6
Pb	2,8	2,8	2,3	2,5	0,3	1,2	0,7	0,5	2,3
S	--	--	1,7	3,1	2,5	7,2	2,2	3,4	--
Si	--	--	--	--	0,4	--	--	1,2	0,1
Fe	--	--	--	--	--	--	0,1	0,3	0,1
Ti	--	--	--	--	--	--	--	--	0,1
Cl	--	--	--	--	--	--	--	0,9	--
Na	--	--	--	1,7	--	--	--	--	--
TT	99,8	99,8	99,7	99,5	99,5	99,7	99,5	99,7	99,6

4. Conclusões

Para indicação de um tratamento eficaz de remoção das repinturas, é necessária a identificação dos ligantes das camadas sobrepostas, assim como a identificação do ligante da camada de pintura original. O ligante das camadas azul e branco aplicadas sobre a pintura original no altar mor tem o espectro de FTIR característico de tempera à ovo. O espectro de FTIR da amostra do ligante da camada branca aplicada sobre a pintura original na Nossa Senhora do Carmo na nave central apresenta as mesmas bandas, entretanto as intensidades relativas entre estas bandas estão alteradas, portanto não é possível afirmar que seja o mesmo composto. É provável que seja uma mistura de compostos, o que torna muito difícil sua identificação. Os ligantes de todas as camadas visíveis no corte estratigráfico de uma amostra retirada da lateral da nave central são compostos à base de proteínas. Portanto, podem ser a própria tempera à ovo e/ou cola animal e/ou caseína, etc. Através das análises de EDS realizadas no MEV foi possível identificar os elementos presentes em cada uma das camadas do corte estratigráfico da pintura, assim como na massa branca retirada da nave central. Através destes elementos é possível fazer a indicação de alguns pigmentos ou cargas. A primeira camada do corte estratigráfico (bege) é, provavelmente, uma base de preparação, pois verifica-se a presença de proteínas, a qual pode ser de cola animal, com pouca carga. Ela apresenta mais que 96% de carbono e oxigênio e apenas uma pequena quantidade de chumbo e outros elementos que poderiam ser atribuídos às cargas e/ou pigmentos, como barita e crê. Sua cor provavelmente se deve ao amarelecimento do ligante. A segunda camada (bege) foi feita provavelmente com o pigmento branco de chumbo misturado à barita. Todos característicos da época. Sua cor provavelmente se deve ao amarelecimento do ligante. Na terceira camada (cinza) podemos indicar como pigmentos o branco de chumbo, devido à presença de Pb e o litopone, devido à presença simultânea de Zn, S e Ba. A quarta camada (azul) já tem indícios da utilização de uma de branco de zinco com o ultramarino francês, os quais começaram a ser utilizados apenas no começo do século XIX, além do branco de chumbo. A quinta camada (cinza) apresenta indícios da utilização de branco de zinco, o qual, como já foi mencionado, começou a ser utilizado no começo do século XIX e possivelmente

algum pigmento terroso, devido à presença de Al e Si. A sexta camada (branco) é muito parecida quimicamente com a quinta camada, porém não apresenta os elementos Al e Si. Ela apresenta majoritariamente o elemento zinco, dando indícios da utilização de branco de zinco. A sétima camada (verde) apresenta indícios da utilização de branco de zinco com alguma terra verde. A oitava camada (marfim) apresenta indícios da utilização de branco de zinco, com algum pigmento terra. Na massa branca retirada da repintura na nave central aparece pela primeira vez, dentre os espectros de dispersão de energia de raios X realizados neste trabalho, o elemento titânio o que sugere a presença do branco de titânio. Este pigmento começou a ser utilizado no início do século XX. Aparecem também os elementos zinco e chumbo, os quais podem indicar uma mistura dos brancos de zinco e de chumbo com o de titânio. Pode-se sugerir que as camadas 1 e 2 da Figura 1 foram feitas no século XVIII e as camadas 3, 4, 5 e 6 a partir do século XIX. A repintura feita sobre a imagem central de Nossa Senhora do Carmo foi feita no século XX, posto que a massa abaixo dela contém branco de titânio. Os espectros de EDS foram feitos e interpretados em 2009, porém sua interpretação foi revista em 2020, neste trabalho.

A partir dos resultados obtidos não foi possível fazer a indicação de um material seguro para a remoção química completa de todas as camadas de repintura sem afetar o original. No caso da nave central não foi possível identificar o material utilizado. No caso do altar mor, verificou-se que as repinturas foram feitas com tempera à ovo. Entretanto os ligantes de todas as camadas subjacentes são constituídos por proteínas, portanto qualquer produto que remova a repintura afetará também a pintura original. O procedimento indicado nos dois casos é o que já vem sendo utilizado: a remoção mecânica das camadas adicionais. Entretanto, é possível a indicação da utilização de ácido acético puro (como solvente) para amolecimento e remoção das camadas mais externas. Esse procedimento deve parar antes de chegar na pintura original. Serve apenas para afinar a espessa camada de massa e repintura e minimizar o possível dano causado pelo bisturi na finalização mecânica da retirada da sobrepintura.

As técnicas de análise não destrutiva (sem retirada de amostras) em obras de arte vêm sendo cada vez mais utilizadas. Entretanto a diferenciação da composição de camadas sobrepostas por meio dessas técnicas ainda é muito difícil e envolve cálculos com fórmulas complexas. Quando é possível fazer a retirada de micro-amostras para montagem de cortes estratigráficos, as técnicas de espectroscopia microscópica são muito eficazes.

O presente trabalho é um exemplo de interdisciplinaridade. As análises realizadas incorporam-se a um incipiente acervo de informações cientificamente embasadas sobre as características compositivas e peculiaridades dos materiais da pintura colonial paulista.

Referências

ANDRADE, M. **Padre Jesuíno do Monte Carmelo**. São Paulo: Editora Martins, 1963.

O uso do Laser Scanner 3d no projeto “Prevenção de incêndio em edificações históricas na região de Florianópolis/SC”

Ana Paula Pupo Correia^{1*}, Bernardo Brasil Bielschowsky^{1*}, Rovane Marcos de França¹, Julianna Baron¹
¹ Instituto Federal de Santa Catarina (Brasil)
^{*}ana.pupo@ifsc.edu.br; bernardo.brasil@ifsc.edu.br

Palavras-chave: Laser scanner; Patrimônio histórico; Prevenção de incêndio; Florianópolis.

1. Introdução

O objetivo principal deste artigo é revelar a articulação da pesquisa e extensão ao ensino ao identificar e avaliar os riscos de algumas edificações históricas na cidade de Florianópolis/SC, escolhidas em conjunto com o FCC (Fundação Catarinense de Cultura), órgão responsável pela gestão do Patrimônio Cultural de Santa Catarina. O presente trabalho teve como uma das metodologias a aplicabilidade da tecnologia de escaneamento a laser tridimensional na atividade de levantamento do patrimônio histórico para elaboração das análises de prevenção de incêndio das edificações históricas na região de Florianópolis/SC. Esta pesquisa que visa abordar a discussão sobre o tema prevenção de incêndio e preservação do patrimônio histórico. Destaca-se a relevância do equipamento, fornecendo informações mais completas para a elaboração dos estudos e preservação das edificações. A partir desta problemática, este projeto visa trazer a discussão sobre os temas preservação do patrimônio histórico, acessibilidade e saída de emergência para o ambiente acadêmico do IFSC, principalmente nas aulas de Projeto Arquitetônico e Instalações Especiais do Curso Técnico em Edificações e nas aulas de Projeto Arquitetônico e Prevenção de Incêndio do Curso superior em Engenharia Civil. O estudo de caso aqui apresentado foi realizado no Museu Etnográfico Casa dos Açores, localizado em Biguaçu na região metropolitana de Florianópolis. A escolha do edifício para este estudo deve-se em virtude da futura reforma e adequações em sua edificação.



Figura 1: Fachada do Museu casa dos Açores. Fonte: Autores (2019).

2. Metodologia

Inicialmente foram realizadas pesquisas bibliográficas e análises das normas técnicas e instruções normativas referentes ao tema inicialmente. Em conjunto com a FCC foram definidas quais edificações históricas seriam objeto de análise para identificar e analisar os riscos dessas edificações. Uma vez definidas, foram realizados os trabalhos de campo, através de levantamentos com laser scanner e demais equipamentos necessários. A partir dos dados obtidos, foram elaborados os mapas de riscos dessas edificações pelos bolsistas, introduzindo o tema nas aulas das disciplinas

de Instalações Especiais do Curso Técnico em Edificações e nas aulas de Projeto e Prevenção de Incêndio do Curso superior em Engenharia Civil. Esses mapas de riscos e todo o material elaborado foram entregues aos órgãos de preservação patrimonial, notadamente para a FCC, que é a instituição demandante deste projeto.

Para a execução do levantamento de dados das edificações pesquisadas foi utilizado o laser scanner 3D terrestre do tipo estático modelo Focus 3D x330, método de medição que opera de maneira não invasiva e proporciona uma documentação precisa do estado atual do edifício. Após este levantamento, as informações foram processadas e utilizado o software Faro Scene. Algumas vantagens do uso deste tipo de equipamento foi a medição sem contato com edifício ou monumento, documentação completa gráfica e numérica, medição de volume, obtenção de um modelo 3D de qualidade fotográfica. Para a representação dos trabalhos pelos membros da equipe foram utilizados os software AutoCad e Revit/ BIM.

3. Resultados e discussão

O método de medição, com base no uso do Laser scanner 3D opera de maneira não-invasiva e proporciona uma documentação precisa do estado atual do edifício. Este método de levantamento pode ser aplicado como levantamento tridimensional de edifícios, facilitando no detalhamento de projeto, para estudos de patologias, controle de deformação, documentos gráficos de instalações e simulação de visita virtual. Algumas vantagens do uso do equipamento: medição sem contato com edifício ou monumento, documentação completa gráfica e numérica, medição de volume, obtenção de um modelo 3D de qualidade fotográfica e pode-se destacar como desvantagem o alto custo do equipamento.

Nessa metodologia utilizada com o uso deste tipo de equipamento é possível realizar um alto nível de detalhe coletando uma grande quantidade de nuvem de pontos, com isso reproduz-se a realidade com extrema fidelidade e precisão. O escaneamento a laser 3D pode ser definido como uma tecnologia de digitalização tridimensional usando um feixe laser que é direcionado aos objetos e permite capturar, visualizar e modelar tridimensionalmente cenas complexas com rapidez e alta precisão (BOSCATTO, 2014). Nas imagens abaixo podemos observar o nível de detalhes que se pode chegar com escaneamento realizado pelo método de nuvens de pontos.



Figura 2: Nuvem de pontos do Laser scanner 3d. Fonte: Autores (2019).

O levantamento foi realizado pela equipe de professores e bolsista do IFSC/Florianópolis. Foram realizados em 3 dias de trabalho de campo durante 10 horas e gerados 65 cenas. Após a elaboração do levantamento e processamento dos dados coletados, foi possível a geração e elaboração das perspectivas eletrônicas, cortes, elevações, detalhamentos de projetos e elaboração de documentação técnica para realização de intervenções necessárias na edificação.

Na imagem abaixo pode-se observar os detalhes do escaneamento:



Figura 3: Escaneamento por nuvem de pontos. Fonte: Autores (2019).

Os dados levantados foram utilizados para a realização do projeto de prevenção de incêndio do Museu Etnográfico Casa dos Açores. Para realizar esse cálculo deve-se levar em consideração os materiais combustíveis de um espaço, o mobiliário, paredes, pisos e tetos. Observamos que ao realizar um levantamento da carga de incêndio de todos os materiais existentes do local, tais como móveis, roupas, objetos em geral, a utilização do uso do escaneamento em 3D facilita na coleta de dados, como o volume, área, dos materiais existentes no local.

4. Conclusões

A maneira de realizar um registro documental, com obtenção precisa de medidas e informações capturadas em um curto espaço de tempo foi possível pelo uso do laser scanner tridimensional. Além disso, se coloca como uma metodologia importante na salvaguarda de um patrimônio. Essa metodologia empregada nos levantamentos e o trabalho vem sendo realizado pela equipe do IFSC, que nesse sentido, foi possível verificar a eficácia do uso do método de escaneamento a laser tridimensional.

Acredita-se que esse artigo possa contribuir com a disseminação do uso da tecnologia de escaneamento a laser 3D como um a forma eficaz de levantamento das edificações históricas. Por isto, a continuação deste projeto pretende oferecer uma inserção sobre a temática e estabelecer futuras ações de pesquisa e extensão com instituições públicas.

Agradecimentos

Este trabalho faz parte do projeto de pesquisa intitulado “Prevenção de Incêndio em Edifícios Históricos na Região de Florianópolis”, desenvolvido no Instituto Federal de Santa Catarina, campus Florianópolis.

Referências

- BOSCATTO, F. **Diretrizes para o levantamento topográfico e geodésico do Patrimônio Cultural Material**. UFSC, Florianópolis/SC, 2014.
- BRAGA, M. et al. **Conservação e restauro: arquitetura**. Rio de Janeiro. 2003.

V Escola de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio (V EARCAP)
II CONGRESSO BIENAL DA ANTECIPA (ANTECIPA-2020)
(Associação Nacional de Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Patrimônio)
16 e 20 de novembro de 2020, evento on-line, Brasil

CBMSC (CORPO DE COMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA). **Instrução Normativa nº 001** – Da atividade técnica. 2015.

CBMSC (CORPO DE COMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA). **Instrução Normativa nº 003** - Carga de incêndio. 2014.

CHOAY, F. **A alegoria do patrimônio**. São Paulo: Estação Liberdade, 2006

IPHAN. **Plano de Preservação. Sítio Histórico Urbano. Termo Geral de Referência**. Brasília: IPHAN/ Ministério da Cultura, 2003.

IPHAN. **Educação patrimonial: histórico, conceitos e processos**. Brasília, 2014

IPHAN. **Portaria nº 366, de 04 de setembro de 2018**. Ministério da Cultura/IPHAN Brasília, DF, 06 set. 2018.

ONO, R. **O impacto do método de dimensionamento das saídas de emergência sobre o projeto arquitetônico de edifícios altos: uma análise crítica e proposta de aprimoramento**. 2010. Tese (Livre Docência em Segurança Contra Incêndio) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

ONO, R. **Proteção do patrimônio histórico-cultural contra incêndio em edificações de interesse de preservação**. Rio de Janeiro, 2004.

RODRIGUES, E. E. C. **Sistema de Gestão da Segurança contra Incêndio e Pânico nas Edificações: Fundamentação para uma Regulamentação Nacional**. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SERPA, F. B. **A Segurança Contra Incêndio como Abordagem de Conservação do patrimônio Histórico Edificado: a aplicação do sistema de projeto baseado em desempenho em edifícios históricos em Florianópolis, SC**. UFSC, 2009.

TEIXEIRA, L. C.; GHIZONI, V. R. **Conservação Preventiva de Acervos**. Coleção Estudos Museológicos, v. 1, Fundação Catarinense de Cultura/FCC, 2012.

Métricas de preservação química - taxas de permanência ponderadas pelo efeito cumulativo do tempo: Explorando a aplicabilidade de um conceito

Willi de Barros Gonçalves^{1*}

¹Laboratório de Conservação Preventiva, Escola de Belas Artes, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte (Brasil)

*willidebarros@ufmg.br

Palavras-chave: Patrimônio cultural; Preservação; Conservação Preventiva de coleções; Métricas de preservação.

1. Introdução

Este resumo expandido discute a aplicabilidade dos conceitos envolvidos no cálculo do Índice de Preservação ponderado pelo efeito cumulativo do tempo (IETP), introduzido por REILLY et al. (1995, 2001), a outras métricas de preservação químicas similares, embasadas em taxas de deterioração (r) e permanência (P), como as Isopermas de SEBERA (1988, 2001) e os Multiplicadores de Expectativa de Vida (LM) de MICHALSKI (2000, 2002).

Métricas de preservação são índices ou parâmetros que propiciam uma avaliação quantitativa das condições de conservação das coleções, em função de fatores microclimáticos utilizadas principalmente como indicadores para o gerenciamento ambiental de coleções. As métricas de preservação também possibilitam a comparação de dois ou mais microclimas no mesmo espaço (p. ex. duas vitrines em uma sala ou duas salas em um edifício), em termos da expectativa de vida das coleções. Sua obtenção e interpretação integram condições e mecanismos dinâmicos complexos, envolvidos na deterioração das coleções, e resultam em indicadores que permitem sintetizar grandes quantidades de dados. Configuram, em última análise, critérios quantitativos que podem ser calculados a partir de dados microclimáticos medidos em campo ou derivados de simulações ambientais, cujo estudo pode representar um importante auxílio nas tomadas de decisão, visando à melhoria das condições de conservação e diminuição dos riscos para a preservação dos bens culturais. GONÇALVES (2013) discute a fundamentação teórica e as incertezas envolvidas na aplicação destas ferramentas.

O uso de métricas de preservação difere da análise básica de tabelas e gráficos brutos de temperatura (T) e umidade relativa do ar (UR), resultantes de campanhas de monitoramento ambiental. Essa análise básica geralmente é feita comparando os valores medidos com padrões, limites, faixas ou zonas de segurança fixos, estáticos e de aplicabilidade geralmente restrita, a exemplo dos chamados “números mágicos” de THOMSON (1978), que fixou em $50 \pm 3\%$ a umidade relativa segura para conservação de acervos. Normalmente, tais interpretações são determinísticas / binárias, do tipo “atende” ou “não atende”, “está dentro” ou “está fora” dos limites considerados. Os parâmetros propostos por Thomson vêm sendo questionados durante os últimos quarenta anos, culminando essa discussão na publicação de diretrizes para o gerenciamento ambiental de coleções pelo Comitê de Conservação do Conselho Internacional de Museus (ICOM-CC, 2014). Uma abordagem metodológica intermediária é o uso de índices de desempenho, que demanda o processamento estatístico dos dados de monitoramento ambiental, com o estabelecimento de “critérios-limite” ou “faixas seguras” para as variáveis que se deseja estudar. O índice de desempenho indica a porcentagem do tempo, em relação ao período monitorado, ou pré-definido (anual, mensal, semanal etc.) na qual as variáveis analisadas permanecem dentro dos critérios-limite previamente estabelecidos (CORGNATI et al., 2009).

O método das isopermanências ou isopermas foi originalmente desenvolvido por SEBERA (1988, 2001). Ele permite comparar condições microclimáticas distintas, em termos da expectativa de vida

proporcionada pelos microclimas para as coleções, com relação a mecanismos químicos de deterioração, influenciados por T e UR. O método parte da relação diretamente proporcional entre a taxa de deterioração, correlacionada positivamente com a velocidade das reações químicas, e os valores observados de T e UR. A proposição de Sebera baseou-se em mecanismos químicos de deterioração de papel, sendo a energia de ativação (E) para a hidrólise da celulose uma das variáveis fundamentais do método, que segundo o autor (SEBERA, 2001, p. 9) poderia ser aplicado para outros materiais higroscópicos como tecidos e pergaminhos. Sebera chama a expectativa de vida para uma coleção de Permanência (P), cujo valor é inversamente proporcional à taxa de deterioração (r). A razão comparativa entre duas permanências (P2/P1) será o inverso da razão entre duas taxas de deterioração. SEBERA (2001, p. 12) apresenta equações para derivar as taxas de deterioração (e inversamente, as permanências) dos valores de T, UR e da energia de ativação (E) da reação química de hidrólise do papel, considerada como representativa das aplicações para preservação, da ordem de 30-35Kcal/mol. Segundo MICHALSKI (apud MARTENS, 2012, p. 61) a energia de ativação fica entre 70 e 100 kJ/mol (~17 a 24 kcal/mol) para a maioria dos materiais.

MICHALSKI (2000, 2002) elaborou um modelo de Isopermanências semelhante ao de Sebera, também arbitrando a isoperma de número 1 com referência em T=20°C e UR=50%, e as chamou de Multiplicadores de Expectativa de vida (*Lifetime Multipliers* - LM). Segundo MARTENS (2012, p. 117), condições microclimáticas que produzem expectativas de vida maiores que LM = 1 (T=20°C e UR=50%) resultam em um baixo risco de deterioração química para as coleções. Valores de T ou de UR acima de 20°C/50% produzirão LMs menores. Martens considerou o risco de deterioração química causado por condições microclimáticas na faixa $0,75 < LM < 1$ como “mediano” e quando o $LM \leq 0,75$, como “alto”. Ao se comparar o modelo de Sebera com o de Michalski, verifica-se que, de modo geral, para UR > 50%, as taxas de permanência calculadas por Michalski resultam em valores menores que os calculados por Sebera, ocorrendo o contrário para UR < 50%. STRANG e GRATTAN (2009) revisaram o modelo de Sebera, incorporando a equação de Arrhenius e aproximando a isoterma de sorção pelo modelo GAB (Guggenheim-Anderson-deBoer).

O Índice de preservação (IP) e índice de preservação ponderado pelo efeito cumulativo do tempo (IETP) foram desenvolvidos pelo Instituto de Permanência da Imagem (IPI, 2005, 2020; NISHIMURA, 2007; REILLY et al., 1995, 2001). O método é uma evolução do de Sebera (REILLY et al., 2001, p. 7) e considera o efeito combinado de T e UR sobre as condições de conservação, embutindo um conceito similar de taxas de permanência e deterioração. REILLY et al. (2001) afirmam que o IP e o IETP se aplicam a todos os materiais orgânicos e não somente ao papel, afirmação que deve ser considerada com cuidado, devido as incertezas envolvidas no embasamento, que utiliza dados empíricos, não cabendo uma utilização indiscriminada (GONÇALVES, 2013). REILLY et al (2001) avaliaram ser mais significativo falar de expectativa de vida em anos, do que em uma taxa de deterioração por ano. Assim, o IP exprime uma estimativa aproximada da expectativa de vida, em anos, de materiais orgânicos inerentemente instáveis. Os autores alertam que os erros inerentes ao modelo são significativos quando envolve expectativas de vida muito longas, de centenas a milhares de anos.

Segundo REILLY et al (2001, p. 11), o IP representa a qualidade de preservação instantânea, para um dado momento, em um microclima (sala ou mobiliário fechado) estável, com T e UR constantes. Entretanto, mesmo na presença de sistemas ativos de climatização, raramente os ambientes que abrigam coleções apresentam microclimas estáveis. Assim, é conveniente calcular um IP médio, ao longo de um determinado intervalo de tempo típico (semana, mês, estação do ano, ano). Porém esse IP médio não pode ser calculado como uma média aritmética simples, pois o(s) período(s) de tempo que a coleção durante os quais as coleções são mantidas sob condições ambientais desfavoráveis à preservação tem um impacto mais significativo sobre a sua expectativa de vida. Para responder essa questão, REILLY et al. (2001) propuseram o IETP - Índice de preservação considerando o efeito

cumulativo do tempo. GONÇALVES (2013) discute o embasamento teórico e a nomenclatura deste índice.

Para calcular o IETP obtém-se a média aritmética de todas as taxas de deterioração observadas anteriormente numa série temporal obtida em uma campanha de monitoramento. O inverso dessa média corresponde a uma permanência (expectativa de vida) média. Ou seja, considerando n IPs obtidos em um procedimento de monitoramento ambiental, com intervalos de tempo iguais, calcula-se uma média harmônica cumulativa dos IPs obtidos até o ponto considerado na série. Este conceito pode ser aplicado aos modelos de isopermas de Sebera e Michalski definindo taxas de permanência ponderadas pelo efeito cumulativo do tempo (GONÇALVES, 2013). REILLY et al (2001, p. 17) sugerem o uso de médias móveis de T e UR para o cálculo do IETP, devendo o período para o cálculo da média móvel ser escolhido em função do tempo de resposta típico da coleção às flutuações ambientais (ANKERSMIT; STAPPERS, 2017).

2. Metodologia

A metodologia utilizada neste trabalho envolveu as seguintes etapas: a) Revisão bibliográfica e investigação da aplicabilidade de Métricas de Preservação como ferramentas auxiliares no diagnóstico de condições de conservação de coleções de bens culturais; b) Preparação e aferição de sensores registradores de temperatura e umidade relativa do ar; c) Monitoramento de temperatura e umidade relativa *in situ* do caso estudado – Museu da Cidade, localizado em Governador Valadares-MG; d) Derivação e análise de taxas de deterioração médias ponderadas pelo efeito cumulativo do tempo (médias harmônicas) e de suas recíprocas inversas, taxas de permanência ponderadas pelo efeito cumulativo do tempo, a partir de médias móveis calculadas para séries temporais de T e UR, considerando períodos de 24h para T e trinta dias para a UR.

3. Resultados e discussão

As Figuras 1 e 2 comparam as taxas de permanência instantâneas e ponderadas pelo efeito cumulativo do tempo (Isoperma-T) calculadas respectivamente pela metodologia de Sebera e Michalski, conforme metodologia sucinta acima, detalhada por GONÇALVES (2013), com base no monitoramento por um ano, de uma sala de exposição do Museu da Cidade.

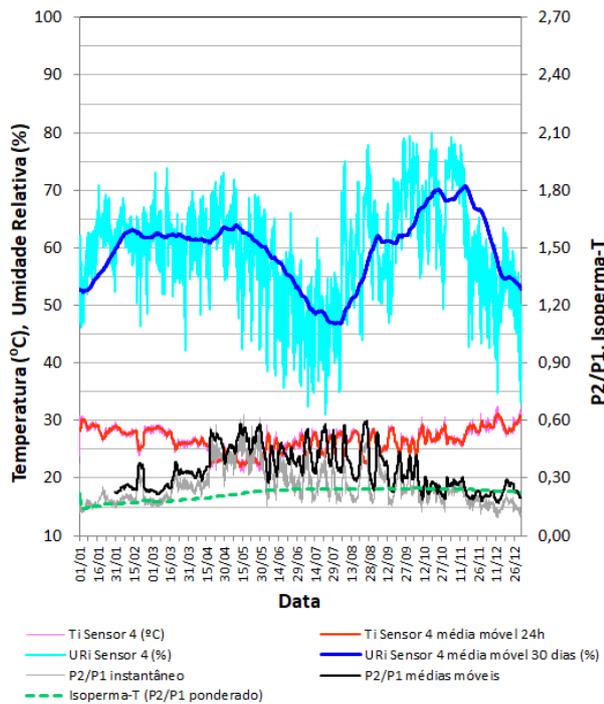


Figura 1: Ti e URi x taxas de permanência instantâneas (P2/P1) e ponderadas (Isoperma-T)

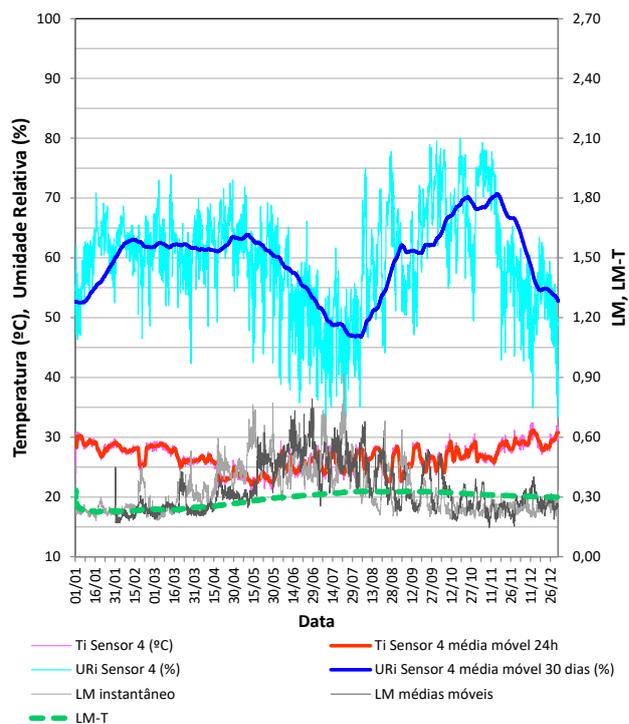


Figura 2: Ti e URi x taxas de permanência instantâneas (LM) e ponderadas (LM-T)

Na Figura 1 observa-se que as taxas de permanência instantâneas (P2/P1) se elevam no período mais seco, influenciando na discreta elevação das taxas de permanência ponderadas (Isoperma-T). Os resultados mostrados na Figura 2 apontam que na sala estudada durante o período monitorado ocorreram condições desfavoráveis de conservação, com elevado risco de deterioração química do acervo, considerando os limites de LM-T propostos por MARTENS (2012), descritos sucintamente na metodologia e detalhados por GONÇALVES (2013).

4. Considerações finais

Em geral, os resultados obtidos mostram que as taxas de permanência calculadas pelos métodos de Sebera ou Michalski são equivalentes e que ambos os métodos podem ser usados como ferramentas auxiliares em rotinas diagnósticas de conservação. A revisão do embasamento teórico destes índices indica que eles são muito sensíveis a alguns parâmetros, como por exemplo a energia de ativação considerada nas equações, o que representa uma dificuldade para o seu uso generalizado.

Os resultados demonstraram a presença de riscos de deterioração química na sala estudada no Museu da Cidade e poderiam ser reduzidos com diminuição da temperatura, sem elevação da umidade relativa, o que pode embasar estratégias de conservação do acervo.

O uso das métricas de preservação aponta para uma mudança de paradigma em termos da prática do gerenciamento ambiental. Ele exige uma maior compreensão sobre o que está sendo monitorado e controlado (mecanismos de deterioração, dados climáticos, dados sobre o edifício e seus sistemas), bem como sobre os objetivos do gerenciamento ambiental.

O emprego de taxas de permanência ponderadas pelo efeito cumulativo do tempo permite uma abordagem quantitativa mensurável da “qualidade de conservação” das coleções, em função das condições microclimáticas. Tais índices vantajosamente, permitem a comparação de dois ou mais microclimas no mesmo espaço ou de espaços distintos com diferentes condições microclimáticas, ou

de variações no microclima ao longo do tempo, em termos da expectativa de vida das coleções, mas também requerem conhecimento e bom senso dos usuários.

Agradecimentos

O autor agradece ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico; à FAPEMIG – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais; ao PROAP-CAPES – Programa de Apoio à Pós-Graduação; à UFMG e seus Programas de Pós Graduação: PPG em Artes e PPG em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável, pelo apoio financeiro a projetos de pesquisa que deram origem a esse artigo e no auxílio para sua divulgação e publicação.

Referências

- ANKERSMIT, Bart; STAPPERS, Marc. **Managing indoor climate risks in museums**. Suíça: Springer, 2017.
- CAMUFFO, Dario. **Microclimate for cultural heritage**. Nova Iorque: Elsevier, 1998.
- CORGNATI, Stefano Paolo; FABI, Valentina; FILIPPI, Marco. A methodology for microclimatic quality evaluation in museums: Application to a temporary exhibit. **Building and environment**, v. 44, n. 6, p. 1253-1260, 2009.
- GONÇALVES, Willi de Barros. **Métricas de preservação e simulações computacionais como ferramentas diagnósticas para a conservação preventiva de coleções: estudo de caso no sítio patrimônio mundial de Congonhas - MG**. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Belas Artes, 2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/JSSS-9GRH79>. Acesso em: 4 out. 2020.
- ICOM-CC. CONSELHO INTERNACIONAL DE MUSEUS. COMITÊ DE CONSERVAÇÃO. **Environmental Guidelines ICOM-CC and IIC Declaration**. 2014. Disponível em: <http://www.icom-cc.org/332/-icom-cc-documents/declaration-on-environmental-guidelines>. Acesso em: 4 out. 2020.
- IPI - IMAGE PERMANENCE INSTITUTE. **Step-by-step workbook: achieving a preservation environment for collections**. Rochester, Nova Iorque: Rochester Institute of Technology, 2005.
- IPI - IMAGE PERMANENCE INSTITUTE. **Preservation metrics**. Nova Iorque: Rochester Institute of Technology, 2020. Disponível em: https://www.eclimatenotebook.com/fundamentals_nl.php. Acesso em: 4 out. 2020.
- MARTENS, Marco Hendrikus Jozef. **Climate risk assessment in museums: degradation risks determined from temperature and relative humidity data**. Tese (Doutorado) – Department of Architecture, Building and Planning – Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven, 2012.
- MICHALSKI, Stefan. **Guidelines for humidity and temperature in Canadian archives**. CCI Technical Bulletin 23. Ottawa: Canadian Conservation Institute, 2000.
- MICHALSKI, Stefan. Double the life for each five-degree drop, more than double the life for each halving of relative humidity. *In*: VONTOBEL, Roy (Editor). **Proceedings of ICOM-CC 13th Triennial Conference**, Rio de Janeiro, 22-27 September 2002. Earthscan Ltd., 2002, p. 66-72.
- NISHIMURA, D. **Understanding preservation metrics**. Rochester, Nova Iorque: Image Permanence Institute, (s.d.). Disponível em: <https://www.imagepermanenceinstitute.org/education/publications.html>. Acesso em: 4 out. 2020.

PADFIELD T. **The preservation index and the time weighted preservation index.** 2004. Disponível em: http://www.conservationphysics.org/twpi/twpi_01.html. Acesso em: 4 out. 2020.

REILLY, James M. et al. **New tools for preservation: assessing long-term environmental effects on library and archives collections.** Washington, DC: Commission on Preservation and Access, 1995.

REILLY, James M. et al. **Novas ferramentas para preservação: avaliando os efeitos ambientais a longo prazo sobre coleções de bibliotecas e arquivos.** 2. ed. Rio de Janeiro: Projeto Conservação Preventiva em Bibliotecas e Arquivos: Arquivo Nacional, 2001.

SEBERA, Donald K. A graphical representation of the relationship of environmental conditions to the permanence of hygroscopic materials and composites. In: **Proceedings of Conservation in Archives – Actes du Colloque sur la Conservation aux Archives.** 1988. p. 51-75.

SEBERA, Donald K. **Isopermas: uma ferramenta para o gerenciamento ambiental.** [trad. José Luiz Pedersoli Jr.] 2. ed. Rio de Janeiro: Projeto Conservação Preventiva em Bibliotecas e Arquivos: Arquivo Nacional, 2001.

STRANG, Tom; GRATTAN, David. **Temperature and humidity considerations for the preservation of organic collections-the isoperm revisited.** E-Preservation Science, v. 6, p. 122-128, 2009.

THOMSON, Garry. **The museum environment.** Londres: Butterworth-Heinemann, 1. ed., 1978.

Mecanismos de degradação dos arenitos da Redução Jesuítica de São Miguel Arcanjo

Verônica Di Benedetti^{1*}, Thamy Lara de Souza²

¹*Arquiteturas Arquitetura e Restauro (Brasil)*

²*Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Brasil)*

**veronicadibene@gmail.com*

Palavras-chave: Arenitos; Ciência da conservação; Intemperismo; Patrimônio mundial; Redução Jesuítica de São Miguel Arcanjo.

1. Introdução

O uso do arenito como material de construção acompanha a história da civilização humana. Edifícios monumentais construídos com este material estão incluídos na lista do Patrimônio Mundial da Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO). Nas construções antigas eram utilizados materiais acessíveis retirados da natureza próxima ao local da sua edificação. Essa foi a mesma metodologia utilizada pela instituição espanhola denominada Companhia de Jesus durante a construção das Reduções Jesuíticas, estruturas urbanas as quais destinavam-se à catequização de povos indígenas do recém-descoberto continente americano. Os remanescentes arquitetônicos de cinco reduções jesuíticas dos índios da etnia Guarani construídas durante os séculos XVII e XVIII na América do Sul foram reconhecidos como Patrimônio da Humanidade pela UNESCO. Na Argentina situam-se as Reduções de Santa Ana, Nossa Senhora do Loreto, San Ignacio Mini, Santa Maria La Mayor, assim como as Ruínas de São Miguel Arcanjo, localizada no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil (Figura 1A). Naquela época, o sul do Brasil pertencia à Coroa Espanhola em decorrência da demarcação territorial determinada pelo Tratado de Tordesilhas (1494). Na porção oriental, foram construídas sete reduções jesuíticas conhecidas como "Os Sete Povos das Missões", sendo a de São Miguel Arcanjo a sua capital (Figuras 1B, C e D). Fundada em 1687, a Redução de São Miguel Arcanjo utilizou como o principal material construtivo o arenito e a rocha antropogênica denominada Itacuru. Com a assinatura do Tratado de Madrid (1750), ocorreu a expulsão dos jesuítas e à dispersão dos índios. Os prédios ficaram abandonados desde 1828 (Leal, 1984, apud Stello, 2005) até 1920, quando então ganharam o reconhecimento do poder público que deu início às ações conservativas. Este trabalho procura identificar e compreender os processos degenerativos presentes nos arenitos silicificados que constituem as estruturas da Redução Jesuítica de São Miguel Arcanjo, apresentando e discutindo resultados obtidos neste projeto e de trabalhos anteriores, visando contribuir na elaboração de ações de conservação e restauro do patrimônio.

2. Metodologia

A metodologia aplicada consiste em sintetizar todos os estudos realizados nos arenitos desde a década de 1980 até 2019. Foram realizadas análises em amostras de fragmentos de arenito, coletados no pátio do sítio arqueológico. Análises petrográficas para identificação composicional de minerais primários e secundários, bem como de texturas que caracterizam a rocha, realizadas em microscópio óptico com câmera acoplada modelo LEICA no Instituto de Geociências (IGEO)-UFRGS. Foram submetidos ao Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), modelo *Inspect F-50*, no Laboratório de Microscopia e Microanálises da PUCRS, duas lâminas delgadas preparadas a partir da amostra de um fragmento. As lâminas foram polidas e metalizadas com ouro e as análises foram realizadas no centro e na borda das amostras. O ensaio de sanidade foi realizado seguindo o método DNER-89-64 determinando a resistência da amostra ao desgaste, quando submetidas a soluções saturadas de sulfato de sódio. O ensaio realizou o número 5 ciclos, cada qual executado

V Escola de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio (V EARCAP)
 II CONGRESSO BIENAL DA ANTECIPA (ANTECIPA-2020)
 (Associação Nacional de Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Patrimônio)
 16 e 20 de novembro de 2020, evento on-line, Brasil

através do armazenamento da amostra em solução, e secagem da mesma após imersão. As demais análises realizadas em trabalhos anteriores estão organizadas no formato de Tabela 1.

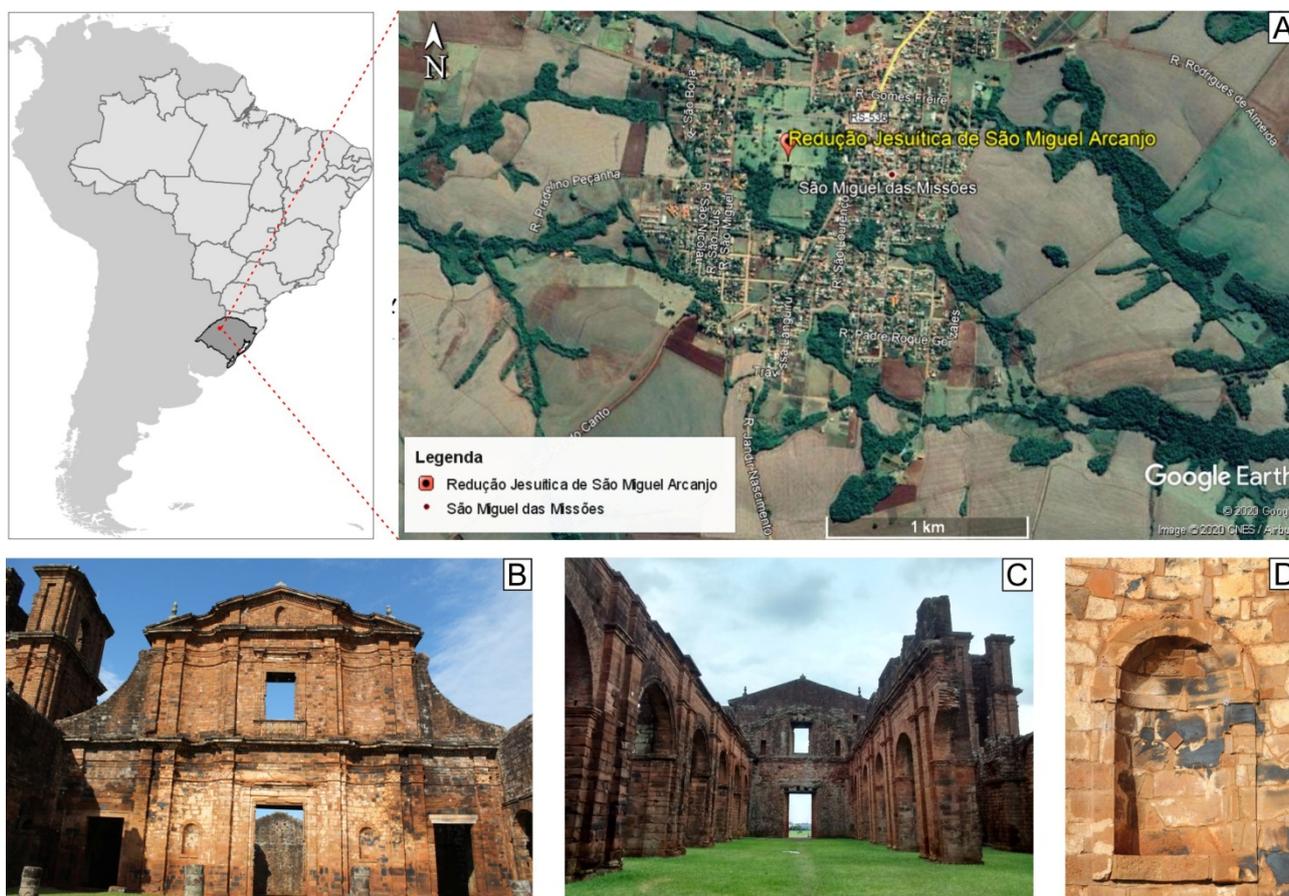


Figura 1: montagem de figuras e fotografias. Mapa de localização da Redução Jesuítica de São Miguel Arcanjo, modificado de *Programa Google Earth* (A). Fotografias de autoria própria das construções Jesuíticas, externa (B), interna (C) e detalhe da exsudação de ferro na parede de arenito (D).

Tabela 1: Principais métodos analíticos e resultados apresentados por trabalhos anteriores realizados em fragmentos da construção da Redução Jesuítica de São Miguel Arcanjo e blocos de amostras de pedreiras e afloramentos do entorno. Os termos obtido e não obtido referem-se a obtenção ou não dos resultados no fragmento ou no bloco de amostra.

Análise	Método	Resultados Fragmento	Resultados Bloco	Referências
Impacto <i>Treton</i>	determinação da resistência ao choque	perdas entre 38,50 % e 44,00%	valor único de 57%	CIENTEC (1981)
Permeabilidade	método de carga variável	coeficientes de $1,73 \times 10^{-7}$, $2,17 \times 10^{-7}$ e $9,00 \times 10^{-8}$	coeficientes de $7,2 \times 10^{-8}$, $8,4 \times 10^{-8}$, $8,7 \times 10^{-8}$	CIENTEC (1981)
Absorção capilar	capilariedade	0,1 g/cm ² a 0,8 g/cm ²	0,08 g/cm ² a 0,52 g/cm ²	CIENTEC (1981)
Saturação	de vazios	60,04 % a 70,52 %	51,70 % a 57,78 %	CIENTEC (1981)
Massa específica	dos grãos	2,64 g/cm ³	2,61 g/cm ³ a 2,63 g/cm ³	CIENTEC (1981)
Porosidade	real	24,24 % e 26,25 %	22,10 % e 24,70 %	CIENTEC (1981)
Sanidade	perda de material	entre 8,74% e 25,72%	entre 9,41% e 39,47%	CIENTEC (1981)
Compressão simples	tensão superficial	não obtido	238,50 Kgf/cm ² a 607,31 kgf/cm ² (bloco) e 232,86 Kgf/cm ² a 487,22 Kgf/cm ² (amostra saturada)	CIENTEC (1981)

V Escola de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio (V EARCAP)
II CONGRESSO BIENAL DA ANTECIPA (ANTECIPA-2020)
(Associação Nacional de Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Patrimônio)
 16 e 20 de novembro de 2020, evento on-line, Brasil

Petrografia	análise mineralógica e textural	obtido	obtido	UFBa (1995)
Petrografia	análise mineralógica e textural	obtido	não obtido	CIENTEC (1981)
Absorção	do fragmento	7,50% em 24 hs e mantém o mesmo valor em 72 hs	não obtido	UFBa (1995)
Porosidade total	tamanho médio dos poros	16,71% e raio médio de poro de 0,42 μm	não obtido	UFBa (1995)
Micro e mesofeições	Análise comparativa das amostras	obtido	obtido	UNISINOS (2001 e 2002)
Petrografia	microfeições e contagem de 300 pontos	obtido	não obtido	UNISINOS (2002)
Difratometria de raios-X	identificação de argilominerais e minerais secundários	obtido	não obtido	Benedetti (2005)

3. Resultados e discussão

Foram verificados “in situ” as alterações intempéricas nas paredes das reduções, através da ação do intemperismo químico e biológico. A superfície impregnada do arenito (Figura 1D) ocorre através da deposição de óxidos de ferro pelo mecanismo de exsudação de soluções de ferro do próprio arenito, como causa do intemperismo químico provocado pela dissolução e oxidação. O intemperismo biomecânico ocorre através do crescimento das raízes (Figura 2A), o intemperismo bioquímico através da troca iônica entre os organismos e o arenito (Figura 2B e C).

As amostra dos fragmentos de arenito analisados por microscopia ótica são compostos por grãos de quartzo arredondados a sub-arredondados com contatos pontuais a horizontais entre os grãos, feldspatos ortoclásio sub-angulosos a sub-arredondados e fragmentos líticos. São identificadas porções com maior porosidade (Figura 2D) e menor porosidade, com grãos mais compactados apresentando uma certa orientação dos grãos (Figura 2E). As porções cimentadas são compostas por carbonato, argilominerais e silicificação (Figura 2F). Em microscopia ótica são observados os processos de intemperismo químico por oxidação, através da formação de cutículas e franjas de hematita na borda dos grãos (Figura 2G) e por dissolução dos grãos (Figura 2H).

As imagens obtidas no MEV via feixes de elétrons retroespalhados (BSE) nas seções delgadas do fragmento de arenito detalham a ação do intemperismo químico, através da dissolução dos grãos e da formação das cutículas e franjas de hematita, também como na formação da hematita dentro dos grãos, através da substituição dos feldspatos (Figura 2I e J).

Na tabela 1 são apresentados resultados obtidos em trabalhos anteriores que são divididos entre resultados de fragmentos de arenitos das paredes das Reduções e resultados de blocos de amostras dos arenitos localizados próximos as Reduções. Essas comparações entre resultados obtidos em blocos e fragmentos auxiliam a interpretar o grau de alteração e conservação das Reduções. Observa-se que o impacto nos fragmentos é menor do que nos blocos, assim como a permeabilidade e capilariedade. A sanidade do fragmento é maior do que do bloco, assim como a massa específica dos grãos, porosidade real do fragmento e saturação dos vazios. Apesar das diferenças de valores, não foi observada uma grande diferença para os parâmetros analisados nos fragmentos e blocos, sendo considerados similares.

O relatório da UFBa (1995), também caracterizou petrograficamente o arenito e classificou a composição mineralógica em arcoseo e sub-lítico, assim como o material da cimentação composto por sílica, óxido de ferro e caolinita. CIENTEC (1981) confirmou a presença de caolinita nos espaços intergranulares, o alto grau de alteração dos litoclastos e dos feldspatos, leve porosidade e uma cimentação parcial composta por sílica e feldspato. Identificaram o crescimento autigênico na

forma de franja delgada na borda dos grãos de quartzo e feldspato, assim como a dissolução dos grãos.

As análises químicas realizadas pelo UFBA (1995) identificaram a presença de concreções de goethita/limonita, contribuindo para a interpretação dos processos de intemperismo químico. UFBA (1995) verificou concreções de goethita e limonita com estrutura altamente porosa englobando fragmentos de magnetita e quartzo e a presença de íons de cloreto. Foram identificados por Benedetti (2005) argilominerais de caolinita, ilita e goethita. De acordo com Formoso (2006), a presença dos argilominerais evidencia as alterações intempéricas decorrentes do clima subtropical úmido favorável à decomposição mineral com perda de elementos alcalinos, alcalinos-terrosos e sílica, com formação de óxidos de Fe, Al e Mn. A caolinita é resultado do processo de hidrólise do feldspato, devido à lixiviação parcial da sílica durante o intemperismo químico. Embora o quartzo seja estável, o feldspato apresenta elementos com elevada mobilidade como o Na, Ca e K. O feldspato intemperizado forma os argilominerais, os quais, tem solubilidade muito baixa entre pH 4 e pH 10. (Stück, 2013). A presença da ilita contribui para o estreitamento dos poros diminuindo a permeabilidade da rocha, causando maior retenção da água, mantendo um ambiente propício para as reações de hidrólise e intemperismo biológico.

De acordo com a porosidade de 16,71% e a baixa permeabilidade obtida por UFBA (1995), somado aos dados de densidade ($2,15 \text{ g/cm}^3$) e saturação dos vazios (60% a 70,52%), o arenito é composto por grande quantidade de diminutos grãos com ausência de matriz e considerável porosidade gerada determinada pela rede de microporos interligados, com significativa comunicação entre os vazios. A resistência de um arenito à tração e compressão depende da porosidade, do contato dos grãos e da cimentação. Todos os dados apresentados nos ensaios anteriores demonstram uma significativa resistência à compressão e tração devido a sua intensa silicificação, tanto na composição dos grãos, mas principalmente no cimento.

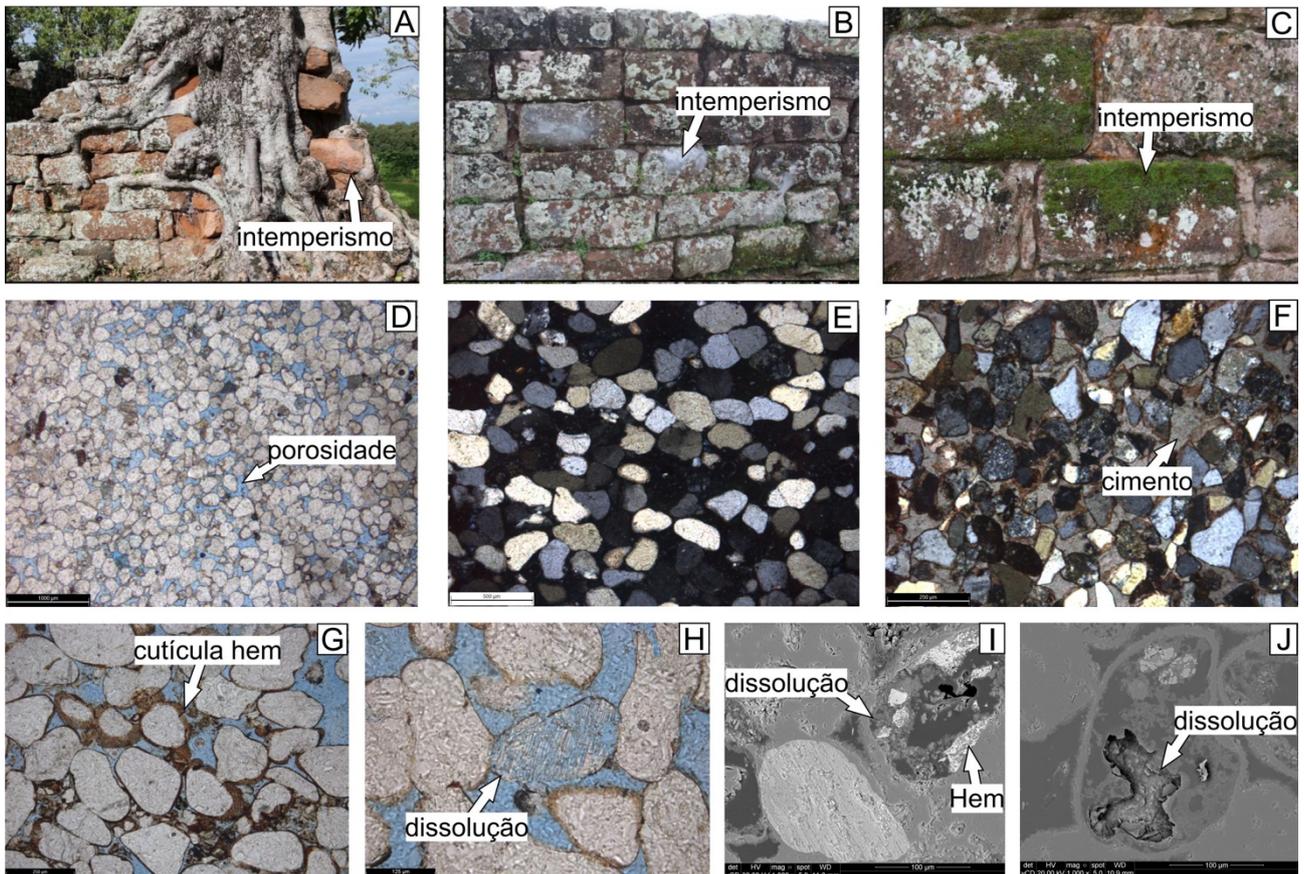


Figura 2: Montagem de fotografias e fotomicrografias do arenito utilizado na construção das Reduções. Detalhe “*in situ*” da ação do intemperismo biomecânico (A) e bioquímico (B e C). Fotomicrografias de detalhe da porosidade do fragmento de arenito (D), orientação dos grãos compactados (E), material de cimentação entre os grãos (F), cutículas de hematita (hem) nas bordas dos grãos (G), processo de dissolução dos grãos (H, I e J).

4. Conclusões

A conservação dos remanescentes arquitetônicos da Redução de São Miguel Arcanjo é relevante como patrimônio cultural mundial. Ao analisar os dados gerados pelos vários ensaios realizados ao longo das últimas décadas, inferimos que o estado de conservação das ruínas é considerado bom devido principalmente, as características geológicas do arenito silicificado. No entanto, os mecanismos de degradação analisados continuam atuando sobre o material sendo merecedor de ações de conservação. Características próprias quanto ao seu tecido rochoso e o clima da região conferem ao material poder de retenção de umidade favorecendo a ação do intemperismo químico e biológico. O arredondamento dos vértices dos blocos denuncia sua alteração por erosão. Conservá-lo, mantendo o conceito de ruína exige trabalhar com novas tecnologias que atuarão diretamente sobre o material de forma a não alterar a leitura visual arquitetônica do patrimônio e ao mesmo tempo desacelerar a atuação dos mecanismos de degradação, prolongando a vida do material.

Referências

BENEDETTI, V. **Estudo e Alterações Ocorridas nas Rochas Ornamentais Utilizadas em Monumentos Arquitetônicos:** Museu Júlio de Castilhos e Cúpula da Catedral Metropolitana de Porto Alegre. 2006. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

CIENTEC – Fundação de Ciência e Tecnologia. **Investigações Geotécnicas Ruínas de São Miguel das Missões**. Relatório técnico. Porto Alegre, 1981.

FORMOSO, M.L.L. Some topics on geochemistry of weathering: a review. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** [online]. 2006, v. 78, n. 4, p. 809-820.

STELLO, V.F. **Sítio Arqueológico de São Miguel Arcanjo**: avaliação conceitual das intervenções 1925-1927 e 1938-1940. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

STÜCK, H.L. **Dimensional Sandstones: Weathering Phenomena, Technical Properties and Numerical Modeling of Water Migration**. (Dissertação) Doctor-Georg-August-Universität Göttingen, Gotinga, 2013.

UFBa – Universidade Federal da Bahia. **Estudos Realizados nas Rochas Provenientes das Ruínas de São Miguel Arcanjo**. Relatório técnico. Salvador, 1995.

UNISINOS – Universidade do Vale do Rio dos Sinos. **Métodos e Técnicas para Estudo da Proveniência de rochas sedimentares de monumentos históricos**: o exemplo da redução de São Miguel Arcanjo – estudo das mesofeições. Relatório Técnico. São Leopoldo, 2001.

UNISINOS – Universidade do Vale do Rio dos Sinos. **Métodos e Técnicas para Estudo da Proveniência de rochas sedimentares de monumentos históricos**: o exemplo da redução de São Miguel Arcanjo – estudo das microfeições. Relatório Técnico. São Leopoldo, 2002.

Titulação potenciométrica dos produtos de micro-hidrólise de óleos: Uma nova metodologia de baixo custo para análise de óleos presentes em obras de arte

Thiago G. Costa^{1,2*}, Lino Meurera², Gustavo Amadeu Micke², Samantha Gonçalves², Bruno Szpoganicz²,
Antônio S. Mangrich²

¹Laboratório de Materiais, ATECOR/DPAC, Fundação Catarinense de Cultura, Florianópolis (Brasil)

²Departamento de Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis (Brasil)

[*thiago_floripa@hotmail.com](mailto:thiago_floripa@hotmail.com); atecor@fcc.sc.gov.br

Palavras-chave: Titulação potenciométrica; Aglutinantes a óleo; Pinturas; Equilíbrio químico.

1. Introdução

Aglutinantes à base de óleo são compostos de triésteres de ácidos graxos e têm sido amplamente usados em tintas desde os tempos antigos. A relação entre a proporção de ácidos graxos que dão origem aos ésteres desses óleos fornece informações importantes sobre os aglutinantes utilizados. A relação entre os ácidos palmítico e esteárico, por exemplo, fornece informações sobre o tipo de óleo utilizado, e a diminuição nas proporções dos ácidos insaturados, como oleico, linoléico e alfa-linolênico, fornece informações sobre o envelhecimento do ligante. [1-3]. A identificação dos óleos usados nas pinturas é fundamental, pois fornece uma impressão digital para cada artista e auxilia na salvaguarda do patrimônio cultural, dificultando, por exemplo, a falsificação de obras de arte ou auxiliando na proposição de mecanismos de degradação da pintura, conforme descrito por vários autores [4,8].

A identificação desses ligantes é geralmente realizada por métodos cromatográficos de análise, como a cromatografia gasosa com espectrometria de massa (GC-MS). No entanto, este método está associado a altos custos e dificuldades de manutenção e exige especialistas para operar os equipamentos, o que pode dificultar estudos em laboratórios pequenos voltados para a identificação de materiais utilizados em objetos do patrimônio cultural e obras de arte. Porém, com base nos valores de pKa de cada ácido graxo, uma combinação de titulação ácido/base por meio da potenciometria e o programa Best7 pode ser utilizada para quantificar cada espécie em solução, como alternativa de baixo custo às técnicas tradicionais.

Nesse contexto, o objetivo principal deste estudo foi usar a titulação potenciométrica em conjunto com o programa Best7 para calcular as quantidades molares de ácidos graxos presentes em ligantes de óleo puro comercial e tintas à base de óleo após aplicação dos processos de hidrólise e microhidrólise para identificação de cada óleo analisado.

2. Metodologia

2.1. Micro-hidrólise dos aglutinantes e das tintas

Os aglutinantes óleo de linhaça, nozes e palma, bem como as tintas a óleo comerciais azul cobalto (C1 e C2), vermelho de cádmio, amarelo de cádmio, preto de marfim e branco de titânio foram obtidos de fontes comerciais. Os ácidos palmítico, esteárico e oleico foram obtidos da Sigma-Aldrich e utilizados sem tratamento prévio.

Para micro-hidrólise dos aglutinantes e das tintas foi utilizado o método de Salimon [9] com adaptações. Cerca de 1,5 mg de cada tinta e aglutinante foram micro-hidrolisados adicionando 500 µL de KOH 1 M a 70 °C com agitação durante 2,5 h. Após a reação, 20 µL de HCl foram adicionados a cada um dos produtos saponificados para a protonação dos ácidos graxos e 500 µL de hexano foram então adicionados para extrair os ácidos graxos protonados. Os produtos antes da protonação dos ácidos graxos foram caracterizados por espectroscopia FTIR para verificar o processo de

saponificação e 20 µL da fase orgânica foram adicionados a 20 ml de H₂O e submetidos à titulação potenciométrica.

2.2. Titulação Potenciométrica

As titulações potenciométricas foram realizadas sob atmosfera inerte usando HCl 0,100 M (saturado com argônio) com agitação magnética contínua e sob fluxo de argônio (White-Martins, Brasil) em um recipiente encamisado de 120 ml a 25,0 ± 0,1 ° C com tampa hermética equipado com tubos de entrada e saída de gás e eletrodo de referência de prata / cloreto de prata (Analisador, Brasil). Um titulador automático Metrohm (modelo Titrino Plus 848) foi usado para entregar o titulante, solução padrão de HCl livre de CO₂ e os valores de pH ($\text{pH} = -\log [H^+]$), onde a espécie entre colchetes denota sua concentração molar.

Para os extratos orgânicos dos produtos da microhidrólise, 50 µL da fase orgânica foram dispersos em 20 mL de H₂O. Todos os valores de pKa e relação P/S foram obtidos por titulação reversa, onde o pH inicial foi em torno de 11 e com pelo menos duas repetições. A titulação reversa foi utilizada, pois em condições de pH alcalino os ácidos graxos são desprotonados aumentando a interação com H₂O devido à polaridade da cabeça de carboxilato e favorecendo a formação de micelas organizadas. A Figura 1 apresenta um esquema do processo realizado neste trabalho:

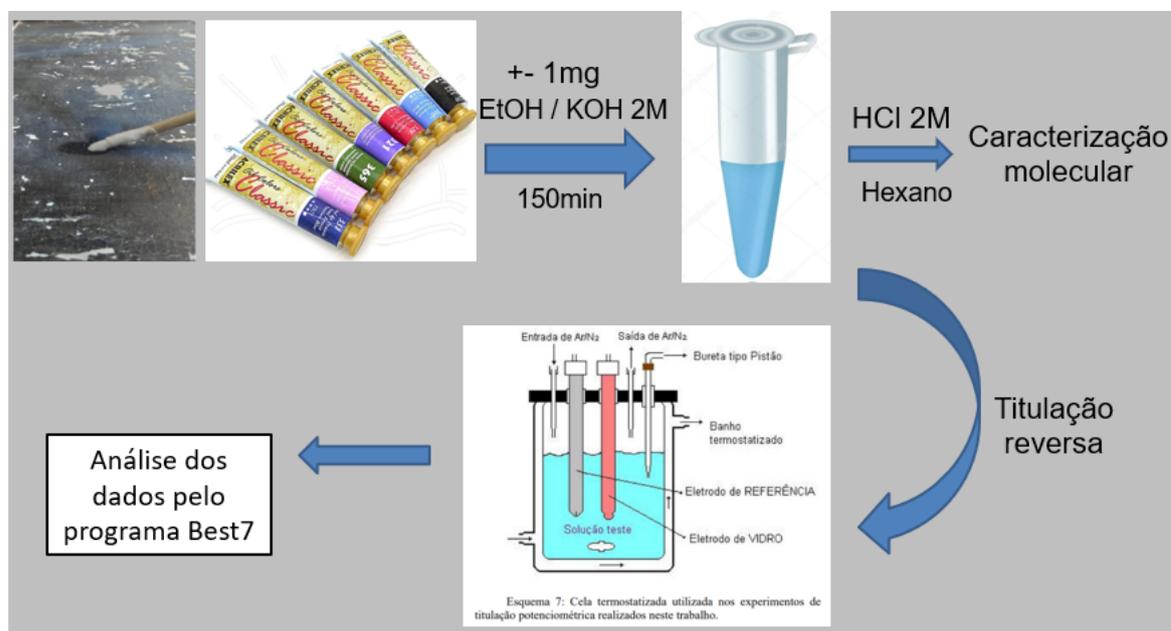


Figura 1: Esquema do processo de hidrólise e análise por titulação potenciométrica dos aglutinantes e das tintas a base de óleo.

A grande vantagem do método está na independência de saber a massa inicial da amostra para o cálculo das quantidades de ácidos graxos presentes na amostra. Um equilíbrio envolvendo um ácido fraco é apresentado a seguir:

$$K_a = \frac{[A^-][H^+]}{[HA]}$$

Observa-se que para descobrir a concentração de ácido presente em solução, $[HA]$, necessitamos apenas dos valores de pKa e da concentração hidrogeniônica $[H^+]$. Os valores de pKa foram obtidos a partir da titulação dos ácidos graxos padrões e os valores de $[H^+]$ são adquiridos por meio da titulação potenciométrica. Como trata-se de um sistema complexo, o programa Best7 [10,11,12] que

é amplamente utilizado para resolver equações de balanço de massa deste tipo foi utilizado para o tratamento dos dados.

3. Resultados e discussão

3.1. Micro-hidrólise dos aglutinantes e das tintas

Os ácidos graxos protonados foram separados dos aglutinantes puros e tintas na fase orgânica (hexano). Na Figura 2, pode-se observar a nítida separação dos pigmentos e do óleo saponificado. Dessa forma, a metodologia utilizada para a realização dos experimentos é bastante promissora, extraindo com sucesso os ácidos graxos das micro-amostras para uso em análises posteriores. Poderia, portanto, ser testado e aplicado na pesquisa de obras de arte das quais necessitaria de microamostras para realização dos ensaios.

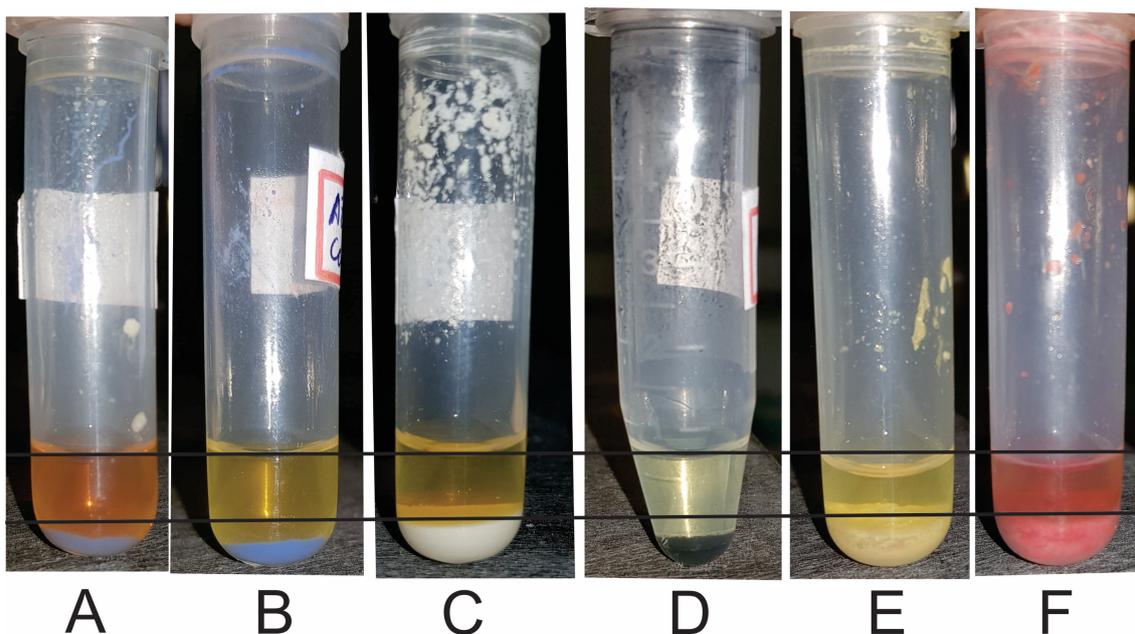


Figura 2: Separação das fases dos produtos obtidos da hidrólise de tintas comerciais: A = azul cobalto C1; B = azul cobalto C2; C = branco de titânio; D = preto marfim; E = amarelo de cádmio e F = vermelho de cádmio. A fase orgânica que contém os ácidos graxos protonados encontra-se entre as linhas pretas.

3.2. Titulação Potenciométrica

A partir das curvas de titulação dos ácidos graxos individuais (Figura não apresentada), observa-se uma região tamponada em pH entre 6 e 8 e pH entre 4 e 6 que também foram observadas nas curvas das amostras de óleos, Figura 3. Com estes dados foi possível calcular os valores de pKa para os ácidos graxos individuais com o auxílio do programa Best7. Dois pKa's foram identificados para cada ácido graxo em nosso sistema com um erro sigma variando entre 0,033 e 0,099. Para o ácido palmítico $pK_{a1} = 7,38$ e $pK_{a2} = 5,67$; para o ácido esteárico $pK_{a1} = 7,82$ e $pK_{a2} = 4,45$. A Figura 4 apresenta uma proposta de equilíbrio envolvendo os ácidos graxos detectados neste trabalho.

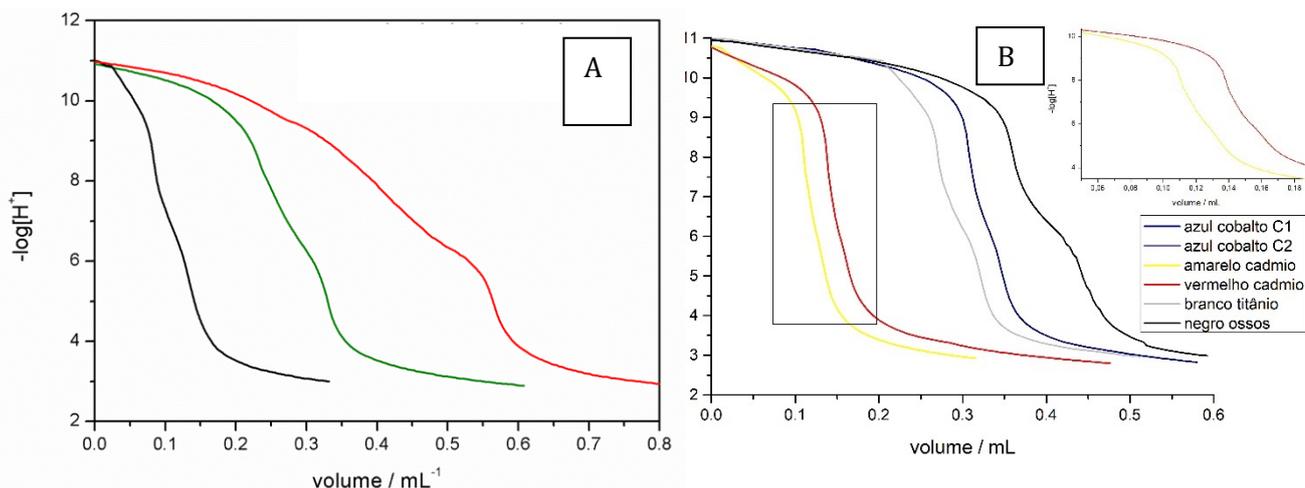


Figura 3: Curvas de titulação potenciométrica dos aglutinantes a base de óleo (A) verde = nozes; vermelho = palma e preto = linhaça e das tintas comerciais (B) sob atmosfera de N_2 ($T = 25^\circ C$, $\mu = 0,1 \text{ mol L}^{-1} \text{ KCl}$, eletrodo de vidro combinado).

Todas as curvas apresentadas na Figura 3 possuem regiões tamponadas em valores de pH que variam de 6 até 8 referentes ao equilíbrio ácido base dos ácidos palmítico e esteárico confirmando a presença destes em solução. Com base nas curvas de titulação, foi possível calcular as relações P/S para cada óleo com o auxílio do programa Best7. Os valores encontrados foram 1,65, 5,91 e 2,42 para os óleos de linhaça, palma e noz, respectivamente. Esses valores estão de acordo com os obtidos para os extratos brutos, bem como com os dados relatados na literatura para esses ligantes.

Com relação as tintas, os resultados obtidos para o cálculo das quantidades molares de cada ácidos graxo levaram a uma proporção de P/S de 1,29; 1,98; 1,01; 1,89; 1,40 e 1,34 para o azul cobalto C1, azul cobalto C2, branco de titânio, amarelo cadmio, negro de ossos e vermelho cadmio respectivamente. Estes valores estão dentro da variação do óleo de linhaça (1.3-1.9), caracterizando possivelmente a presença de óleo de linhaça em todas as tintas comerciais submetidas ao processo descrito neste trabalho. A Tabela 1 apresenta um resumo dos dados obtidos por titulação potenciométrica para os padrões de ácidos graxos, para os produtos de hidrólise dos aglutinantes e das tintas comerciais.

Observa-se como uma grande vantagem do método que um baixo volume de titulante é utilizado devido ao “set-up” do equipamento, Valores entre 106 μL e 420 μL são consumido para os produtos de micro-hidrólise de óleo de linhaça e óleo de palma, respectivamente. Assim como no caso do extrato bruto, pode-se observar que para o óleo de palma houve um maior volume de titulante consumido, devido à grande quantidade de ácido palmítico presente no extrato microhidrolisado.

Para confirmar os valores obtidos por titulação potenciométrica, utilizou-se o método tradicional por GC-MS. Os resultados obtidos pelos dois métodos foram comparados estatisticamente com a distribuição t-Student para cada tipo de aglutinante de óleo e tintas a óleo comerciais. De acordo com este teste, não podemos rejeitar a hipótese nula de que não há referências significativas entre os dois métodos a um nível de confiança de 95% porque $t_{\text{crítico}} = 3,18$, $n-1$ graus de liberdade) é maior do que o $t_{\text{calculado}} = -1,54 - 1,94$. Como $t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$ a hipótese nula pode ser aceita e não há diferença entre as razões obtidas pelos dois métodos, para 95% de confiança. Portanto, os valores obtidos para as relações P/S pelo método de titulação potenciométrica são estatisticamente compatíveis com os encontrados pelo GC-MS. Todos os dados podem ser observados na Tabela.

V Escola de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio (V EARCAP)
 II CONGRESSO BIENAL DA ANTECIPA (ANTECIPA-2020)
 (Associação Nacional de Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Patrimônio)
 16 e 20 de novembro de 2020, evento on-line, Brasil

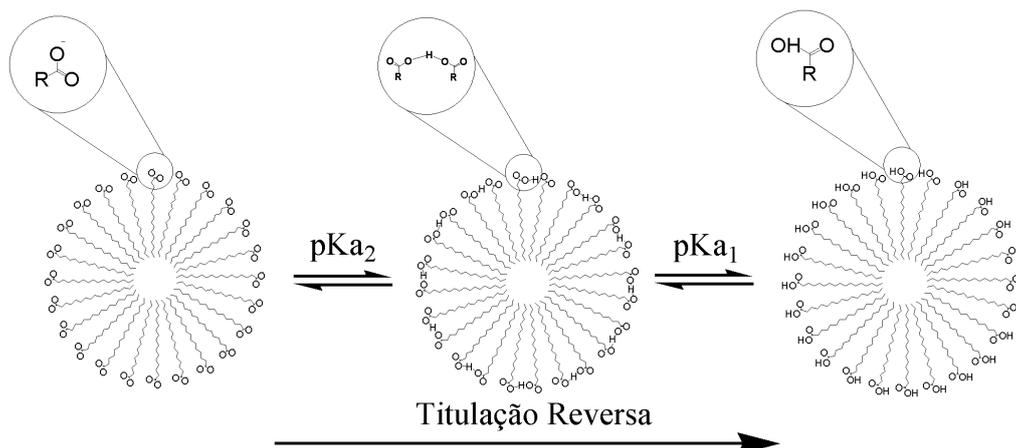


Figura 4: Equilíbrios químicos envolvendo os ácidos graxos.

Tabela 1: Resumo dos resultados obtidos por titulação potenciométrica e comparação pelo método tradicional de GC-MS para análise dos óleos estudados.

	pKa 1	pKa 2	Relação P/S Titulação potenciométrica			P/S GC-MS	t- Student
Ácido palmítico	5,67	7,38	-	-	-	-	
Ácido esteárico	4,45	7,82	-	-	-	-	
50mg palmítico + 50mg esteárico	-	-	<i>Teórico</i>	<i>Best7</i>	-	-	
			1,11	1,10	-		
Aglutinantes			<i>Valores Referência</i>	<i>Best7</i>	<i>Best7 micro</i>		
Linhaça	-	-	1,3-1,9	1,85	1,64±0,03	1,49±0,27	-1,04
Palma	-	-	8-11	6,65	8,01±0,11	8,33±0,30	1,82
Nozes	-	-	2,6-2,8	2,58	2,42±0,11	2,50±0,05	0,92
Tintas comerciais			Best7	Best7 micro			
Azul cobalto C1	-	-	1,29	1,30±0,31	1,07±0,01	-1,01	
Azul cobalto C2	-	-	1,98	1,56±0,12	1,49±0,01	-0,78	
Branco titânio	-	-	1,01	1,60±0,31	1,29±0,06	-1,35	
Amarelo Cadmio	-	-	1,89	1,09±0,04	1,17±0,05	1,94	
Negro de ossos	-	-	1,40	1,31±0,15	1,14±0,03	-1,54	
Vermelho cadmio	-	-	1,34	1,17±0,03	1,15±0,01	-1,04	

* Informações estatísticas: $t_{critical} = 3,18$; 95% de limite de confiança.

4. Conclusões

O uso da titulação potenciométrica e do programa Best7 para a caracterização de ligantes e tintas a óleo usados em obras de arte apresenta bom potencial. O método aplicado neste estudo apresenta vantagens como baixo custo, facilidade de operação, resposta dentro da faixa de valores relatada na literatura e capacidade de distinguir os óleos de linhaça, palma e noz por meio das quantidades de ácidos graxos presentes nos produtos da hidrólise e micro-hidrólise, em particular, a proporção de ácido palmítico para ácido esteárico. Dessa forma, o estudo aqui relatado pode ser visto como o primeiro passo para a utilização da titulação potenciométrica como técnica de baixo custo que pode fornecer informações importantes, auxiliando na identificação dos tipos de óleos utilizados nas tintas. Mais estudos são necessários para explorar as limitações identificadas neste estudo, a fim de melhorar a aplicabilidade da técnica.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPESC/SC - Brasil pela bolsa concedida a Lino Meurer. Esta pesquisa foi realizada com o apoio do CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - Brasil, processo nº 153276 / 2018-5. O trabalho completo foi publicado na revista Talanta e pode ser acessado através do D.O.I: <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2020.120736>.

Referências

- [1] E. Manzano, L.R. Rodriguez-Simón, N. Navasa, R. Checa-Moreno, M. Romero-Gámez, L.F. Capitan-Vallvey. Study of the GC–MS determination of the palmitic–stearic acid ratio for the characterization of drying oil in painting: La Encarnación by Alonso Cano as a case study. *Talanta* 84 (2011) 1148–1154.
- [2] T. G. Costa, B. F. P. da Silva, L. P. de Mattos, M. R. Escorteganha, F. A. Ritcher, M. D. de M. Correia, D. A. Siebert, D. A. Spudeit, G. A. Micke. Analysis of the constituent materials of 19th century paintings attributed to Louis-Auguste Moreaux belonging to the Historical Museum of Santa Catarina – Florianópolis, Brazil. *Forensic Chemistry* 16 (2019) 100177.
- [3] J. Mazurek, M. Svoboda, M. Schilling. GC/MS Characterization of Beeswax, Protein, Gum, Resin, and Oil in Romano-Egyptian Paintings. *Heritage* 3 (2019) 1960-1985.
- [4] K. De Ghetaldi, M.B. Wiggins, C. Bertorello, Z. Voras, A. Norbutus, T.P. Beebe Jr. B. Baade. In-depth examination and analysis of Domenico Cresti's oil on wall paintings in Santa Maria della pace in Rome. *J. Cult. Herit.* 28 (2017) 48-55.
- [5] V. Antunes, A. Candeias, J. Mirão, M.L. Carvalho, C.B. Dias, A. Manhita, A. Cardoso, M.J. Francisco, A. Lauw, M. Manso. Analytical characterization of the palette and painting techniques of Jorge Afonso, the great 16th century Master of Lisbon painting workshop. *Spectrochim. Acta A.* 193 (2018) 264-275.
- [6] S. Steger, H. Stege, S. Bretz, O. Hahn. Capabilities and limitations of handheld Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transform Spectroscopy (DRIFTS) for the analysis of colourants and binders in 20th-century reverse paintings on glass. *Spectrochim. Acta A.* 195 (2018) 103-112.
- [7] L. Damjanović, M. Gajić-Kvašček, J. Đurđević, V. Andrić, M. Marić-Stojanović, T. Lazić, S. Nikolić. The characterization of canvas painting by the Serbian artist Milo Milunović using X-ray fluorescence, micro-Raman and FTIR spectroscopy. *Radiat. Phys. Chem.* 115 (2015) 135–142.
- [8] F.C. Izzo, B. Ferriani, K.J. Van den Berg, H.V. Keulen, E. Zendri, 20th century artists' oil paints: the case of the Olii by Lucio Fontana, *J. Cult. Herit.* 15 (2014) 557-563.

V Escola de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio (V EARCAP)
II CONGRESSO BIENAL DA ANTECIPA (ANTECIPA-2020)
(Associação Nacional de Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Patrimônio)
16 e 20 de novembro de 2020, evento on-line, Brasil

- [9] J. Salimon, B.M. Abdullah, N. Salih. Hydrolysis optimization and characterization study of preparing fatty acids from *Jatropha curcas* seed oil. *Chem. Cent. J.* (2011) 5:67.
- [10] E.S. Orth, J.G.L Ferreira, J.E.S Fonsaca, S.F. Blaskiewicz, S.H. Domingues, A. Dasgupta, M.T. Maldonado, A.J.G. Zabin. pKa determination of graphene-like materials: Validating chemical functionalization. *J. Colloid. Interf. Sci.* 467 (2016) 239–244.
- [11] A. N. Fernandes, C. Giacomelli, M. Giovanela, D. O. Vaz, B. Szpoganicz, M.M.D. Sierra. Potentiometric acidity determination in humic substances influenced by different analytical procedures. *J. Braz. Chem. Soc.* 20 (2009) 1715-1723.
- [12] V.R. de Almeida, B. Szpoganicz. Humic acid potentiometric response patterns: out-of-equilibrium properties and species distribution modeling. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 2 (2015) 17-24.

Potencialidade da espectroscopia FTIR no módulo de reflexão frontal para caracterização de recobrimentos em litogravuras

Juliana Bittencourt^{1,2*}, Wanda Engel², Márcia Rizzutto²

¹Programa de Pós-Graduação Interunidades em Museologia, Universidade São Paulo, São Paulo (Brasil)

²Laboratório de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio Cultural, Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo (Brasil)

*julianabittencourt@usp.br

Palavras-chave: Ciência da conservação; Espectroscopia de absorção no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR); Módulo de reflexão frontal; Módulo de reflexão total atenuada (ATR); Litogravura; Recobrimento.

1. Introdução

A caracterização química e física de materiais constitutivos do patrimônio cultural pressupõe desafios específicos uma vez que a interpretação das análises pode ser complexa, envolvendo materiais heterogêneos, distintos processos de fabricação além de alterações resultantes da interação com fatores extrínsecos e intrínsecos aos objetos que provocam deteriorações. A necessidade de caracterizar materiais, compreender as causas e mecanismos destas alterações ou, ainda, orientar tratamentos de conservação pode ser o ponto de partida para a formulação de perguntas específicas que requerem o uso de ferramentas de caracterização química, física e biológica de bens culturais e metodologias adequadas, sem perder de vista a potencial complementaridade proporcionada pelo uso de mais de uma técnica (ARTIOLI; ANGELINI, 2018). No campo do patrimônio cultural, as perguntas muitas vezes transbordam as barreiras disciplinares e as pesquisas adquirem caráter transdisciplinar. Quando são utilizados equipamentos portáteis, as análises físico-químicas podem ser realizadas nas reservas técnicas ou nos laboratórios de conservação das instituições de salvaguarda. Além da não necessidade de locomoção das obras, a principal vantagem está relacionada à capacidade destas análises de proporcionar dados que podem ser interpretados *in loco* de modo preliminar, quando ainda se está diante do objeto, prefigurando a necessidade de melhorar a qualidade dos dados obtidos, analisar outros pontos, avaliar a representatividade do conjunto dos dados e até mesmo de sugerir perguntas não previstas inicialmente.

Litogravuras do acervo do Instituto de Estudos Brasileiros (IEB) da Universidade de São Paulo foram objeto recente de pesquisa. A litogravura é uma técnica planográfica que tem como fundamento a imiscibilidade de líquidos com densidades diferentes. O desenho é realizado (ou transferido) com uma tinta gordurosa na superfície de uma pedra calcária, tratada em seguida com ácido, água e goma arábica. A matriz é entintada com tinta litográfica e a imagem é transferida para um suporte de papel por meio de uma prensa. Múltiplas cópias podem ser produzidas a partir de uma mesma matriz (SHAPIRO; SODERSTROM, 1977, p.1). Estas obras do IEB foram colorizadas e receberam pontualmente recobrimento com função possivelmente estética pois sua aplicação nas regiões mais densas ressalta o contraste e a volumetria. Com o propósito de orientar a análise do recobrimento identificado preparamos um estudo de caso onde aplicamos dois materiais diferentes: goma arábica e albumina sobre um suporte de papel. O objetivo deste trabalho é discutir a produção de espectros destes materiais com espectroscopia de absorção no infravermelho por transformada de Fourier (*Fourier Transform Infrared*, FTIR) utilizando espectrômetro portátil no módulo de reflexão frontal e confrontá-los com as medidas obtidas no módulo de reflectância total atenuada (*Attenuated Total Reflectance*, ATR) de forma a proporcionar uma melhor compreensão dos diferentes módulos de análise.



Figura 1: Detalhe de litogravura do acervo do IEB com iluminação normal (à esquerda) e com iluminação especular axial (à direita) para evidenciar o brilho do recobrimento na área que representa o cabelo. Foto: Juliana Bittencourt/LACAPC/Instituto de Física da USP

2. Metodologia

O presente trabalho se centra na discussão específica da instrumentação, nas diferenças entre os módulos mencionados e nos parâmetros e condições experimentais com o objetivo de compartilhar orientações para a aplicação desta técnica no estudo dos bens culturais. As dimensões e superfícies variadas destes objetos pode tornar necessário ajustar o posicionamento dos equipamentos portáteis realizando adaptações e arranjos específicos para viabilizar as análises minimizando riscos ao patrimônio. Para analisar os recobrimentos em questão sem a necessidade de remover as obras das instalações do IEB ou coletar amostras deste recobrimento, provavelmente orgânico, selecionamos a espectroscopia de absorção no infravermelho através da técnica de FTIR como a técnica mais adequada, especificamente no módulo de reflexão frontal dada as dimensões das obras e a localização das áreas com recobrimento, as quais não poderiam ser medidas no módulo ATR.

A espectroscopia FTIR tem como fundamento a análise das vibrações dos átomos de uma molécula após a absorção de radiação incidente na faixa do infravermelho. As bandas em um espectro infravermelho podem se referir à impressão digital de uma molécula (DERRICK; STULIK; LANDRY, 1999; STUART, 2004). Neste estudo utilizou-se um espectrômetro Alpha I (Bruker®) com faixa espectral de 4000 cm^{-1} a 400 cm^{-1} e resolução de 4 cm^{-1} . Este equipamento portátil pode ser utilizado em múltiplos módulos. No módulo de reflexão frontal o equipamento é posicionado na frente do objeto durante a análise e através de uma câmera de vídeo integrada ao sistema é possível visualizar exatamente a área a ser medida. O resultado, no entanto, é muito suscetível a irregularidades na superfície. No módulo ATR, a análise é realizada por contato e a superfície a ser analisada é ligeiramente pressionada sobre um cristal de seleneto de zinco e apesar do feixe penetrar alguns micrômetros a superfície, a análise é menos suscetível a irregularidades. A partir do exame visual das obras do acervo do IEB e de análises preliminares com FTIR levantamos algumas hipóteses a respeito dos materiais que poderiam ter sido empregados como recobrimento nas litogravuras. Para simular os possíveis recobrimentos preparamos um experimento no qual goma arábica e albumina líquida (clara de ovo), foram aplicados sobre um suporte de papel (papel teste recoberto). Ambos os materiais fazem parte do repertório de materiais que poderiam ter sido empregados no momento de colorização, posteriormente à impressão.

A verificação da representatividade das medidas no módulo de reflexão frontal foi realizada através da medição de uma mesma área com recobrimento três vezes, com as mesmas condições

experimentais para assegurar a qualidade dos espectros, especialmente no módulo de reflexão frontal. Verificamos o número de varreduras necessárias e testamos diferentes valores, 16, 32, 64 e 128 varreduras. Os espectros foram gerados no programa OPUS da Bruker® e interpretados no Spectragryph® com correção de linha de base. Finalmente, para interpretação dos espectros seguimos o procedimento de identificar inicialmente o número de bandas de absorção em todo o espectro para em seguida identificar a região de ligações simples ($2500-4000\text{ cm}^{-1}$), de ligação tripla ($2000-2500\text{ cm}^{-1}$), de ligação dupla ($1500-2000\text{ cm}^{-1}$) e, finalmente, a região da impressão digital ($600-1500\text{ cm}^{-1}$) (NANDIYANTO; OKTIANI; RAGADHITA, 2019; SMITH, 1999; STUART, 2004) além de comparar com espectros de bases de dados com a do Infrared and Raman Users Group (IRUG).

3. Resultados e discussão

O número de varreduras altera significativamente a qualidade dos espectros obtidos, sendo necessário definir o número adequado ainda quando se está realizando a análise *in situ*. Nos testes realizados tanto no módulo ATR quanto no módulo de reflexão frontal, definimos que as medidas seriam realizadas com 64 varreduras. Para verificar a representatividade das medidas no módulo de reflexão frontal é necessário realizar no mínimo três medidas para comparar os espectros resultantes. A figura 3 evidencia os resultados de três medidas neste módulo, para uma mesma área com goma arábica. A área é posicionada a cada medida e o foco é ajustado. Assim, ainda que todas as medidas correspondam a mesma área, a pequena área de visualização (aproximadamente 5mm) pode ser ligeiramente diferente. Percebe-se que dentre as três medidas pode haver discrepâncias entre os espectros. Esta variação entre as medidas pode ser causada principalmente pela dificuldade de posicionar a obra neste módulo dada as irregularidades na superfície do objeto, que resulta em caminhos ópticos diferentes para o feixe de infravermelho refletido. No exemplo da figura 2, percebe-se que em uma das medidas (linha roxa, medida D) existe uma maior contribuição das bandas características do papel. Com a repetição das medidas pode-se ter mais segurança a respeito de qual medida é representativa do material analisado. A discrepância de resultados não ocorre dessa forma no módulo ATR pois a análise é realizada por contato.

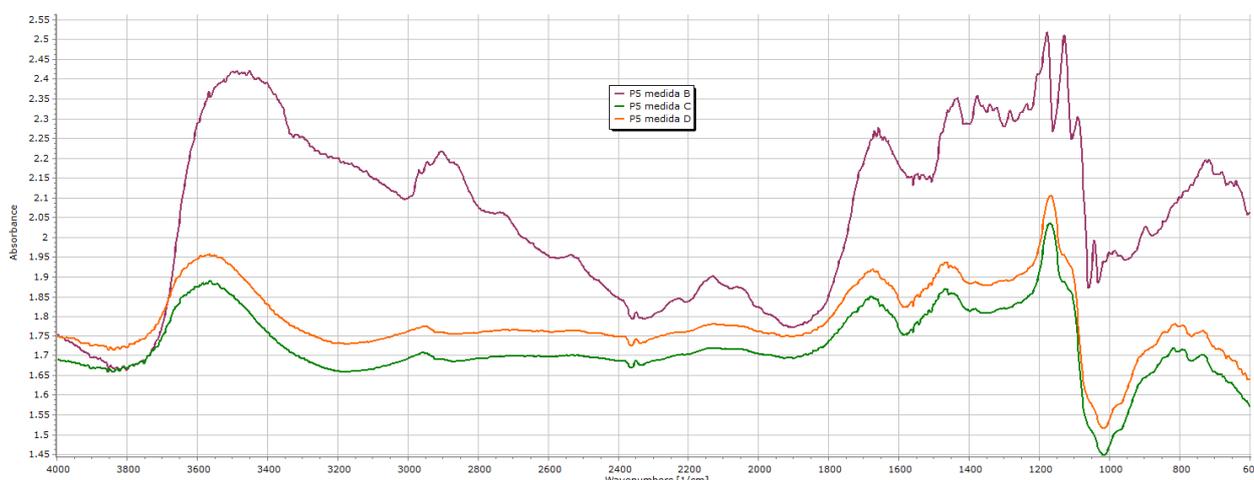


Figura 2: Espectros FTIR comparativos de um mesmo ponto P5 (goma arábica) em três medidas diferentes obtidas no módulo de reflexão frontal sem aplicação de correções.

Além da repetição das medidas os espectros podem ser corrigidos através de operações matemáticas que facilitam a seleção de picos e a comparação com espectros de bases de dados (STUART, 2007). A correção da linha de base é feita a partir da subtração de uma estimativa da linha de base. A figura 3 exemplifica as medidas realizadas em três pontos distintos, P3 albumina, P5 goma arábica e papel suporte, sem correção e com a correção de linha de base.

acessório de ATR está configurado nos espectrômetros portáteis impõe limitações para a análise de bens culturais pela necessidade de posicionar o objeto em um espaço restrito. No módulo de reflexão frontal, devido a geometria da medida e das múltiplas reflexões do feixe na superfície do objeto estudado necessitamos ter segurança de que os espectros são representativos. O módulo de reflexão frontal pode ser satisfatoriamente empregado observando a necessidade de definir o número de varreduras adequado, fazer ao menos três medidas e realizar a interpretação apropriada considerando a possibilidade de manipular os dados para facilitar a análise. Consideramos importante fazer a ressalva de que o exercício de produzir materiais de referência, como neste estudo de caso, é útil para compreender as especificidades da instrumentação mas a análise dos materiais constitutivos do patrimônio cultural é complexa já que implica interpretar materiais com uma trajetória específica. Ainda assim, produzir e comparar espectros de materiais conhecidos é um importante recurso para as análises de bens culturais, apontando para as capacidades e limitações da instrumentação além de fornecer subsídios para a interpretação de resultados.

Agradecimentos

As litogravuras do IEB são objeto de pesquisa por parte do Laboratório de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio Cultural (LACAPC) do Instituto de Física da USP em colaboração com as conservadoras Ana Maria Scaglianti e Lúcia Thomé; Bianca Dettino e Mônica Bento, funcionárias do IEB. O tema foi abordado por Mirelle Mafeis em sua monografia de graduação com orientação da Profa. Dra. Adriana de Oliveira Delgado Silva e coorientação da Profa. Dra. Marcia de Almeida Rizzutto. Agradecemos a todas as pessoas mencionadas e ao Instituto de Estudos Brasileiros.

J.B. agradece à CAPES pela bolsa de mestrado e M.A.R agradece ao CNPq e FAPESP pelos auxílios financeiros recebidos para o desenvolvimento de projetos nesta área de pesquisa.

Referências

ARTIOLI, Gilberto; ANGELINI, Ivana. **Scientific methods and cultural heritage: an introduction to the application of materials science to archaeometry and conservation science**. Nova York: Oxford University Press, 2018.

DERRICK, Michele R.; STULIK, Dusan; LANDRY, James M. **Infrared spectroscopy in conservation science**. Los Angeles: Getty Conservation Institute, 1999.

NANDIYANTO, Asep Bayu Dani; OKTIANI, Rosi; RAGADHITA, Risti. **How to read and interpret FTIR spectroscopy of organic material**. Indonesian Journal of Science and Technology, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 97–118, 2019. DOI: 10.17509/ijost.v4i1.15806.

SHAPIRO, Charles; SODERSTROM, Walter E. **The Lithographer's Manual**. Pittsburgh, Penn: The Graphic Arts Technical Foundation, 1977.

SMITH, Brian C. **Infrared spectral interpretation: a systematic approach**. Boca Raton: CRC Press, 1999.

STUART, Barbara. **Analytical techniques in materials conservation**. [s.l.]: John Wiley & Sons, Ltd, 2007.

STUART, Barbara. **Infrared spectroscopy: Fundamentals and applications**. Chichester, West Sussex, England ; Hoboken, NJ: J. Wiley, 2004.

STULIK, Dusan; KAPLAN, Art. **The Atlas of Analytical Signatures of Photographic Processes**. Los Angeles: Getty Conservation Institute, 2013. Disponível em <http://hdl.handle.net/10020/gci_pubs/atlas_analytical>. Acesso em: 18 nov. 2019.

As tintas modernas nas camadas de revestimento do patrimônio cultural edificado:

Estudo de Caso da Casa do Patrimônio Cultural

Thais Hoelzle Alves da Costa^{1*}, Luiz Antonio Cruz Souza²

¹Laboratório de Ciência da Conservação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte (Brasil)

²Laboratório de Ciência da Conservação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte (Brasil)
*thaishoelzle@gmail.com

Palavras-chave: Análise científica do patrimônio cultural; Patrimônio cultural edificado; Sistema de revestimento; Tintas modernas; Tinta acrílica.

1. Introdução

O presente trabalho é um recorte da dissertação “Camadas Pictóricas na Conservação-Restauração do Patrimônio Cultural Edificado: O Uso de Tintas Modernas”. A dissertação está vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável (PPG-ACPS) e ao Laboratório de Ciência da Conservação (LACICOR), ambos da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). O estudo é um desdobramento do projeto de pesquisa “*History of Modern House Paints in Brazil*” (A história das tintas modernas no Brasil) realizado através da parceria científica entre equipes das: Universidade Federal de Minas Gerais (Belo Horizonte, Brasil), *Universidad San Martin* (Buenos Aires, Argentina) e *Getty Conservation Institute* (Los Angeles, EUA). O projeto “*History of Modern House Paints in Brazil*” (2018-atual) coleta amostras, realiza análises científicas e pesquisas históricas referentes ao uso, fabricação e aplicação das tintas modernas na América Latina no século XX. É um desenvolvimento do projeto “Arte Concreta no Brasil” (2015-2018) financiado pelo *Getty Conservation Institute*.

Na maioria dos sistemas construtivos, a durabilidade das edificações e monumentos, é conseguida através da proteção das superfícies contra agentes de degradação. Os principais agentes de degradação destas superfícies são: climáticos, mecânicos, poluentes e sais solúveis. O funcionamento adequado desta proteção é alcançado através da seleção de materiais compatíveis entre si, entre o substrato e entre o ambiente de entorno. A literatura define esta proteção como sistema de revestimento.

Segundo Carasek (2007), os sistemas de revestimentos também são denominados de argamassas de revestimento. As argamassas “são materiais de construção, com propriedades de aderência e endurecimento, obtidos a partir da mistura homogênea de um ou mais aglomerantes, agregado miúdo (areia) e água, podendo conter ainda aditivos e adições minerais.” (CARASEK, 2007, p. 865). As argamassas são constituídas por uma sequência de camadas, onde o chapisco, a primeira delas, é a uniformização do substrato. Tradicionalmente, as camadas seguintes são: emboço e reboco ou camada única.

O sistema de pintura é o acabamento do sistema de revestimento. Loh (2007) define o sistema de pintura como um conjunto de produtos, com funções específicas, constituído por: fundo/fundo preparador de paredes, massa e tinta de acabamento. O fundo cria coesão entre as partículas soltas do substrato (representada(s) pela(s) camada(s) de revestimento(s) anteriore(s)) e a tinta de acabamento. Também “serve para reduzir ou uniformizar a absorção de superfícies de alvenarias de argamassas, neste caso, denominado de selador.” (LOH, 2007, p.1467). A massa é “um produto pastoso, com elevado teor de cargas, sem finalidade de dar cor, aplicada em finas camadas, o qual serve para correção de irregularidades da superfície já selada.” (LOH, 2007, p.1476). A tinta de acabamento é a “parte visível do sistema de pintura, apresentando as propriedades necessárias para o fim a que se destina, inclusive a tonalidade.” (LOH, 2007, p.1476). As especificações de todos esses produtos dependem das características do substrato e do ambiente externo.

V Escola de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio (V EARCAP)
II CONGRESSO BIENAL DA ANTECIPA (ANTECIPA-2020)
(Associação Nacional de Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Patrimônio)

16 e 20 de novembro de 2020, evento on-line, Brasil

A tinta de acabamento, ou simplesmente tinta, “é um material que se apresenta na forma líquida e que, quando aplicado, com ou sem diluição sobre uma superfície, deve resultar em filme sólido, contínuo, uniforme e aderente após secagem/cura.” (LOH, 2007, p. 1465). As tintas analisadas nesse ensaio, referem-se as tintas utilizadas para recobrimento de edificações, constituídas por resinas sintéticas. Estas tintas protegem os elementos construtivos das intempéries e propiciam acabamento estético à edificação, dado a variedade de cores e texturas disponíveis.

A tinta é composta por quatro grupos de matérias primas: resina, pigmento, solvente e aditivo. A resina, também denominada de polímero, ligante ou veículo, é o elemento aglomerante, não – volátil e formador do filme na tinta. “Os ligantes molham as partículas de pigmento, ligando-as entre si, com os restantes constituintes da tinta e com o substrato.” (MARQUES, 2013, p.9). Possuem origem natural ou sintética e classificação como orgânica ou inorgânica. Os pigmentos são partículas sólidas, praticamente insolúveis no meio disperso (fração líquida da tinta). São utilizados na formulação de tintas em função de suas propriedades: ópticas; mecânica; decorativas; resistência química e de proteção. (MARQUES, 2013). São classificados quanto a pigmentação ou estrutura química e modo de obtenção. Polito (2006) afirma que os materiais classificados como solventes são: incolores; em estado físico líquido; substância simples ou mistura; voláteis (não formam resíduos); estáveis, mantendo as propriedades físicas e químicas constantes e com capacidade de dissolver outros materiais sem alterar suas propriedades químicas. A resina se integra a tinta em um processo de solubilização, favorecendo a aderência no contato da tinta com o substrato. (POLITO, 2006). Aditivo é o termo genérico para materiais, empregados em pequenas quantidades (menos do que 5% da massa da tinta), que influenciam na manufatura, estabilidade, aplicabilidade, qualidade, estocagem e aspecto do filme aplicado. (ROCHA; KAIRALLA; FERRACIOLI; ALFINITO FILHO, 2009). Os aditivos podem apresentar os seguintes estados físicos: líquido, viscoso ou sólido pulverulento solúvel nos solventes. Os aditivos são classificados quanto ao mecanismo de atuação ou função.

A denominação de tintas modernas, a qual a presente análise se baseia é apresentada por Crook e Learner (2000). Os autores descrevem o uso de tintas imobiliárias e industriais na realização de obras de arte moderna, dentro das correntes artísticas do modernismo. As denominadas tintas modernas são aquelas produzidas com resinas sintéticas, a saber: nitrocelulose (piroxilina), alquídica, acetato de polivinila (PVA), acrílico, poliuretano, silicato de etila, borracha clorada e epóxi. (CROOK; LEARNER, 2000). “Os primeiros artistas a usar tintas sintéticas foram, portanto, aqueles que trabalharam com pinturas residenciais ou materiais que foram concebidos para outros usos.” (CROOK; LEARNER, 2000, p.8).

Buscando entendimento sobre a aplicação das tintas modernas no Brasil, e sua relação com as intervenções de conservação-restauração do patrimônio cultural edificado, procedeu-se a análise dos fragmentos de revestimento coletados em uma edificação tombada na cidade de Belo Horizonte (Minas Gerais). O principal objetivo desta análise é identificar os aglutinantes presentes nos fragmentos coletados. Comportando um estudo comparativo entre os exames científicos realizados e o desenvolvimento da indústria de tintas no Brasil. A justificativa principal para esta investigação, é colaborar com os processos de intervenção, nas camadas pictóricas de revestimento do patrimônio cultural edificado. A análise de um estudo de caso não objetiva contemplar todo o diversificado espectro do patrimônio cultural brasileiro, apenas pontuar, temporalmente, as intervenções realizadas com a disponibilidade do material no Brasil.

2. Metodologia

Esta pesquisa possui, necessariamente, segmentos teóricos e práticos interdependentes. O segmento teórico é materializado em pesquisas: bibliográficas, conceituais e documentais. Estas pesquisas abrangem os temas apresentados e objetos da análise. O segmento prático, inclui visitas de campo, exames *in situ* e exames laboratoriais. O estudo de caso é o edifício da antiga Secretaria de Viação e

V Escola de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio (V EARCAP)
II CONGRESSO BIENAL DA ANTECIPA (ANTECIPA-2020)
(Associação Nacional de Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Patrimônio)

16 e 20 de novembro de 2020, evento on-line, Brasil

Obras Públicas, localizado na Praça da Liberdade, s/n em Belo Horizonte, Minas Gerais. A estrutura é um patrimônio cultural edificado pela proteção por tombamento do Conjunto Arquitetônico e Paisagístico da Praça da Liberdade em 1977, pelo Instituto do Patrimônio Histórico Artístico de Minas Gerais (IEPHA/MG). Atualmente o edifício passar por intervenções internas para receber a Casa do Patrimônio Cultural. A edificação apresenta repinturas, com tintas modernas, sobre a camada original

As visitas de campo possibilitam a realização de exames *in situ* não destrutivos, ou seja, sem a retiradas de amostras. Foi executada somente a análise organoléptica, pois, na data da visita, os equipamentos portáteis do laboratório estavam em manutenção. A coleta de amostras foi realizada, acompanhada, indicada e autorizada por técnicos do IEPHA/MG. Como a edificação estava passando por intervenções, foi recomendada a remoção em locais onde existia prévia perda de material.

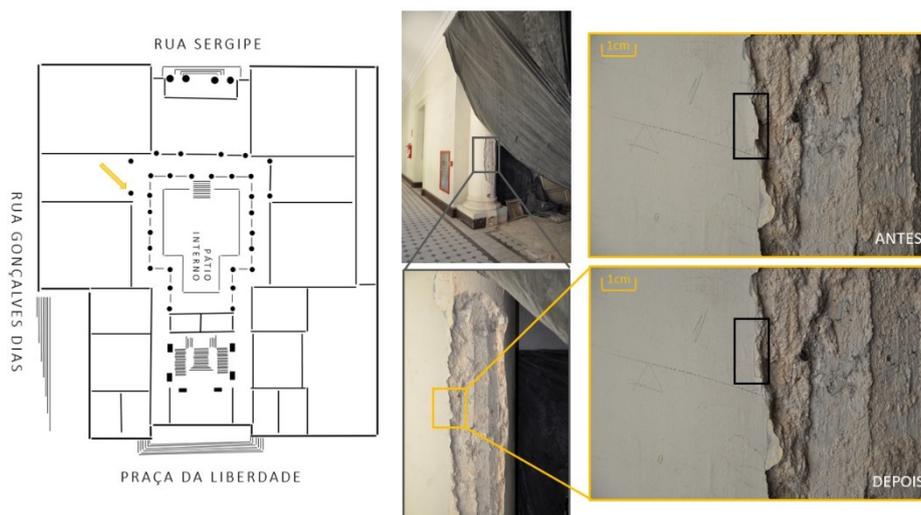


Figura 1: Identificação do local amostrado no edifício – AMOSTRA 3542T. Fonte: Elaborado pelos autores, baseado no Acervo do LACICOR (2019)

A análise organoléptica dos fragmentos retirados possibilita a identificação da textura, brilho e coloração. A descrição da coloração da camada mais externa do revestimento, associado à sua documentação fotográfica, são primordiais para o desenvolvimento das análises laboratoriais. Somente as análises *in situ* não são suficientes para alcançar o objetivo deste trabalho.

3. Resultados e discussão

A coleta de amostras possibilita exames mais detalhados, compatíveis com os objetivos da análise. As amostras foram coletadas de locais representativos. Tais locais foram selecionadas combinando a consulta à documentação histórica e arquitetônica, com a disponibilidade de acesso aos ambientes do edifício. Os fragmentos amostrados possuem as dimensões mínimas necessárias para as análises subsequentes. O processo de amostragem foi registrado por documentação científica por imagem. No laboratório os fragmentos amostrados são documentados e catalogados. Após este processo são realizados cortes estratigráficos com partes representativas dos fragmentos coletados (Figura 2).

O corte estratigráfico reproduz o local o amostrado e guia os exames subsequentes, pois documenta aquela sequência de camadas pictóricas de revestimento. Para identificar e confirmar os aglutinantes presentes em cada amostra são realizadas análises físico-químicas sucessivas. Para este estudo foi realizada a Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) de camadas significativas e análise de fluorescência na radiação ultravioleta. As informações analíticas de cada amostra são tratadas e inseridas no Banco de Dados do LACICOR.

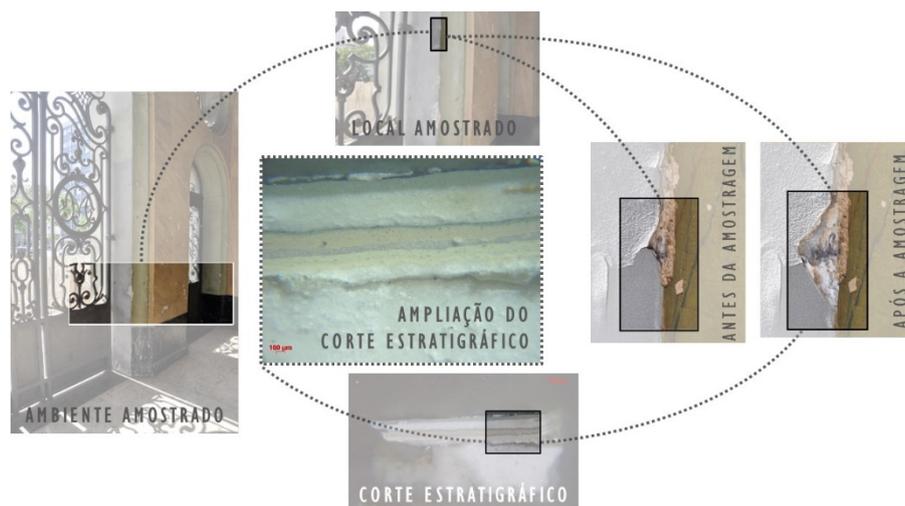


Figura 2: Infográfico da elaboração do corte estratigráfico. Fonte: Elaborado pelos autores, baseado no Acervo do LACICOR (2019)

O método de análise do FTIR utiliza fragmentos de camadas de um local conhecido por um corte estratigráfico. Com auxílio da microscopia ótica são observados os fragmentos e o corte estratigráfico de referência, para que se identifique as camadas a serem separadas (**Figura 3**). Estes micro-fragmentos geram os espectros de infravermelho (

), cuja comparação com picos de referência aponta o elemento ou aglutinante utilizado.

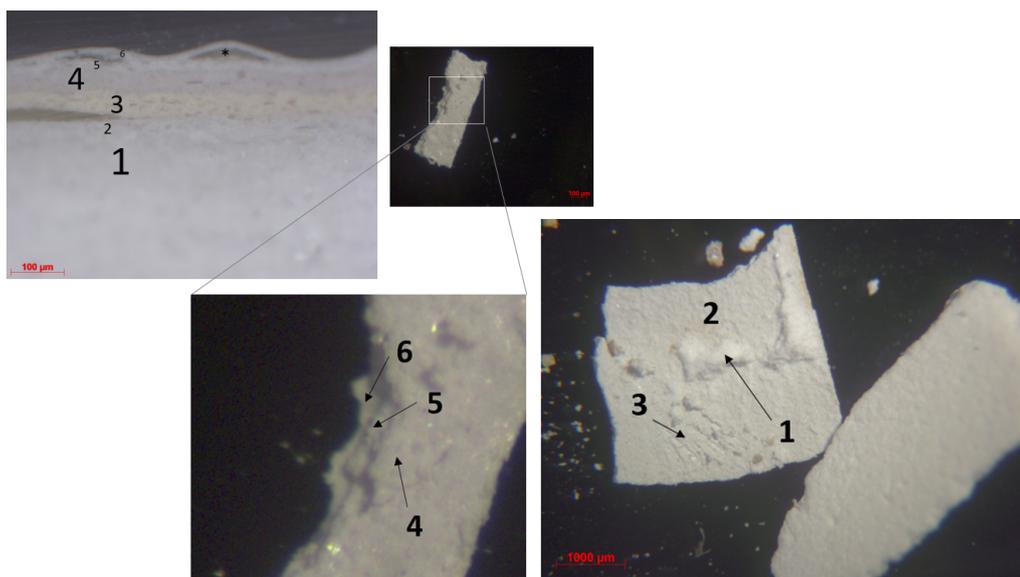


Figura 3: Imagens da remoção de fragmentos da amostra AM3542T para realização de FTIR. Fonte: Elaborado pelos autores, baseado no Acervo do LACICOR (2019)

4. Conclusões

A análise dos espectros de FTIR do local amostrado indicam a presença de: calcita, carbonato, aglutinante e acrílica (**Figura 4**). A calcita e o carbonato são elementos constituintes das camadas de revestimento anteriores à tinta. O aglutinante identificado necessita de mais análises para ser especificado, mas é parte integrante do sistema de pintura. A acrílica se refere a resina acrílica, elemento constituinte da tinta acrílica.

V Escola de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio (V EARCAP)
II CONGRESSO BIENAL DA ANTECIPA (ANTECIPA-2020)
(Associação Nacional de Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Patrimônio)
16 e 20 de novembro de 2020, evento on-line, Brasil

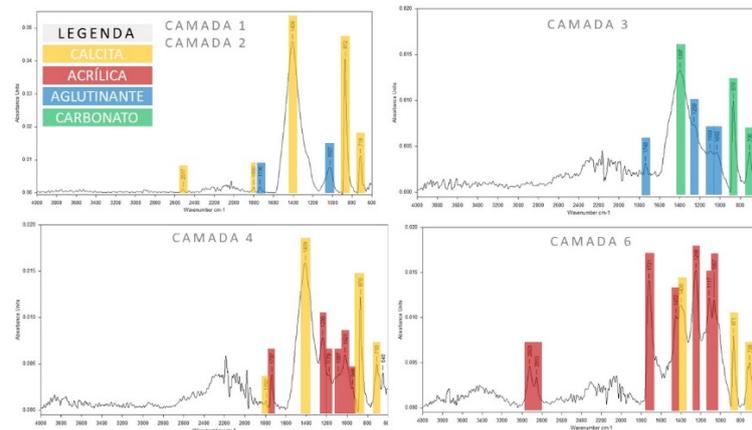


Figura 4: FTIR das camadas da amostra AM3542T. Fonte: Espectros elaborados por Vitor Paixão, Acervo do LACICOR (2019)

As pesquisas bibliográficas, especialmente em Fazenda (2009), apresentam a cronologia de desenvolvimento das tintas, resinas e polímeros; indicando o desenvolvimento da tinta acrílica em 1927. Considerando que a edificação estudo de caso, foi selecionada por representar uma edificação original da implantação da capital de Minas Gerais, construída pela Comissão Construtora da Nova Capital (C.C.N.C.), entre 1895-1897, que alcançou a contemporaneidade sem grandes alterações físicas. É possível identificar uma repintura da edificação, em tinta acrílica, após a década de 1920.

Agradecimentos

Agradeço a equipe LACICOR – Luiz, Alessandra, Selma, José Raimundo, Vitor e Mariana - pela companhia na rotina do laboratório, auxílio na realização das análises, esclarecimento de dúvidas e aprendizado coletivo. "O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001".

Referências

- CARASEK, Helena. Argamassas. In: ISAIA, Geraldo Cechella (ed.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. 1. ed. São Paulo: IBRACON, 2007. Cap. 26. p. 863-904.
- CROOK, Jo; LEARNER, Tom. **The impact of modern paints**. Londres: Tate Gallery Publishing Ltd, 2000.
- FAZENDA, Jorge M. R. Polimerização: considerações teóricas. In: FAZENDA, Jorge M. R. (Cord.). **Tintas: Ciência e Tecnologia**. 4 ed. São Paulo: Blucher, ABRAFATI, 2009. Cap. 2. p. 13-68.
- LOH, Kai. Tintas na Construção Civil. In: ISAIA, Geraldo Cechella (ed.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. 1. ed. São Paulo: IBRACON, 2007. Cap. 44. p. 1465-1504.
- MARQUES, Francisco Pedro Ferreira Maria. **Tecnologias de aplicação de pinturas e patologias em paredes de alvenaria e elementos de betão**. 2013. 137 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Técnico Lisboa, Lisboa, 2013. Acesso em 22 ago. 2020. Disponível em: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiE39q-h_7rAhWkHLkGHd0VAMUQFjAEegQIAhAB&url=https%3A%2F%2Ffenix.tecnico.ulisboa.pt%2FdownloadFile%2F395145483178%2FDisserta%25C3%25A7%25C3%25A3o.pdf&usq=AOvVaw3AIAf2_buocRx6iw9-bETk>.

**V Escola de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio (V EARCAP)
II CONGRESSO BIENAL DA ANTECIPA (ANTECIPA-2020)
(Associação Nacional de Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Patrimônio)**

16 e 20 de novembro de 2020, evento on-line, Brasil

POLITO, Giulliano. **Principais Sistemas de Pinturas e suas Patologias**. Belo Horizonte: UFMG/EE/DEMC, 2006. 66 p. Apostila de Pintura, Disciplina Tecnologia de Materiais III, Departamento de Materiais e Construção, Escola de Engenharia.

ROCHA, Aurélio Nazaré; KAIRALLA, Ricardo Bernardo; FERRACIOLI, Antonio Carlos; ALFINITO FILHO, Carlindo. Aditivos. In: FAZENDA, Jorge M. R. (Cord.). **Tintas: Ciência e Tecnologia**. 4 ed. São Paulo: Blucher, ABRAFATI, 2009. Cap. 13. p. 436-487.

Trajatória da pesquisa científica no acervo da Pinacoteca de São Paulo

Camilla Vitti Mariano¹, Tatiana Russo dos Reis¹ e Teodora Camargo Carneiro^{1*}

¹Pinacoteca do Estado de São Paulo

**icarneiro@pinacoteca.org.br*

Palavras-chave: Análises Científicas; Museu; Obras de arte; Parcerias; Pesquisas.

1. Introdução

O Núcleo de Conservação e Restauro da Pinacoteca de São Paulo iniciou no final da década de 1990 as parcerias com outras instituições dispondo para pesquisa científica obras do seu acervo.

Algumas pesquisas podem ter sido realizadas anteriormente, embora essas parcerias ocorressem com pouquíssima frequência. As instituições museais se encontravam em um outro estágio de desenvolvimento e estruturação. A grande maioria não possuía museólogos ou conservadores e restauradores nos seus quadros de funcionários, não dispunham de ateliês de restauração e as reservas técnicas ainda eram rudimentares. No caso da Pinacoteca do São Paulo, o mobiliário era adaptado, as condições ambientais não eram controladas, os acondicionamentos das obras eram muito básicos e com materiais que havia à mão “Figura 1”. As salas de exposição também não tinham monitoramento ambiental e nem os possuíamos os equipamentos para que um primeiro diagnóstico pudesse ser realizado. As necessidades eram muito primitivas, com grandes desafios a serem enfrentados para cumprir com a missão de salvaguardar as coleções. A ciência da conservação começava a ser vislumbrada, ainda que com referenciais europeus que muitas vezes não podiam ser aplicados à nossa realidade.



A partir dos anos 1990 foi criado o Programa de Apoio aos Museus, financiado pela associação civil sem fins lucrativos Vitae, Apoio a Cultura, Educação e Promoção Social. Esse programa sistematizou a concessão de subsídios aos museus brasileiros, desde a reforma de edifícios, áreas de exposição, adequação de espaços para reservas técnicas e investimento em mobiliários adequados.

Figura 1: Reserva técnica da Pinacoteca de São Paulo em 1981.
Fonte: CEDOC_ Pinacoteca de São Paulo

A Pinacoteca participou de muitos editais e por meio desse programa foram adquiridos mobiliários e insumos para a guarda de documentos referentes à catalogação do acervo, mobiliário para as reservas técnicas e suas demais expansões; e a implantação de parte da climatização no museu “Figura 2”. Recebemos também apoio para projetos pontuais, como o de substituição de todo o acondicionamento da coleção em obras em papel. O Programa investiu na capacitação de profissionais e muitos receberam bolsas de estudo e oportunidades de estágios em instituições internacionais de renome. O programa de intercâmbio também trouxe muitos professores e pesquisadores para realizar palestras e workshops em congressos e instituições brasileiras, o que foi fundamental para o desenvolvimento e estruturação do conhecimento da conservação e restauração no país. Sem essa organização primária não haveria condições para o desenvolvimento de pesquisas dentro do âmbito da ciência da conservação.

V Escola de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio (V EARCAP)
II CONGRESSO BIENAL DA ANTECIPA (ANTECIPA-2020)
(Associação Nacional de Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Patrimônio)
16 e 20 de novembro de 2020, evento on-line, Brasil

A Pinacoteca participou de muitos editais e por meio desse programa foram adquiridos mobiliários e insumos para a guarda de documentos referentes à catalogação do acervo, mobiliário para as reservas técnicas e suas demais expansões; e a implantação de parte da climatização no museu “Figura 2”. Recebemos também apoio para projetos pontuais, como o de substituição de todo o acondicionamento da coleção em obras em papel. O Programa investiu na capacitação de profissionais e muitos receberam bolsas de estudo e oportunidades de estágios em instituições internacionais de renome. O programa de intercâmbio também trouxe muitos professores e pesquisadores para realizar palestras e workshops em congressos e instituições brasileiras, o que foi fundamental para o desenvolvimento e estruturação do conhecimento da conservação e restauração no país. Sem essa organização primária não haveria condições para o desenvolvimento de pesquisas dentro do âmbito da ciência da conservação.

Outro aspecto fundamental foi a consolidação do corpo técnico do museu. A partir de 1991 houve a contratação da equipe inicial de conservadores/restauradores com formação na área e nos anos 2000



Figura 2: Reserva técnica da Pinacoteca de São Paulo em 2019.

Fonte: NCR_ Pinacoteca de São Paulo

houve uma ampliação da equipe, que com o apoio da instituição tiveram suas formações continuadas no nível da pós-graduação e outros cursos e seminários diversos, nacionais e internacionais. Por meio dessa nova geração o diálogo, as expectativas, a discussão e interpretação dos resultados das análises e suas possíveis aplicações, no âmbito da ciência da conservação, foram facilitados e incentivado dentro do museu.

2. Metodologia

A demanda por pesquisa sobre a coleção do museu se apresenta de várias formas, seja pela solicitação de instituições internacionais, ou de alunos da pós-graduação; por um projeto desenvolvido por instituições de ensino e/ou pesquisa científica ou por uma requisição dos próprios conservadores/restauradores. Essas solicitações são realizadas por diferentes instituições colaborando com o incentivo a pesquisa e produção científica do país por meio da publicação e extroversão dos processos e resultados alcançados.

Foram utilizadas diversas abordagens e discussões com os cientistas sobre quais metodologias e equipamentos seriam utilizados no processo. O acesso às obras é um fator determinante e no início algumas obras chegaram a ser levadas para análise nos laboratórios do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (Laboratório de Análises de Materiais por Feixes Iônicos – LAMFI e Laboratório de Dosimetria para radiografias), pois a maioria dos equipamentos não eram portáteis. Esse procedimento não é ideal por oferecer riscos e custos. A aquisição de equipamentos móveis por parte das instituições dos pesquisadores do Instituto de Física facilitou e ampliou o intercâmbio e possibilidades de estudo do acervo, já que o trabalho pode ser feito dentro da instituição. Frequentemente os principais objetivos almejados por esses estudos foram a definição prévia de um tratamento de restauro, a identificação de materiais e técnicas utilizados pelos artistas e monitoramento de obras e ambientes de exposição. Os resultados desses trabalhos auxiliam na tomada de decisão, pelo Núcleo de Conservação e Restauro, em relação às melhorias das condições ambientais nos espaços de guarda e exibição de obras, monitoramento de obras sensíveis e discussões

V Escola de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio (V EARCAP)
II CONGRESSO BIENAL DA ANTECIPA (ANTECIPA-2020)
(Associação Nacional de Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Patrimônio)

16 e 20 de novembro de 2020, evento on-line, Brasil

sobre processos de restauração. Os dados coletados sobre os materiais e técnicas servem de base para posteriores pesquisas sobre obras e artistas.

A primeira parceria acadêmica ocorreu em 2007, com o prof. Dr. Paulo Pascholati do Instituto de Física da Universidade de São Paulo- IF-USP. Foi realizada a comparação, por meio da técnica PIXE (Indução de Emissão de Raios X por Partículas), entre as tintas presentes na paleta do pintor Almeida Jr e o conteúdo dos tubos de tintas da caixa de pintura do artista, ambos objetos pertencentes ao acervo da Pinacoteca (MOLEIRO, 2007) (PASCHOLATI, 2007).

Outras duas obras foram transportadas para a universidade para serem pesquisadas. A primeira foi analisada por imageamento com luz ultravioleta - UV e análises por PIXE no acelerador LAMFI da pintura “Desembarque e combate”, de autor não identificado¹. Os procedimentos foram feitos no Laboratório de Análises de Materiais por Feixes Iônicos no IF-USP, em 2009 e o objetivo foi o estudo dos pigmentos presentes na obra e a documentação de processos de restauração anteriores. A segunda obra foi *Objeto ativo*, de Willys de Castro². Havia a suspeita de que a obra estivesse com infestação de xilófagos, o que levou o núcleo a solicitar, em 2012, ao IF-USP, que fosse realizado um exame de raios X (radiografia) para verificação de possíveis galerias. A técnica de produção do cubo consiste em uma estrutura de madeira recoberta em cinco faces por tecido pintado pelo artista, à investigação visual foi insuficiente para diagnosticar a presença de insetos por isso a necessidade de análise científica.



Em 2011, sob coordenação da professora Dra. Marcia Rizzutto, do IF-USP, já foi possível realizar exames de infravermelho e Ultravioleta no próprio museu. Esses exames de imageamento auxiliaram em decisões tomadas em relação aos procedimentos de restauro e informações importantes das pinturas “Hora da música”³ ‘Figura 3’ e “Escrava Romana”⁴ (KAJIYA,2011) utilizadas pela equipe de curadoria quanto a produção do artista Oscar Pereira da Silva (CAMPOS, 2011; 2013). Esse foi o momento ideal para a realização desses exames já que a Pinacoteca estava reformulando sua exposição de longa duração, “Arte no Brasil”, que foi inaugurada em outubro desse mesmo ano e durou até março de 2020. As duas obras pesquisadas participaram da mostra.

Figura 3: Imageamento com Reflectografia de infravermelho (IRR) da obra ‘Hora da Música’, de Oscar Pereira da Silva. Fonte: IF-USP

O Laboratório de Física Nuclear Aplicada do Departamento de Física da Universidade Estadual de Londrina - UEL, na época coordenado pelo professor Dr. Carlos Appolloni, realizou, em 2015, estudos com fluorescência de raios X por energia dispersiva - EDXRF portátil para analisar a segurança em relação a um procedimento de limpeza e aplicação de produto nano tecnológico hidrofugante para a proteção de esculturas em mármore da coleção da Pinacoteca (MELQUIADES, 2019, p. 54-62).

¹ Autor não identificado, *Desembarque e combate*, óleo sobre tela, 1800, 40 x 76 x 0 cm, Incorporada ao acervo.

² Willys de Castro, *Objeto ativo*, óleo sobre tela colada sobre madeira, 1962, 25,5 x 25,5 x 25 cm, Doação de Hércules Barsotti, 2001.

³ Oscar Pereira da Silva, *Hora da música*, óleo sobre tela, 1901, 65 x 50 cm, Doação Thereza de Toledo Lara.

⁴ Oscar Pereira da Silva, *Escrava romana*, óleo sobre tela, entre 1894 e 1901, 146.5 x 72.5 x 0 cm, Transferência do Museu Paulista.

V Escola de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio (V EARCAP)
II CONGRESSO BIENAL DA ANTECIPA (ANTECIPA-2020)
(Associação Nacional de Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Patrimônio)

16 e 20 de novembro de 2020, evento on-line, Brasil

A parceria com o Escola SENAI “Nadir Dias de Figueiredo”, iniciada em 2009, teve como objetivo o aprimoramento de técnicas para o resgate do ensino da Fundação Artística no Brasil (SENAI-SP, 2012, pp.295 – 318; SESI-SP, 2013, p. 130-135). Em 2012, a partir do escaneamento 3D da obra *Busto de Dom Pedro II*, do artista Zéphérin Ferrez⁵, os profissionais do SENAI puderam desenvolver e aprimorar as técnicas utilizadas nos processos de moldagem para a fundição em areia e cera perdida (SESI-SP, 2013, p. 120 – 129).

Outro projeto importante teve início em 2018, com parceria entre o Núcleo de Curadoria da Pinacoteca, o Instituto de Investigaciones sobre el Patrimonio Cultural – TAREA - Universidad Nacional de San Martín e o Centro Nacional de Conservación y Restauro del Chile para estudo de várias obras de Raymond Monvoisin para investigação de sua trajetória na América Latina e checagem de alguns pigmento empregados pelo artista. Houve remoção de amostras da pintura “Imperador D. Pedro II em traje de gala”⁶, que está em sistema de comodato na Pinacoteca. O projeto ainda está em andamento e os resultados ainda não foram publicados (PICCOLI, 2019, p. 107 – 125).

O projeto “Concrete Art in Argentina and Brazil – The Material of Form: Industrialism and the Latin American Avant-Garde”, realizado entre 2016 e 2018, consistia na pesquisa de tecnologia de construção de obras de arte concreta da américa latina, como parte do Projeto Getty Pacific Standard Times, financiado pelo The Getty Foundation e promovido pelo Getty Trust. Foi um trabalho interdisciplinar e que reuniu três instituições de pesquisas científicas The Getty Conservation Institute- GCI, Laboratório de Ciência da Conservação- LACICOR da Universidade Federal de Minas Gerais- UFMG e o Instituto de investigaciones sobre el patrimonio cultural- TAREA da Universidad de San Martin- UNSAM. O LACICOR, foi o responsável pelas análises de dez obras desse período que pertencem à coleção da Pinacoteca (GOTTSCHALLER, 2017).

O projeto de pesquisa de diagnóstico de iluminação dos espaços expositivos do museu teve iniciativa e execução do Núcleo de Conservação e Restauro, sem a participação de institutos de pesquisa científica, mas com apoio nas referências bibliográficas sobre o assunto. Um conjunto de data loggers foi colocado nas áreas expositivas para a medição de LUX e UV. A metodologia utilizada foi o emolduramento dos data loggers com diferentes tipos de barreira, como vidros museológicos de diferentes filtros, placa de acrílico transparente, vidro comum e sem proteção, para comparar os níveis de proteção de cada material. Para auxiliar na comparação, também emolduramos da mesma forma cartões Blue Scale Fading Card. Os resultados foram fundamentais para decidir a forma de expor e o tempo de exibição das obras na nova exposição de longa duração “Pinacoteca: acervo”, inaugurada em 31 de outubro de 2020.

Por iniciativa das colaboradoras Camilla Vitti Mariano (MARIANO, 2012) e Tatiana Russo dos Reis (REIS, 2018), seus mestrados foram realizados a partir de pesquisas realizadas sobre obras em materiais plásticos e metálicos “Figura 4”, respectivamente, do acervo da instituição e seus desafios quanto a conservação e restauro.

⁵ Zéphérin Ferrez, , *Busto de Dom Pedro II*, gesso, 1839, 58,8 x 46 x 25,5 cm, Compra Governo do Estado de São Paulo.

⁶ Raymond Auguste Quinsac Monvoisin, *Imperador Dom Pedro II em traje de gala*, óleo sobre tela, 1847, 300 x 200 cm, Comodato com o Príncipe Dom João de Orleans e Bragança, 2015.



Em 2019, retomamos a parceria com o Instituto de Física da USP para a utilização de metodologias de análises físico-químicas para estudo de material polimérico. A identificação por espectrometria infravermelha com transformada de Fourier - FTIR portátil é feita sem a necessidade de remoção de amostras. Esse projeto tem como objetivo a criação de um banco de referência para identificação de obras do acervo da Pinacoteca e dos museus da USP.

Figura 4: Análise de fluorescência de raios X por dispersão de energia (ED-XRF) da obra sem título, de Amilcar de Castro. Fonte: IF-USP.

3. Resultados e discussão

Os resultados das análises são apresentados e discutidos, mas enfatizamos a importância de voltar à observação das obras para corroborar os dados. Essa discussão auxilia na compreensão da tecnologia utilizada pelo artista em sua produção, bem como o comportamento dos materiais utilizados.

Entendendo esses pontos é possível analisar e discutir a relação da obra com o ambiente expositivo e de guarda, realizar um monitoramento ambiental efetivo, verificar a compatibilidade de materiais para a produção de acondicionamento e materiais expográficos. Além de auxiliar nas tomadas de decisões quanto a ações de conservação e restauro das obras.

Todas informações relevantes resultantes da pesquisa são enviadas ao Núcleo de Acervo Museológico - NAM, e são inseridos no banco de dados de catalogação de obras do acervo. A inserção dessas informações é importante também para o acesso de pesquisadores no futuro.

4. Conclusões

O primeiro passo para produzir pesquisas é estruturar o ambiente de trabalho e seu corpo técnico, criando condições para que sejam realizadas.

A entrega dos resultados é de extrema importância para a instituição: muitas vezes eles podem não ser utilizados no momento da pesquisa, mas podem elucidar questões futuras.

Extroverter os resultados e a pesquisa fazem com que novas parcerias ocorram e novas tecnologias surjam a partir das necessidades apontadas durante o processo.

Agradecimentos

A ANTECIPA - Associação Nacional de Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Patrimônio. A EARCAP - Escola de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio. A APAC- Associação Pinacoteca Arte e Cultura. A todas as instituições que foram e são parceiras de pesquisas.

Referências

Centro Técnico em Fundação Artística SENAI. In: Fundação Artística no Brasil. São Paulo, SESI-SP editora, 2012.

V Escola de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio (V EARCAP)
II CONGRESSO BIENAL DA ANTECIPA (ANTECIPA-2020)
(Associação Nacional de Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Patrimônio)
16 e 20 de novembro de 2020, evento on-line, Brasil

CAMPOS, P.H.O.V.; KAJIYA, E.A.M.; RIZZUTTO, M.A.; NEIVA, A.C.; PINTO, H.P.F.; ALMEIDA, P.A.D.. **X-ray Fluorescence and Imaging Analyses of Paintings by the Brazilian Artist Oscar Pereira Da Silva**, Radiation Physics and Chemistry 95 (2014) 362–367. <http://dx.doi.org/10.1016/j.radphyschem.2013.05.029>

CAMPOS, P. ; KAJIYA, E. ; RIZZUTTO, M. A. ; NEIVA, A. C. ; Pinto, H. P. F. . **Análisis por infrarrojo y FRX de una pintura del artista Brasileño Oscar Pereira da Silva**. In: 3rd Latin-American Symposium on Physical and Chemical Methods in Archaeology, Art and Cultural Heritage Conservation, 2011, Lima. Libro de resúmenes. Lima: Facultad de Ciencias Físicas, 2011. v. 1. p. 43-43.

Fundição Artística: Área Metalurgia. São Paulo, SENAI-SP editora, 2012.

GOTTSCHALLER, P. e BLANC, A. **Making Art Concrete: Works from Argentina and Brazil in the Colección Patricia Phelps de Cisneros**. The Getty Conservation Institute and The Getty Research Institute, Los Angeles, Estados Unidos, 2017.

KAJIYA, E.A.M.; CAMPOS, P. ; RIZZUTTO, M. A. ; NEIVA, C. NeivaA, A. C. ; PINTO, H. P. F. **Análisis por Imagem e EDXRF de la Pintura 'A Escrava Romana' del Siglo XIX en la Pinacoteca do Estado de São Paulo**. In: 3rd Latin-American Symposium on Physical and Chemical Methods in Archaeology, Art and Cultural Heritage Conservation - LASMAC 2011, 2011, Lima. 3rd Latin-American Symposium on Physical and Chemical Methods in Archaeology, Art and Cultural Heritage Conservation - LASMAC 2011, 2011.

MARIANO, C.V.; **Materiais plásticos no acervo da Pinacoteca do Estado de São Paulo: A fonte das Nanás de Niki de Saint Phalle**. Dissertação – Faculdade de Belas Artes, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

MELQUIADES, F. L., et al. **Non-destructive analytical techniques for the evaluation of cleaning and protection processes on white marble surfaces**; Journal of Cultural Heritage 37, 2019.

MOLEIRO, G. F.; PASCHOLATI, P. R.; RIZZUTTO, M. A.; NEVES, G.; TABACNIKS, M. H.; DIAS, F. A. ; BARBOSA, M. D. L. ; MENDONCA, V. . **Material de Almeida Junior Analisado com a Técnica PIXE**. 2007. (Apresentação de Trabalho/Congresso), In: Livro de resumos do 1º Simpósio Latino Americano sobre Métodos Físicos e Químicos em Arqueologia, Arte e Conservação do Patrimônio Culturais (LASMAC 2007), 2007. v.1. p.64

PASCHOLATI, P. R.; RIZZUTTO, M. A.; NEVES, G.; TABACNIKS, M. H.; MOLEIRO, G. F. ; DIAS, F. A. ; MENDONCA, V. . **PIXE technique applied to Almeida Júnior materials**. 2007. (Apresentação de Trabalho/Congresso), In: Livro de resumos da International Nuclear Atlantic Conference, 2007, Santos, 2007. v.1. p.129 .

PICCOLI, V. e PITTA. F. **A propósito de Pedro II, de Monvoisin**. In: CORTÉS, G. e DRIEN, M. Raymond Monvoisin y sus discípulos: Avances de investigación. Santiago, Ril editores, 2019.

REIS, T.R.; **Oxidação de esculturas de aço patinável pertencentes ao acervo da pinacoteca de São Paulo**. Dissertação – Faculdade de Engenharia de materiais e Nanotecnologia, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2018.

Análise de Cestaria pré-hispânica por Fluorescência de Raios X portátil

Fábio L. Melquiades^{1*}, Juan Villanueva², Fabio Lopes¹, Jorge Lisme³, Eduardo I. Jussiani¹, Carlos R. Appoloni¹

¹*Universidade Estadual de Londrina, Laboratório de Física Nuclear Aplicada, Departamento de Física, Londrina (Brasil)*

²*Museo Nacional de Etnografía y Folklore, La Paz (Bolívia)*

³*Public University of "El Alto", Physical Sciences and Alternative Energies Career, El Alto (Bolívia)*
**fmelquiades@uel.br*

Palavras-chave: Arqueometria; Cestaria; Fluorescência de Raios X.

1. Introdução

Culturas antigas da América do Sul teceram artefatos de cestaria para uso humano. Contudo, cestos pré-Hispânicos são escassos e são poucas as coleções que foram avaliadas por métodos analíticos não destrutivos. O objetivo deste estudo foi avaliar uma coleção de cestarias antigas pertencente ao Museo Nacional de Etnografía y Folklore (MUSEF), localizado na cidade de La Paz, Bolívia. As cestas foram avaliadas *in situ* usando um equipamento portátil de Fluorescência de Raios X por Dispersão em Energia (pXRF).

2. Metodologia

Um conjunto de cestarias composto por oito cestos com vários tamanhos e formatos diferentes foram investigados. As amostras possuíam faixas e desenhos geométricos, em tons de vermelho, preto e marrom, que se diferenciavam da matéria prima original. Todas as cestas foram atribuídas ao período pré-Hispânico. A proveniência é desconhecida, mas presume-se que são do Altiplano boliviano. Os objetos foram trançados, provavelmente com a fibra *stipa ichu*, muito comum no altiplano andino (HURTADO, 2010). A técnica de fabricação sugerida foi de entrelaçamento das fibras (ADOVASIO, 2010). As descrições e as fotografias das amostras estão na Tabela 1.

Foram realizadas medidas de pXRF como uma primeira etapa da investigação analítica, dada sua característica multielementar e não destrutiva, adequada para orientar e/ou guiar o emprego de outras metodologias.

O equipamento de pXRF empregado foi um sistema projetado pelo Grupo de Física Nuclear Aplicada da UEL. O sistema consiste de um mini-tubo de raios X (4W, com alvo de Ag, filtro de Ag de 50 μm) e um detector de Si-PIN X123 (com resolução de 153 eV, janela de Be de 12.5 μm , colimador de Ag de 3 mm de diâmetro) montados sobre um suporte de acrílico. O equipamento foi levado a La Paz e as medidas realizadas no Laboratório de Conservação do MUSEF.

Em todas as amostras foram realizadas ao menos 3 medidas. Uma em uma região sem pigmentação na base do objeto e ao menos outras 2 medidas no corpo do objeto em pontos com pigmentação, quando disponíveis.

Os fundamentos da pXRF pode ser encontrado em Van Grieken and Markowicz, 2002. Foi realizada uma análise qualitativa baseada na área dos picos dos elementos identificados. Os elementos com uma razão pico fundo maior que 3 foram avaliados.

V Escola de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio (V EARCAP)
II CONGRESSO BIENAL DA ANTECIPA (ANTECIPA-2020)
(Associação Nacional de Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Patrimônio)
 16 e 20 de novembro de 2020, evento on-line, Brasil

Tabela 1: Amostras de cestos pré-hispânicos do MUSEF. N é o número de medidas realizado em cada objeto com o equipamento de pXRF.

Código	Descrição	N	Fotografia
03810	Cesto com base plana e abertura tipo tigela. Decoração baseada em painéis largos e coloridos, criando motivos zoomórficos aparentemente complexos, com fibras manchadas, utilizando pigmentos vermelhos e pretos.	3	
03811	Cesto com base plana e abertura tipo vaso. Decoração baseada em pequenos quadrados, criando um padrão regular em forma de escala, com fibra manchada, utilizando pigmentos vermelhos e pretos.	3	
03812	Cesto com base plana e abertura indefinida. Decoração baseada em pequenos quadrados xadrez, criando um padrão regular em forma de escala, com fibra manchada, utilizando pigmentos vermelhos e pretos.	6	
03814	Cesto com base plana e abertura tipo tigela. Decoração criando um padrão de diamantes interconectados, com fibra contaminada, utilizando pigmentos vermelhos e pretos.	4	
03819	Cesto com base plana e abertura tipo tigela. Decoração criando uma seqüência de camelídeos estilizados, com fibra manchada, utilizando pigmentos vermelhos e pretos.	3	
19477	Cesta com base estreita e reforçada e abertura em forma de copo. Decoração concentrada perto da borda, criando um motivo geométrico, com fibra manchada, utilizando pigmento preto.	3	

V Escola de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio (V EARCAP)
II CONGRESSO BIENAL DA ANTECIPA (ANTECIPA-2020)
(Associação Nacional de Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Patrimônio)
16 e 20 de novembro de 2020, evento on-line, Brasil

03487	Cesto com base plana e abertura tipo tigela. Decoração criando padrões de diamantes interconectados, com fibra manchada, usando pigmentos vermelhos e pretos.	4	
03869	Cesto com base plana e abertura tipo vaso. Decoração baseada em painéis largos e coloridos, criando motivos zoomórficos complexos do estilo Tiwanaku, com fibra contaminada, usando pigmentos vermelhos, pretos e possivelmente amarelos.	4	

3. Resultados e discussão

Os elementos K, Ca, Ti, Mn, Fe, Zn e Sr foram identificados em todas as amostras e Cu e Pb foram encontrados nas amostras 19477 e 03896, respectivamente.

Os resultados indicaram que os pigmentos possuem composição orgânica visto que em diversas amostras não foi possível diferenciar espectros dos pigmentos dos espectros da matéria prima original dos cestos. As diferenças na composição devida aos elementos leves (e.g. C, N e O) pode ser avaliada por diferenças na intensidade dos picos de espalhamento elástico e inelástico (Van Grieken and Markowicz, 2002). É conhecido na literatura que os picos de espalhamento em espectros de EDXRF carregam informações da “parte escura” da amostra, ou seja, informações dos elementos que não possuem picos característicos. Devido a esta constatação, os elementos inorgânicos identificados foram atribuídos à madeira e à fibra da matéria prima original.

Todos os cestos foram doados ao MUSEF por colecionadores de antiguidades ou pelos próprios donos dos cestos. Estes cestos ficaram expostos a condições ambientais normais por décadas. Sendo que a contaminação por poluentes atmosféricos e por produtos de limpeza é uma possibilidade logicamente aceitável. Sendo assim, a presença de Pb e Cu pode ser atribuída a esta origem. O Pb é um dos compostos de combustível e está presente na poluição atmosférica dos grandes centros urbanos. O Cu pode estar associado à poluição atmosférica, visto que na cadeia de montanhas Andinas existem diversas mineradoras de Cu. O Cu também pode estar associado a produtos de limpeza e desinfecção.

A Figura 1 apresenta os dados de 2 amostras e exemplifica as análises que foram realizadas para todas as amostras.

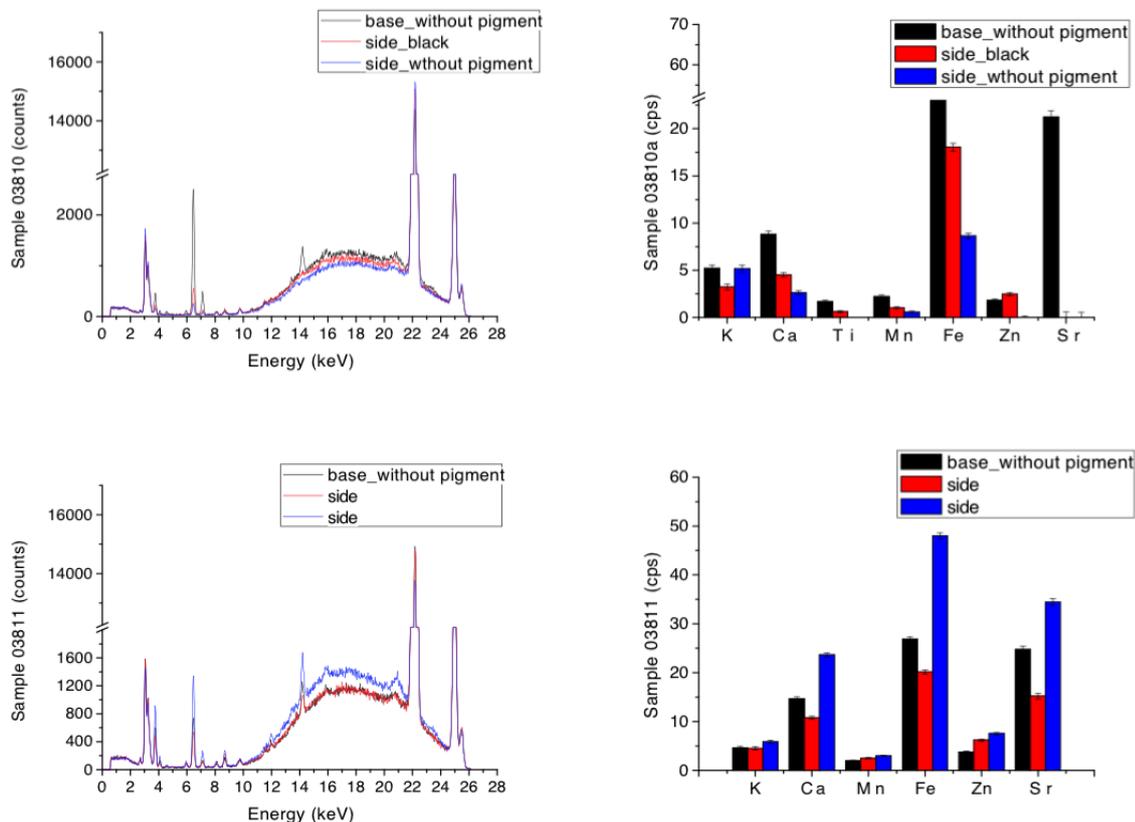


Figura 1: Comparação dos espectros e das áreas líquidas para as amostras 03810 e 03811. As barras de erro indicam o desvio padrão nas contagens líquidas.

Na medida realizada na base da amostra 03810 percebeu-se um aumento na intensidade dos picos de Ca, Fe e Sr comparados com as medidas do corpo do cesto. Contudo, não foi percebida nenhuma diferenciação entre regiões com pigmentos e sem pigmentos. Em um dos lados da amostra 03811 existe um aumento de Ca e Sr que pode estar associado ao uso do pigmento preto de osso. Além disso o aumento de Fe poderia estar relacionado com o uso de óxido de ferro preto.

4. Conclusões

Esta foi a primeira vez que os pigmentos de uma coleção de cestaria do MUSEF foram avaliados por métodos analíticos não destrutivos. A indicação da composição orgânica dos pigmentos relaciona as cestas com tecidos, do ponto de vista técnico. Desta forma as fibras vegetais teriam sido tingidas por imersão em tinturas orgânicas antes do processo de tecelagem. No entanto, diferentemente dos tecidos, os cestos foram construídos na forma de recipientes, imitando objetos cerâmicos.

Avaliando a composição inorgânica com base na intensidade dos picos foi possível diferenciar as amostras em dois grupos. Um deles é estilisticamente semelhante a artefatos do Horizonte Médio da bacia do Lago Titicaca (amostras 03810, 03812, 3869 e 19477). O outro grupo de cestos não recebeu nenhuma atribuição. Estabelecer uma diferenciação inicial entre os artefatos é importante do ponto de vista arqueológico. Eles podem estar relacionados com diferentes tradições regionais, especialmente quando comparados com a fabricação de objetos cerâmicos.

V Escola de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio (V EARCAP)
II CONGRESSO BIENAL DA ANTECIPA (ANTECIPA-2020)
(Associação Nacional de Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Patrimônio)
16 e 20 de novembro de 2020, evento on-line, Brasil

Agradecimentos

À diretora do MUSEF, Elvira Espejo Ayca, e ao apoio do CNPq – INCT 464898/2014-5.

Referências

ADOVASIO, J.M. **Basketry Technology**: a guide to identification and analysis. Walnut Creek (CA), Left Coast Press, 2010.

HURTADO, R. Informe final de consultoria. **Caracterización de fibras vegetales**. La Paz: Museo Nacional de Etnografía y Folklore, 2017.

GRIEKEN, R.V., MARKOWICZ, A. **Handbook of X-ray spectrometry**. New York: Marcel Dekker, 2002.

Arqueologia e cronologia, utilizando AMS, no vale do rio Cavernoso, centro-sul do Paraná, Brasil

Claudia I. Parellada^{1*}, Fábio Lopes^{2,3}, Corina Solis Rosales⁴, María Rodríguez Ceja⁴, Kita Macário³,
Carlos R. Appoloni², Luiz C. R. Pessenda⁵

¹*Museu Paranaense, Departamento de Arqueologia, Curitiba (Brasil)*

²*Universidade Estadual de Londrina, Laboratório de Física Nuclear Aplicada, Londrina (Brasil)*

³*Universidade Federal Fluminense, Laboratório de Radiocarbono, Niterói (Brasil)*

⁴*Universidad Nacional Autónoma de México, Laboratório de Espectrometria de Masas con
Aceleradores, Cidade do México (México)*

⁵*Universidade de São Paulo, CENA, Laboratório de C14, Piracicaba (Brasil)*

*cparellada34@gmail.com

Palavras-chave: Arqueologia do Paraná; Datação radiocarbônica; Datação AMS;
Cronologia; Vale do rio Cavernoso

1. Introdução

O Programa Arqueológico da Pequena Central Hidrelétrica Cavernoso II e linhas de transmissão associadas, nos municípios de Cândói e Virmond, Paraná, sul do Brasil, foi realizado entre 2011 e 2014. Com recursos da COPEL, e coordenação da arqueóloga Dra. Claudia Parellada, pelo Museu Paranaense e Lactec, foram 8 etapas de campo totalizando 60 dias com prospecções intensivas e escavações arqueológicas, além de ações de educação patrimonial, que ampliaram o conhecimento do passado na região (PARELLADA, 2014).

Buscou-se compreender aspectos relativos à cronologia, à organização espacial, à relação com o meio-ambiente e a paisagem, à dieta alimentar, à agricultura e as estratégias às mudanças ambientais e a chegada progressiva de povos com diversidade cultural. Entretanto, novas análises continuaram a ser desenvolvidas visando aprofundar as discussões arqueológicas. Foram pesquisados 9 sítios arqueológicos, ocorrendo desde vestígios de caçadores-coletores Umbu, que nas cercanias, no vale do Jordão, foram datados, no sítio Túnel UHE Fundão 3, em até 7791- 7967 cal AP (2σ , LACUFF 150055; PARELLADA, 2007, 2013), além de diversas ocupações datadas de ceramistas e agricultores Itararé-Taquara ou Jê meridionais, entre 895 - 1030 cal d.C. ou 1.055-920 cal AP (2σ , LEMA 1286) e idades modernas.

2. Metodologia: arqueologia e datação

Houve ampla análise bibliográfica, incluindo documentação imagética, enfatizando aspectos arqueológicos, etno-históricos e históricos da região, e a interpretação de imagens de satélite, como do Google Earth entre 2003 e 2014 e fotografias aéreas de 1980, do antigo Instituto de Terras, Cartografia e Florestas do Paraná. Caracterizaram-se anomalias de relevo, solo e vegetação, que ajudaram a identificar estruturas e sítios arqueológicos, e dinamizaram as atividades de campo. Houve prospecções e escavações, além de monitoramento nas áreas afetadas pela obra, inclusive da construção das 13 torres associadas à PCH Cavernoso, localizando 660 pontos através de coordenadas em UTM/ SAD 69/ Zona 22, e mapas de detalhe. Posteriormente, fez-se a indexação, organização e análises dos materiais recuperados, com ações de conservação preventiva. Realizaram-se atividades de educação patrimonial, como palestras em escolas e entrevistas com moradores locais, além da entrega de publicações para instituições dos municípios de Cândói e Virmond. Ainda foi documentada a coleção arqueológica do Colégio Estadual de Cachoeira, de Cândói, e elaboraram-se, com protocolo, as fichas modelo CNSA-IPHAN dos 9 sítios arqueológicos caracterizados.

As amostras de carvão foram coletadas seguindo os protocolos para datação por radiocarbono, sendo acondicionadas em embalagens, em polipropileno de baixa densidade, junto com sedimentos. Os carvões selecionados foram pré-tratados fisicamente para remover impurezas como raízes e sementes. No total, 15 amostras de carvão vegetal foram pré-tratadas no Laboratório de Radiocarbono da Universidade Federal Fluminense (LAC-UFF, MACARIO et al., 2013). Um tratamento ácido-base-ácido (ABA) foi usado a 90°C com 1M de ácido clorídrico (HCl) e 1M de hidróxido de sódio (NaOH). Amostras de carvão foram convertidas em CO₂ por combustão em tubos de quartzo selados, contendo óxido cúprico previamente aquecido (Fisher Scientific, compostos de carbono 0,0004%) e fio de prata (Aldrich ≥99,99% 0,5 mm de diâmetro), a 900 °C por 3 horas. Todas as amostras de gás foram criogenicamente purificadas por armadilhas de gelo seco/etanol em uma linha de preparação de amostras de aço inoxidável e mantidas sob vácuo a 1,0 mTorr. linha (MACARIO et al., 2015).

A grafitação foi realizada em tubos de vidro borossilicato, com 10–15 mg de hidreto de titânio; TiH₂ (Alfa Aesar 99%) e 30-35 mg de Zinco e um tubo Durham de 6 mm-OD, que fica dentro do tubo de reação maior, com 3-5mg de catalisador de pó de ferro em Pyrex® (Alfa Aesar -325 mesh, reduzido, 98%). Cada amostra foi dividida em uma linha de vácuo em dois tubos de grafitação. Os tubos contendo reagentes e amostras de gás foram aquecidos a 550°C por 7 horas. Depois, as amostras foram encaminhadas para análise e datação AMS no Laboratório de Espectrometria de Massa com Aceleradores da Universidade Nacional Autônoma de México (LEMA-UNAM, SOLIS et al., 2014, 2017). As amostras foram processadas no equipamento de grafitação automatizado AGEIII de *Ion Plus*, para transformar seu conteúdo de carbono em CO₂ e esse em grafite.

Realizou-se a análise do ¹⁴C, ¹³C e ¹²C do grafite obtido mediante espectrometria de massa com aceleradores. Usou-se um equipamento Tandetrón de *High Voltage Engineering Europa* (HVEE), com um acelerador de 1 MV de energia. A partir dos valores obtidos, calculou-se a Idade Radiocarbônica ou Convencional (¹⁴C), dada em anos antes do presente (AP), ou seja, antes de 1950 (STUIVER & POLACH, 1977). A Idade Radiocarbônica foi corrigida por fracionamento por δ¹³C a partir do quociente de ¹³C /¹²C na amostra. δ¹³C é um valor medido no grafite e poderia ter sofrido um fracionamento adicional. A Idade Radiocarbônica foi corrigida pelas variações do conteúdo de ¹⁴C na atmosfera, com o programa OxCal v4.2.4 (<https://c14.arch.ox.ac.uk/oxcal/OxCal.html>; RAMSEY & LEE, 2013), utilizando a curva de calibração *ShCal13* (HOGG et al, 2013). Obteve-se a Idade de calendário: anos antes de Cristo (a.C.) ou depois de Cristo (d.C.). Calcularam-se os intervalos mais prováveis, com os níveis de confiança de 68% (1σ) e de 95% (2σ). Para as amostras modernas, o valor da fração de carbono moderno (FM14C) obtido, foi corrigido pelas mudanças históricas do conteúdo de ¹⁴C na atmosfera, com o programa OxCal v4.2.4 (<https://c14.arch.ox.ac.uk/oxcal/OxCal.html>; RAMSEY & LEE, 2013), usando a curva de calibração Bomb 13 SH1 2 (HUA et al., 2013).

3. Resultados e discussão

No Programa Arqueológico da PCH Cavernoso II foram cadastrados 9 sítios Itararé-Taquara, alguns multicomponenciais, ver Tabela 1, sendo 3 com ocupações Umbu, mais antigas. Foram documentadas estruturas de aquecimento, habitação e sepultamentos, além de cerâmica, artefatos líticos, e vestígios orgânicos que ocorriam da superfície até 60cm, com matriz de sedimentos argilosos a siltoarenosos de cor marrom avermelhada a negra, com carvões e seixos associados, assentados sobre basaltos Lavas da Serra Geral. A maioria dos sítios estava parcialmente destruído por atividades antrópicas, como plantações, abertura de estradas e construções. Muitos deles tinham sido arados com maquinário várias vezes, o que provocou o revolvimento do solo, e camadas retrabalhadas geralmente até 20cm. Parte dos sítios insere-se

V Escola de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio (V EARCAP)
II CONGRESSO BIENAL DA ANTECIPA (ANTECIPA-2020)
(Associação Nacional de Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Patrimônio)
 16 e 20 de novembro de 2020, evento online, Brasil

em várzeas do rio Cavernoso, inundadas em períodos de chuvas concentradas, com transporte de sedimentos; esses episódios vêm diminuindo com as mudanças globais do clima, para mais quente e seco.

Tabela 1: Listagem de sítios arqueológicos caracterizados na PCH Cavernoso II, nos municípios paranaenses de Virmond e Cândói, Paraná.

Nº	SÍTIO ARQUEOLÓGICO	MUNICÍPIO PARANÁ	PONTO CENTRAL COORD. UTM/SAD69/ ZONA 22	DIMENSÕES (M)	TRADIÇÕES ARQUEOLÓGICAS
1	Mário Cocuginski I	Virmond	7.180.167 377.417	200x 150	Itararé-Taquara, Tupiguarani
2	Canal de Desvio PCH Cavernoso	Virmond	7.180.443 377.716	200x 100	Umbu, Itararé-Taquara
3	Paulo Svarcz	Virmond	7.180.168 376.837	120x 100	Umbu, Itararé-Taquara
4	Portão Acesso PCH Cavernoso	Virmond	7.180.786 377.618	120x 100	Umbu, Itararé-Taquara
5	Lagoa Bonita I	Virmond	7.178.767 375.398	150x 150	Itararé-Taquara
6	Ludovico Cocuginski	Virmond	7.181.064 378.596	100x 60	Itararé-Taquara
7	Pontal José Ossowski	Cândói	7.180.715 377.713	120x 100	Itararé-Taquara
8	Plantação José Ossowski	Cândói	7.180.924 379.180	150x 100	Itararé-Taquara
9	Celeiro Márcio Cocuginski	Cândói	7.179.998 378.337	100x 100	Itararé-Taquara

Os resultados para as idades radiocarbônicas e calibradas de 10 amostras analisadas estão apresentadas na tabela 2. Cinco amostras (LEMA 1282, LEMA 1283, LEMA 1288, LEMA 1289 e LEMA 1290) resultaram modernas e não constam da tabela 2. Adicionalmente, foram analisados padrões de idades conhecidas, para verificar a reprodutibilidade do LEMA.

Tabela 2: Datações AMS ^{14}C e intervalos calibrados em carvões de diferentes níveis e sítios arqueológicos na PCH Cavernoso II, nos municípios paranaenses de Virmond e Cândói, Paraná.

Lab ID	Sítio arqueológico, localização, nível estratigráfico	Idade ^{14}C anos (AP $\pm 1\sigma$)	Idade calibr., d.C., 1σ (68%)	Idade calibr., d.C., 2σ (95%)
LEMA 1278	Mário Cocuginski, perfil B397, 20 a 30cm	352 \pm 30	1507 - 1630	1490 - 1645
LEMA 1279	Mário Cocuginski, perfil B397, 20 a 30cm	181 \pm 30	1673 - ...	1667 - ...
LEMA 1280	Mário Cocuginski, perfil B393, 10 a 20cm	143 \pm 30	1697 - 1950	1682 - ...
LEMA 1281	Mário Cocuginski, perfil B393, 10 a 20cm	167 \pm 30	1680 - ...	1672 - ...
LEMA 1284	Mário Cocuginski, perfil B412, 15 a 25cm	54 \pm 30	1816 - 1922	1706 - 1944
LEMA 1285	Canal Desvio PCH Cavernoso, buraco estaca P345, 20 a 40cm	661 \pm 30	1313 - 1393	1298 - 1399
LEMA 1295	Canal Desvio PCH Cavernoso, fogueira P330, 20 a 30cm	715 \pm 30	1289 - 1381	1277 - 1390
LEMA 1286	Canal Desvio PCH Cavernoso, fogueira P346, 40 a 50cm	1099 \pm 30	980 - 1023	895 - 1030
LEMA 1291	Pontal José Ossowski, fogueira, Quadra A, 30cm	447 \pm 30	1446 - 1495	1434 - 1620
LEMA 1292	Pontal José Ossowski, fogueira, Quadra A, 35 a 40cm	383 \pm 30	1483 - 1623	1462 - 1628

As datações estão relacionadas a 3 diferentes sítios Itararé-Taquara, próximos entre si, onde ocorreram ocupações sequenciais. O sítio Mário Cocuginski, o maior e mais afastado do rio Cavernoso, apresenta datações entre 1490 – 1645 cal d.C. (2σ , LEMA 1278) e idades modernas, com 3 níveis de ocupação por ceramistas identificados na estratigrafia, compatível com as datações por AMS. No nível mais recente, existe rara cerâmica Guarani associada a Itararé-Taquara, o que caracteriza provavelmente contato interétnico.

No sítio Canal de Desvio PCH Cavernoso, situado nas margens do rio Cavernoso, em base de vertente, foram identificados 3 níveis, sendo o mais antigo por caçadores-coletores Umbu, ainda não datado, e duas ocupações por ceramistas e agricultores Itararé-Taquara. Aqui se caracterizou o mais antigo dos 3 sítios Itararé-Taquara, em estrutura de fogueira, entre 40 e 50cm, datada em 895 - 1030 cal d.C. (2σ , LEMA 1286). O nível mais recente, relacionado à estaca carbonizada, entre 20 e 40cm, foi datado em 1298 – 1399 cal d.C. (2σ , LEMA 1285), e na estrutura de fogueira, entre 20 a 30cm, em 1277 - 1390 cal d.C. (2σ , LEMA 1295).

O sítio Pontal José Ossowski, situado em área susceptível a inundações, e muito impactado por atividades agrícolas, apresentava um nível Itararé-Taquara, sendo datada fogueira, em estrutura de cremação associada, na quadra A, a 30cm de profundidade, em 1434 – 1620 cal d.C. (2σ , LEMA 1285), e na mesma fogueira, entre 35 e 40cm, em 1462 – 1628 cal d.C. (2σ , LEMA 1295). Um pequeno monólito triangular foi identificado na parte oeste do sítio.

Existe compatibilidade das datações com o histórico de ocupação da região, pois em áreas próximas existem Terras Indígenas Kaingang, da família linguística Jê, e documentos textuais evidenciam a dispersão dessas populações, nos séculos XVI e XVII, devido a entrada de conquistadores europeus, e no final do século XIX imigrantes europeus acabam se estabelecendo com projetos governamentais de colonização agrícola (NASCIMENTO, 1886; BORBA, 1908; CHMYZ, 1981; PARELLADA, 2014, 2016).

4. Conclusões

O vale do rio Cavernoso apresenta muitos sítios arqueológicos multicomponenciais, com reocupações frequentes. A datação radiocarbônica por AMS mostrou ser eficaz, mesmo em condições adversas, em sítios arqueológicos muito impactados por ações antrópicas, com plantações agrícolas sucessivas e uso de maquinário, e alvo de queimadas intensivas. Com camadas retrabalhadas, relativas aos séculos XX e XXI em alguns sítios, aconteceram dificuldades para coletar amostras de carvão e fazer a análise estratigráfica, provocando uma ampliação na documentação geomorfológica e sedimentar.

As possibilidades de reanálises dos vestígios materiais balizados pelos resultados das datações trazem novas perspectivas para o estudo e a cronologia de sítios arqueológicos com aparente estado ruim de conservação, mas com evidências relevantes a nível regional.

A presença efetiva de povos Jê meridionais no vale do Cavernoso pode ser observada através das pesquisas arqueológicas com a cronologia desvelada pelas datações, inclusive em períodos históricos, ampliando a compreensão de como essas paisagens foram apropriadas e manejadas ao longo do tempo, e como ocorreram os processos e transformações ambientais.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela bolsa de pós-doutorado para Fabio Lopes (150493/2015-0) e de produtividade para Kita Macario (305079/2014-0). Agradecemos o IPHAN pela permissão de pesquisa, bem como a Copel e o Lactec pelos recursos e infraestrutura, além do Museu Paranaense, e a toda a equipe que participou do Programa Arqueológico.

Referências

- BORBA, T. **Actualidade indígena**. Curitiba: Imprensa Paranaense, 1908.
- CHMYZ, I. **Relatório das pesquisas arqueológicas realizadas na área da Usina Hidrelétrica de Salto Santiago (1979-80)**. Curitiba: ELETROSUL/ IPHAN, 1981.
- HOGG, A. et al. Shcal13 Southern Hemisphere Calibration, 0–50,000 Years Cal BP. **Radiocarbon**, v.55, n.4, p 1889–1903, 2013.
- HUA, Q., BARBETTI, M., RAKOWSKI, A. Atmospheric radiocarbon for the period 1950–2010. **Radiocarbon**, v.55, n.4, p 2059– 2072, 2013.
- MACARIO, K.D. et al. The Brazilian AMS Radiocarbon Laboratory (LAC-UFF) and the intercomparison of results with CENA and UGAMS. **Radiocarbon**, v. 55, p. 325- 330, 2013.
- MACARIO, K.D. et al. Advances in the graphitization protocol at the Radiocarbon Laboratory of the Universidade Federal Fluminense (LAC-UFF) in Brazil. **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research**, v.361, p. 402- 405, 2015.
- NASCIMENTO, J.F.T. Viagem feita por José Francisco Thomaz do Nascimento pelos desconhecidos sertões de Guarapuava, Província do Paraná, e relações que teve com os índios Coroados mais bravios daquelles lugares. **Revista Trimensal Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro**, Rio de Janeiro, t. XLIX, v. 2, p.267-281, 1886.
- PARELLADA, C.I. **Relatório final de atividades do programa de resgate arqueológico das UHE's Santa Clara e Fundão, rio Jordão, Paraná**. Curitiba: Museu Paranaense, 2007.
- PARELLADA, C.I. Arqueologia do vale do rio Piquiri, Paraná: paisagens, memórias e transformações. **Memorare**, Tubarão, v.1, n.1, p.24-42, 2013.
- PARELLADA, C.I. **Relatório final do programa arqueológico e de educação patrimonial da PCH Cavernoso II, vale do rio Cavernoso, Paraná**. Curitiba: Museu Paranaense, 2014.
- PARELLADA, C.I. Paisagens transformadas: a arqueologia de povos Jê no Paraná, sul do Brasil. **Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia**, São Paulo, v.27, p.158-167, 2016.
- RAMSEY, C.B.; LEE, S. Recent and Planned Developments of the Program OxCal. **Radiocarbon**, 55(2-3), 720-730, 2013.
- SOLIS, C. et al. A new AMS facility in Mexico. **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research**, v.331, p.233- 237, 2014.
- SOLIS, C. et al. AMS 14C Dating of bones from archaeological sites in Mexico. **Radiocarbon**, v. 59, b.6, p. 1945-1954, 2017.
- STUIVER, M.; POLACH, H.A. Discussion: reporting of 14C data. **Radiocarbon**, v.19; p. 355- 363, 1977.

Confirmação de elementos não originais por meio da caracterização da paleta do Livro de Horas CF-50,1,1 da Biblioteca Nacional

Isamara Lara de Carvalho^{1*}, Renato Pereira de Freitas², Hiram da Costa Araújo Filho², Ana Luísa de Queiroz Baddini², Letícia Silva de Paula², Ana Letícia Castro de Oliveira³, Luisa Malizia Alves⁴

¹ Laboratório de Restauração, Fundação Biblioteca Nacional, Rio de Janeiro (Brasil)

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (Brasil)

³ Programa de Pós-Graduação em Física, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (Brasil)

⁴ Escola de Belas Artes, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (Brasil)

*isamaralcarvalho@gmail.com

Palavras-chave: Análises não-invasivas; Caracterização de pigmentos; Autenticidade; Manuscritos iluminados; Livro de horas.

1. Introdução

Este trabalho é um resumo de parte da primeira fase de um projeto de pesquisa interdisciplinar em andamento na Biblioteca Nacional, iniciado em 2019¹. O projeto constitui-se no estudo de caracterização material de um livro de horas, isto é, um livro de orações cuja parte principal são as Horas da Virgem – daí sua denominação – feito para os leigos no período final da Idade Média (séc. XIII-XV). A Biblioteca Nacional brasileira possui uma pequena coleção desses manuscritos iluminados, entre os quais o luxuoso CF-50,01,001², conhecido como o “Livro de Horas de D. Fernando”. Proveniente da Real Biblioteca de Portugal, por longo tempo se acreditou ter sido iluminado pelo artista italiano Spinello Spinelli para o Rei D. Fernando I de Portugal (1345-1383) no ano de 1378, devido às informações do seu colofão, que segue o texto final no fôlio 199v: escrito em latim, em letras góticas em tom de vermelho carmim³ e ornado por uma inicial e um fim-de-linha iluminados (Figura 1). Além disso, há um brasão da coroa portuguesa no fôlio de abertura (1v), que contém uma iluminura de página inteira do Martírio de São Sebastião (Figura 2). No entanto, análises formais, estilísticas e textuais afastam essa hipótese, gerando questões de autenticidade, destinatário e percurso do códice (BERGE, 1945, p. 92-99; BERGE, 1976, f. 421-478; MARROW, 2002, p. 882-883; FRÓES, 2011, p. 94-96, 100-113). Segundo Marrow (2002), este é um exemplar de ca. 1460 ao uso de Sarum e pertence a um subgrupo raro de livros de horas flamengos produzidos para uso na Inglaterra no terceiro quarto do século XV. O códice possui 200 fôlios em pergaminho de 242 × 173 mm e contém grande número de iluminuras, sendo 24 de página inteira e oito de meia página, além de inúmeras capitais historiadas e ornamentadas e outros elementos decorativos.

¹ “Questões sobre o Livro de Horas dito de D. Fernando – estudo interdisciplinar sobre um códice iluminado da Biblioteca Nacional do Rio de Janeiro”, comunicação apresentada na V Conferência Internacional *Medieval Europe in Motion* (Batalha, Portugal, 6 a 9 de novembro de 2019) e em fase de publicação nos anais do evento.

² Código da sua Localização na Seção de Manuscritos.

³ O uso do termo carmim neste trabalho não está associado ao corante carmim, obtido da cochonilha mexicana, mas a tons de vermelho azulados, por vezes referidos como carmesins.



Figura 1: a) fólio 199v com o final do texto original e o colofão em tinta vermelha, com a inicial iluminada “I” marcada em amarelo e ampliada na fig. 2b.

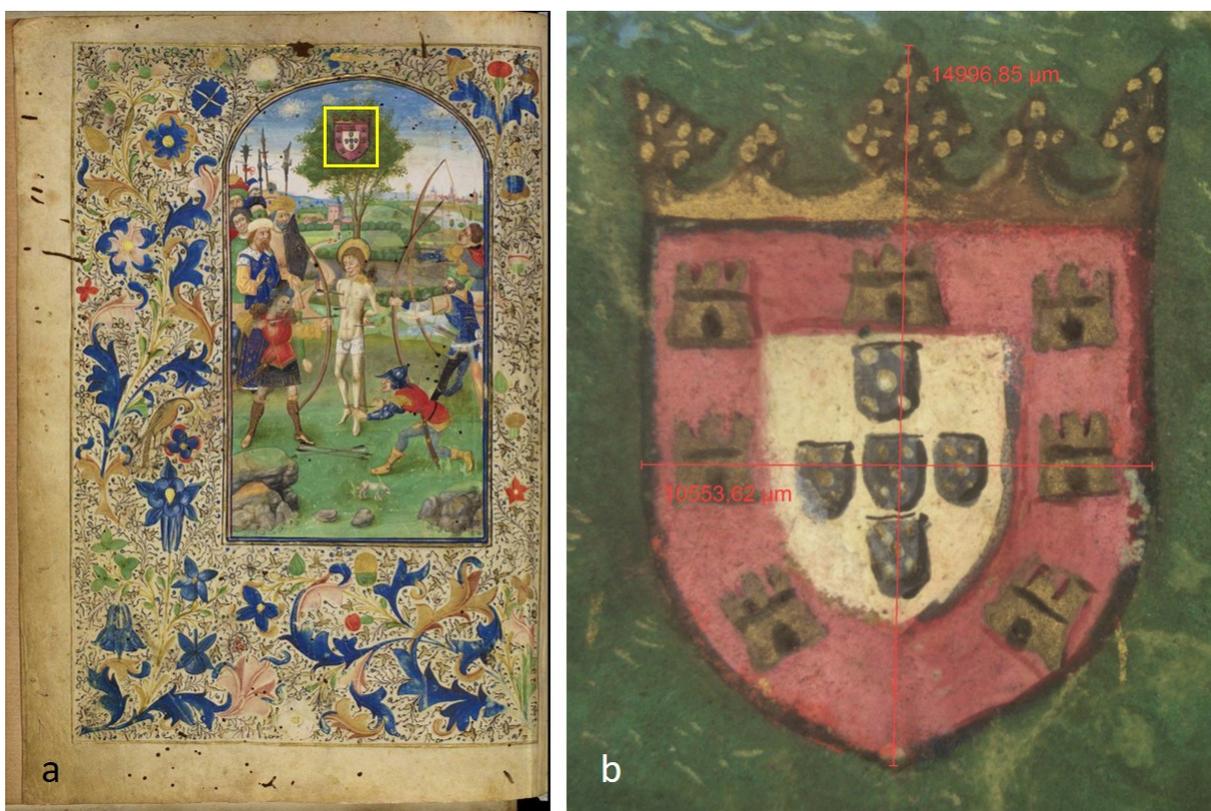


Figura 2: a) fólio 1v com a iluminura do Martírio de São Sebastião e o brasão de Portugal, marcado em amarelo e ampliado na fig. 1b, com marcações das dimensões em μm , equivalentes a aprox. 15 x 10,5 mm (A x L).

2. Metodologia

Para contribuir na solução das questões levantadas pelos estudiosos desse livro de horas, foi proposto um estudo de caracterização material por meio de análises não-invasivas *in situ* e de acordo com protocolos já estabelecidos, como o recomendado por ACETO et al. (2012). Na

primeira fase do projeto, foram utilizadas as técnicas de microscopia óptica (MO), fluorescência de raios X (XRF), espectroscopia de refletância por fibra óptica no visível (FORS) e análise de dados de FORS por quimiometria (Análise de Componentes Principais – PCA). As análises foram realizadas em colaboração com o Laboratório de Instrumentação e Simulação Computacional (LISComp) do campus Paracambi e com o Laboratório de Análise Instrumental do campus Rio de Janeiro, ambos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), aos quais pertencem os equipamentos utilizados: estereomicroscópio *Olympus SZX16*; espectrômetro portátil *Bruker Tracer IV-SD*; espectrômetro de refletância no visível *Ocean Optics USB 4000*, que foram transportados ao Laboratório de Restauração da Biblioteca Nacional. Foram selecionados entre 14 e 22 fólios representativos das diversas cores e materiais aplicados no manuscrito, entre os quais os fólios que contêm os elementos-chave das questões dos historiadores (1v e 199v) – e analisados entre 176 e 190 pontos. A análise prévia do pergaminho por XRF foi descontada na interpretação dos resultados da análise da camada pictórica. Apresentamos, assim, a caracterização da paleta de colorantes (pigmentos e corantes) do manuscrito iluminado.

3. Resultados e discussão

A análise dos resultados obtidos na primeira fase com o conjunto das técnicas utilizadas permitiu identificar cerca de 60% da paleta de pigmentos empregados no manuscrito, além de dar indicações de outros 30%. No corpo original, foram identificados os seguintes pigmentos e corantes (ver Tabela 1): branco de chumbo, azurita, vermelhão, minio, amarelo de chumbo e estanho, ouro e prata, além de tintas ferrogálicas com diferentes proporções de Fe, Cu e Zn e preparação à base de cálcio; outros colorantes, como a malaquita, o índigo e a laca de pau-brasil, foram apenas indicados por essas técnicas, mas são altamente prováveis devido ao conhecimento já obtido sobre as paletas medievais utilizadas no século XV (RICCIARDI; BEERS, 2016, p. 27-39). Já nas partes consideradas adições posteriores, além do branco de chumbo, foram identificados materiais e técnicas diferentes, como o douramento com preparação de bolo armênio – identificado pela presença de Fe e pela cor de terra vermelha; o carmim obtido a partir de um corante diferente do pau-brasil – possivelmente a garança, de acordo com a comparação do espectro de FORS com dados da literatura (ACETO, 2014, p. 1491); e o azul de lápis-lazúli – identificado pelo espectro de FORS e corroborado pela análise de PCA, em que as amostras do f. 199v formaram um agrupamento diferente dos demais azuis do corpo original (**Figura 3**). Por fim, alguns pigmentos, corantes, ligantes e aditivos – como o amarelo massicote – ainda deverão ser confirmados ou identificados com novas análises e técnicas adicionais, como FTIR e macro XRF, nas próximas fases do projeto.

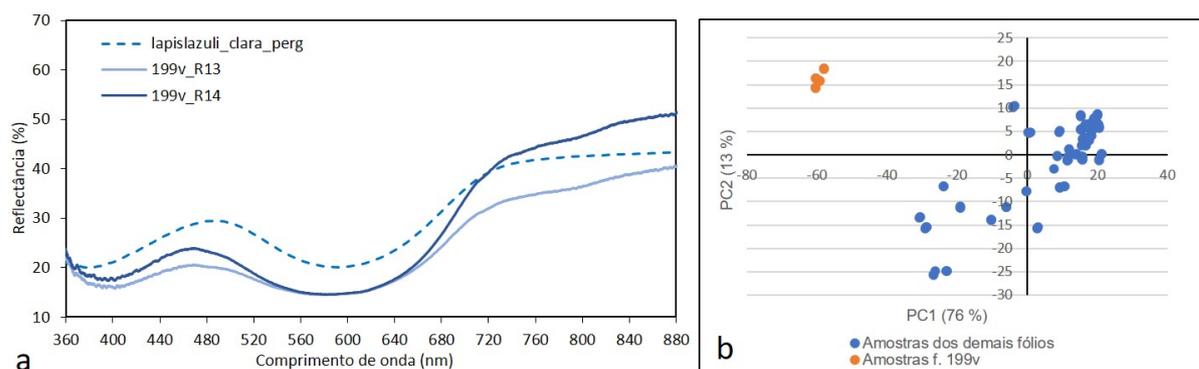


Figura 3: a) espectros de FORS de dois pontos do azul do f. 199v em comparação com uma referência de lápis-lazúli; b) gráfico de escores de PC2xPC1 da análise dos dados de FORS de todos os azuis, revelando a formação de um grupo diferenciado.

V Escola de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio (V EARCAP)
II CONGRESSO BIENAL DA ANTECIPA (ANTECIPA-2020)
(Associação Nacional de Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Patrimônio)
 16 e 20 de novembro de 2020, evento on-line, Brasil

Tabela 1: paleta de cores e pigmentos e materiais identificados e a confirmar no corpo original e acréscimos do Livro de Horas CF-50,1,1

Cor / material	Categoria / tonalidade	Presente no Corpo Original (CO) / Acréscimos (A)	Pigmento / corante / material	Substância colorante / fórmula
Tintas de escrita	Castanha clara, escura e preta	CO	Tinta ferrogálica	Sulfato de ferro: Fe_2SO_4 + Cu, Zn etc.
	Rosa e carmim	CO	Laca org. de pau-brasil + branco de chumbo	Brasileína
	Carmim	A (199v)	Laca orgânica (garança?)	Alizarina e purpurina
Branco	Inorgânico	CO / A (1v e 199v)	Branco de chumbo	Carbonato básico de Pb: $(PbCO_3)_2 \cdot Pb(OH)_2$
Vermelho	Inorgânico	CO	Vermelhão (+ mínio)	Sulfeto de mercúrio: HgS
	orgânicos (rosas e carmins)	CO	Laca orgânica: pau-brasil	Brasileína
		A (199v e 1v?)	Laca orgânica (garança?)	Alizarina e purpurina
Laranja	Inorgânico	CO	Mínio	Tetróxido de chumbo: Pb_3O_4
Amarelo	Inorgânico	CO	Amarelo de chumbo-estanho (I)	Óxido de chumbo e estanho: Pb_2SnO_4
		CO	Massicote?	Óxido de chumbo: PbO
Dourado	Brunido	CO / A (199v)	Ouro em folha	Au
	Fosco	CO / A (1v)	Ouro em pó (ouro de concha)	Au
Preparação	à base de cálcio	CO	Gesso ou calcita	Sulfato de cálcio ou carbonato de cálcio: $CaSO_4$ / $CaCO_3$
	à base de ferro	A (199v)	Bolo armênio	Óxido de ferro
Verde	Inorgânico	CO	Malaquita	$Cu_2CO_3(OH)_2$
Azul	Inorgânico	CO	Azurita	$Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$
		A (199v e 1v?)	Lápis-lazúli / azul ultramarino	Lazurita $(Na,Ca)_8[(S,Cl,SO_4,OH)_2]$ $[(Al_6Si_6O_{24})]$
	Orgânico	CO	Índigo?	
Prata		CO	Prata de concha (oxidada)	Prata metálica: Ag / sulfeto de prata: Ag_2S

4. Conclusões

A paleta do corpo original, ainda que não identificada na sua totalidade e apesar da ausência do valioso pigmento lápis-lazúli, revela uma variedade de pigmentos e materiais compatíveis com a paleta utilizada na arte da iluminura durante o século XV. Já a paleta identificada nos fólios 1v e 199v (brasão e colofão), embora também compatíveis com o período, revelam o uso de pigmentos e técnicas diferentes: o corante vermelho utilizado tanto na escrita quanto na tinta de cor rosa provém de outra espécie vegetal (provavelmente a garança em lugar do pau-brasil), assim como o azul e o fundo de preparação da folha de ouro dos elementos decorativos provém de outros minerais (lápis-lazúli e bolo armênio, em vez de azurita e gesso ou calcita). Portanto, foi possível confirmar que o colofão e o brasão são adições posteriores à produção do manuscrito, corroborando os estudos de história da arte sobre a inautenticidade desses elementos.

Agradecimentos

A Luciane Medeiros, chefe da Seção de Manuscritos e Jandira Flaeschen, chefe do Laboratório de Restauração, pelo apoio e colaboração; a Jayme Spinelli Jr, coordenador de Preservação, que viabilizou a realização do projeto através da celebração do Acordo de Cooperação Técnica entre o IFRJ e a Fundação Biblioteca Nacional.

Referências

ACETO, Maurizio et al. Non invasive analysis of miniature paintings: proposal for an analytical protocol. **Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, v. 91, p. 352–359, 2012.

ACETO, Maurizio et al. Characterisation of colourants on illuminated manuscripts by portable fibre optic UV-visible-NIR reflectance spectrophotometry. **Analytical Methods**, v. 6, n. 5, p. 1488–1500, 2014.

BERGE, Damião. Um Livro de Horas do século XIV na Biblioteca Nacional. **Verbum**, Rio de Janeiro, t. 2, n. 1, p. 49-99, 1945.

BERGE, Damião. **Livros de Horas manuscritos iluminados da Biblioteca Nacional do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: [s.n.], 1976. [609] f. Orig.

FRÓES, Vânia Leite. O livro de horas dito de D. Fernando – Maravilha para ver e rezar. **Anais da Biblioteca Nacional**, Rio de Janeiro, Fundação Biblioteca Nacional, v. 129 (2009), p. 85-135, 2011.

MARROW, James H. The Pembroke Psalter Hours. In: CARDON, Bert; VAN DER STOCK, Jan; VANWIJNSBERGHE, Dominique (Ed.). “**Als ich kan**”: liber amicorum in memory of professor Dr. Maurits Smeyers. Louvain: Peeters, 2002. p. 882-883.

RICCIARDI, Paola; BEERS, Kristine Rose. The Illuminator’s Palette. In: PANAYOTOVA, Stella; JACKSON, Deirdre; RICCIARDI, Paola (Ed.). **Colour: the art and science of illuminated manuscripts**. Londres: Harvey Miller Publishers, 2016.

Espectrometria de raios gama na caracterização de cerâmicas arqueológicas sem controle estrito da geometria de medida

Duvan Gil Rodriguez^{1*}, Rodrigo Oliveira Bastos¹, Renato Akio Ikeoka¹, Carlos Roberto Apoloni², Arkley M. Bandeira³

¹Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava (Brasil)

²Universidade Estadual de Londrina, Londrina (Brasil)

³Universidade Federal do Maranhão, Campus de Pinheiro, Pinheiro (Brasil)

*dgilr1@unicartagena.edu.co

Palavras-chave: Arqueometria; Cerâmicas arqueológicas; Espectrometria de raios gama (GRS); Geometria de medida; Razão de radionuclídeos; Th/U; Th/K; K/U.

1. Introdução

A espectrometria de raios gama (GRS) é uma técnica analítica nuclear que não tem sido usualmente empregada em arqueometria, pois na maior parte das aplicações é importante o controle da geometria de medida, o que é menos trivial de se conseguir com amostras arqueológicas. Apesar disso, a técnica empregada sem controle estrito da geometria pode revelar algumas características interessantes das amostras (RODRIGUEZ et al., 2020, p.2). Este estudo visa contribuir com a inserção da técnica de GRS na arqueometria, apresentando dois métodos de análise espectral para a determinação das razões absolutas entre concentrações dos radioelementos eTh (ppm), eU (ppm) e K (%) em cerâmicas arqueológicas sem controle estrito de geometria. A validação dos métodos foi realizada comparando resultados para amostras de cerâmicas comerciais com e sem controle da geometria. No estudo foram caracterizadas 14 amostras de cerâmicas de três sítios arqueológicos localizados no estado do Maranhão: Sambaqui do Bacanga com cinco amostras, localizado no município de São Luís; Sambaqui Panaquatira, cinco amostras, localizado no município de São José de Ribamar; e o sítio arqueológico Rabo de Porco no município de Bacabeira, com quatro amostras (RODRÍGUEZ, 2020, p.37).

2. Metodologia

2.1 Preparações das amostras



Figura 1: Esquema representativo da preparação das amostras dos vasos cerâmicos comerciais para testar os métodos a ser medido por GRS.

As 14 amostras de cerâmicas dos três sítios arqueológicos foram embaladas e medidas após 30 dias da mesma maneira que as amostras dos três vasos de cerâmicas comerciais como o ilustra a **Figura 1**.

V Escola de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio (V EARCAP)
II CONGRESSO BIENAL DA ANTECIPA (ANTECIPA-2020)
(Associação Nacional de Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Patrimônio)

16 e 20 de novembro de 2020, evento on-line, Brasil

2.2 Equipamento: As análises foram realizadas utilizando um espectrômetro gama modelo Gamma Rad da Amptek, com detector cintilador de NaI (TI), com dimensões de 76 mm de diâmetro e 152 mm de altura, acoplado a uma fotomultiplicadora e processador de pulso digital (DP4 – Amptek). A blindagem utilizada é de 8 cm de chumbo, instalado no laboratório de aplicações nucleares de departamento de física (DEFIS) da UNICENTRO campus CEDETEG.

2.3 Métodos de análise de dados: Neste trabalho foram testados dois procedimentos com o intuito de estimar as razões das concentrações elementares entre eTh/K, eTh/U e K/eU de amostras de cerâmicas sem o controle estrito da geometria de medida. O primeiro deles segue o procedimento padrão sugerido pela IAEA para medidas das concentrações elementares, e depois simplesmente calcula as razões elementares (**Método 1**) (IAEA-TECDOC-1363, 2003, p.34). No **Método 2** utiliza-se as razões de áreas líquidas de picos, correspondentes a raios gama emitidos por núclídeos da mesma série radioativa presente na amostra, para calcular um fator de correção geométrico para a estimativa das razões de concentração elementares. Logo foi utilizada a **Equação 1** para determinar as razões entre núclídeos de diferentes series (GONSALVES, 2011, p.22).

$$\frac{A_1}{A_2} = \left(\frac{C_{(1)}}{C_{(2)}} \right) * \left(\frac{P_{\gamma(2)}}{P_{\gamma(1)}} \right) * a * \left(\frac{E_2}{E_1} \right)^b$$

Onde: A_1/A_2 correspondem à razão de atividades dos núclídeos, C_1 e C_2 às contagens obtidas nos picos de energias E_1 e E_2 , os $P_{\gamma 1}$ e $P_{\gamma 2}$ são as probabilidades de emissão gama de cada núclídeo, E_1 e E_2 correspondem às energias em keV dos núclídeos, a e b são os coeficientes linear e angular calculadas para cada amostra.

3. Resultados e discussão

3.1 Resultados determinados pelo método 1: Para estes testes foram utilizados três vasos de cerâmica comerciais, os vasos 1 e 2 são de origem brasileira e o terceiro de origem colombiano. As amostras V1 pertencem ao vaso 1, as amostras V2 correspondem ao vaso 2 e as amostras V3 correspondem ao vaso 3. As letras M1, M2 e CP correspondem a amostra de caco grande, caco pequeno e a amostra de caixa Petri, respectivamente. Para cada uma das 9 amostras foram calculadas as concentrações equivalentes em ppm utilizando raios gama de três radionúclídeos da série do ^{232}Th (^{208}Tl energia de 2615 keV, ^{228}Ac energia de 940 keV, e ^{212}Pb energia de 238 keV) e três da série do ^{238}U (^{214}Bi energia de 1764 keV, ^{214}Bi energia de 609 keV e ^{214}Pb energia de 351 keV). O procedimento descrito para o método 1 foi efetuado para todos os trios combinados de energias possíveis (uma energia de núclídeo da série do ^{238}U , uma energia da série do ^{232}Th , e a energia do ^{40}K). Depois disso foi efetuado o cálculo das razões de concentrações de Th/U, Th/K e K/U, para cada uma das amostras (RODRÍGUEZ, 2020, p. 49).

3.1.1 Testes estatísticos: Todos os dados para as três razões das concentrações determinados para os três vasos, foram testados com o teste de normalidade Shapiro Wilks. De acordo aos resultados todos os dados apresentam normalidades dentro de um nível de significância de 95% de confiança. Depois de conhecer que nossos dados são normais, foi aplicado o teste T pareado para verificar se existia diferença significativa entre os resultados obtidos para as amostras padrão de cada vaso (V_x ($x=1, 2$ e 3) - CP) e as amostras dos cacos com geometrias irregulares. No nosso caso, testou-se as diferenças das razões das concentrações elementares de Th, U e K estimadas através da medida de núclídeos das séries do ^{232}Th ($^{208}\text{Tl} = 2615$, $^{228}\text{Ac} = 940$ e $^{212}\text{Pb} = 238$) e do ^{238}U ($^{214}\text{Bi} = 1764$, $^{214}\text{Bi} = 609$ e $^{214}\text{Pb} = 351$) e o isótopo ^{40}K em amostras de vasos de cerâmicas com diferentes geometrias dentro de um intervalo de confiança de 95%. Com este

V Escola de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio (V EARCAP)
II CONGRESSO BIENAL DA ANTECIPA (ANTECIPA-2020)
(Associação Nacional de Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Patrimônio)
 16 e 20 de novembro de 2020, evento on-line, Brasil

procedimento procuramos identificar a efetividade do método empregado. Os resultados dos testes T pareados mostrarão que não existe diferença significativa entre os valores determinados para as razões Th/U, Th/K e K/U das amostras de cerâmicas preparadas com geometria padrão e as amostras com geometrias irregulares. Os resultados para as três razões do método 1 mostram médias, mediana e desvios semelhantes (RODRÍGUEZ, 2020, p.50).

3.2 Resultados determinados pelo método 2: Para a determinação dos resultados pelo método 2, foi necessário calcular a constante b para cada espectro como indica a metodologia. Para a plotagem dos gráficos foram utilizados 4 pontos, dois da série de urânio e dois da série de tório. Na Tabela 1 são mostrados os resultados da constante a e b e seus erros associados obtidos para cada amostra. Logo, utilizou-se a Equação 1 no cálculo das razões de atividades, Th/U, Th/K e K/U, das amostras dos vasos de cerâmicas. As razões de atividades determinadas foram convertidas em razões de concentração (RODRÍGUEZ, 2020, p.53).

Tabela 1: Valores dos coeficientes angulares e lineares, bem como seus erros, dos dados da amostra de vasos de cerâmica utilizados no cálculo da razão de atividade.

Amostras	b	Erro associado	a	Erro associado	r
V1-M1	-0,69	0,07	-0,09	0,10	0,98
V1-M2	-0,93	0,09	0,01	0,13	0,98
V1-CP	-0,94	0,09	-0,17	0,13	0,98
V2-M1	-0,59	0,05	-0,22	0,07	0,99
V2-M2	-0,76	0,11	0,11	0,15	0,96
V2-CP	-0,78	0,13	-0,08	0,19	0,95
V3-M1	-0,80	0,08	-0,11	0,11	0,98
V3-M2	-0,84	0,11	-0,07	0,15	0,97
V3-CP	-0,91	0,06	-0,14	0,09	0,99

3.2.1 Testes estatísticos: Os resultados obtidos pelo método 2 foram tratados da mesma maneira que as razões das concentrações obtidas pelo método 1. Foi comprovada a homogeneidade dos resultados em um intervalo de 95% de confiança aplicando-se o teste de normalidade (Shapiro-Wilks). Além disso, também foram testadas as similitudes e diferenças entre as médias das amostras padrões com das amostras com geometrias irregulares, aplicando o teste T pareado.

O teste T pareado, mostrou que não existem diferenças significativas entre as médias das amostras padrões e as amostras com geometrias irregulares das razões Th/U, Th/K e K/U dos três vasos em um nível de confiança de 95% para os resultados do método 2. Os resultados das três razões obtidos pelo método 2 para os três vasos apresentam consistência em seus médias, desvios e medianas (RODRÍGUEZ, 2020, p.54).

3.3 Comparação dos dois métodos: Os resultados das razões das amostras padrões obtidos pelos dois métodos foram comparados entre si. Como sabia-se a homogeneidade dos dados, foram aplicados teste T, para corroborar similitudes ou diferenças entre as médias das mesmas amostras medidas por métodos diferentes. Nesta comparação as medidas feitas pelo método 1 foram identificadas com o número 1 (Ex: Vx-CP1) e as medidas feitas com o método 2, foram identificadas pelo número 2 (Ex: Vx-CP2) (RODRÍGUEZ, 2020, p.56).

Os resultados dos testes T para as três razões Th/U, Th/K e K/U mostram que existe semelhança significativa entre as duas médias em um intervalo de 95% de confiança para as amostras padrões dos três vasos (Figura 2). Estes resultados indicam as grandes possibilidades que os brinda a técnica GRS no análise de cerâmicas arqueológicas sem o controle estrito da geometria de medida. Logo de conhecer os resultados dos testes de GRS com as cerâmicas de vasos

comerciais, os dois métodos testados, foram aplicados as 14 amostras de cerâmicas arqueológicas dos três sítios arqueológicos do estado do maranhão (RODRÍGUEZ, 2020, p.56).

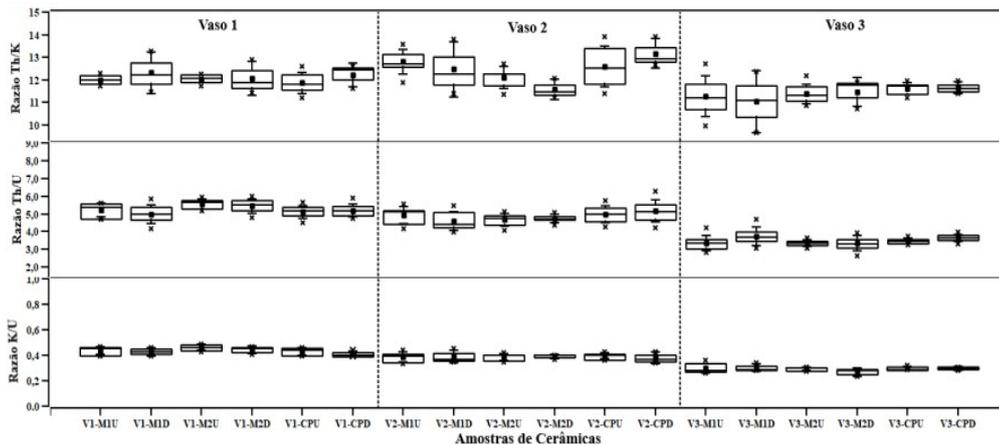


Figura 2: Gráfico comparativo dos dois métodos. No gráfico o retângulo mostra o segundo e terceiro quartil, a linha que divide o retângulo é a mediana, os quadradinhos do centro é a média, as cruces em diagonal representam os valores máximos e mínimos e os bigodes são as linhas horizontais que mostram um desvio padrão.

3.5 Amostras de cerâmicas arqueológicas: As amostras de cerâmicas arqueológicas foram caracterizadas usando os dois métodos estudados. Como pode-se observar na (Figura 3), os resultados das razões Th/U das amostras arqueológicas apresentam semelhanças nos valores de média e desvios padrões, por embaixo de 10% (IAEA-TRS 416, 2003, p.27). Com a exceção de uma amostra (08) do sítio arqueológico rabo de porco e três amostras de sambaqui de Bacanga (17, 19 e 23), que apresentaram erros relativos superiores a 10%. A média do erro relativo para o método 1 na razão Th/U é de 2% com valor mínimo de 0,4% e máximo de 7,5%. Para o método 2, a média do erro relativo é de 11% com um valor mínimo de 3% e máximo de 36%. Para os resultados da razão Th/K a média dos erros relativos foram de 2% e 7% para o método 1 e método 2 respectivamente. As amostras 08, 17 e 23 mostraram erros relativos maiores que os recomendados pela (IAEA-TRS 416, 2003, p.8) para o método 2. Os erros

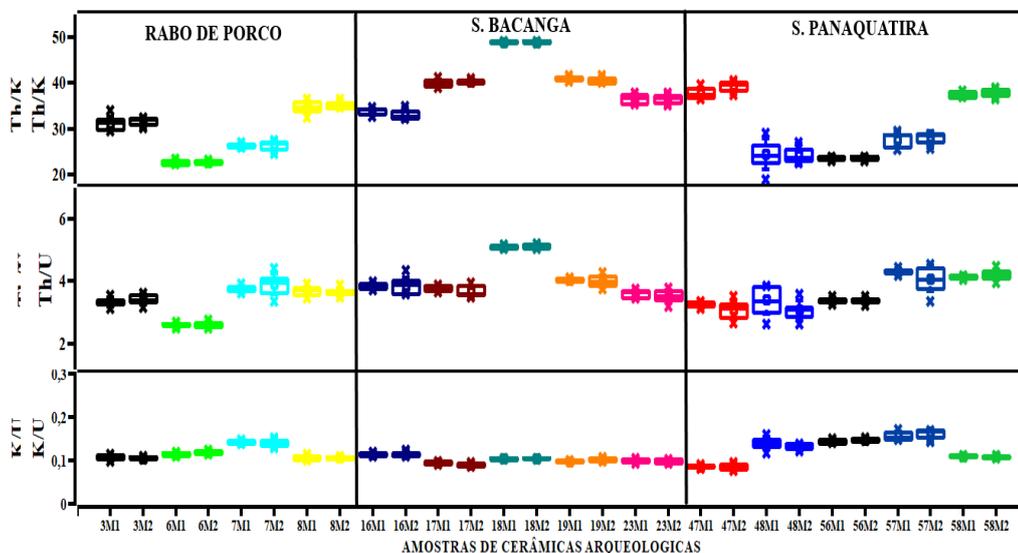


Figura 3: Gráfico comparativo dos resultados das amostras arqueológicas determinados pelos dois métodos. No gráfico o retângulo mostra o segundo e terceiro quartil, a linha que divide o retângulo é a mediana, os quadradinhos do centro é a média, as cruces em diagonal representam os valores máximos e mínimos e os bigodes são as linhas horizontais que mostram um desvio padrão.

V Escola de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio (V EARCAP)
II CONGRESSO BIENAL DA ANTECIPA (ANTECIPA-2020)
(Associação Nacional de Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Patrimônio)
16 e 20 de novembro de 2020, evento on-line, Brasil

relativos para a razão K/U do método 1 é de 3% com valor máximo de 8,3% e valor mínimo de 0,3%. Para o método 2 a média do erro relativo foi de 10% com valor máximo de 41% e valor mínimo de 0,4%. As os valores dos erros relativos para as amostras 17, 19 e 23 pelo método 2 ficaram por encima de 10% que é valor aceito para medidas em cerâmicas arqueológicas.

4. Conclusões

Este trabalho visa contribuir para a inserção da técnica de espectrometria de raios gama na arqueometria, desenvolvendo uma metodologia experimental que permita a caracterização de cerâmicas arqueológicas através da medida de sua radioatividade natural. São propostos dois métodos de análise de espectrometria gama sem o controle estrito da geometria que permitem a estimativa das razões elementares absolutas em cerâmicas. A validação feita com cerâmicas comerciais mostra que os métodos funcionam bem para as estimativas das razões Th/U, Th/K e K/U.

Ambos métodos desenvolvidos mostraram coerência nos resultados das razões de concentração de Th, U e K. De acordo com os resultados temos que o método 1 apresenta uma melhor precisão na determinação das razões. O método desenvolvido foi aplicado em amostras de cerâmicas arqueológicas dos três sambaquis do estado do Maranhão. Conforme aos resultados do estudo é possível caracterizar cerâmicas arqueológicas por meio da técnica de espectrometria de raios gama de baixa resolução, respeitando a integridade dos artefatos. Nosso estudo mostra que a GRS constitui abordagens complementares poderosas para o estudo de caracterização de cerâmica, principalmente por representarem alternativas não destrutivas, uma consideração importante para arqueólogos, arqueometristas e curadores de museus e patrimônios de bens culturais.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Os autores também agradecem ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Física Nuclear e Aplicações (INCT-FNA), ao Programa de Alianças para Educação e Treinamento (Bolsas Brasil - PAEC OAS-GCUB) e ao Programa em Pós-Graduação de Química Aplicada da UNICENTRO.

Referências

GONSALVES, S. H. **Análise não destrutiva por espectrometria de raios gama de cerâmicas arqueológicas**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso, Programa de Física, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2011.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Guidelines for radioelement mapping using gamma ray spectrometry data** International Atomic Energy Agency. TECDOC Series. IAEA: Vienna, 2003. Disponível em: <https://www-pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/te_1363_web.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2018.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Nuclear analytical techniques in archaeological investigations**. Technical Reports Series. IAEA: VIENNA, 2003. Disponível em: <http://cdiac.esd.ornl.gov/oceans/GLODAP/glodap_pdfs/Thermohaline.web.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2018.

RODRIGUEZ, D. G. et al. Gamma-ray spectrometry in the characterization of diverse-geometry archaeological ceramics. **Archaeometry**, 63: 284-295.

RODRÍGUEZ, D. G. **Aplicação da espectrometria de raios gama na caracterização de cerâmicas arqueológicas**. 2020. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Química Aplicada, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2020.

Simulação de Espectros de EDXRF para Quantificação de Amostras Metálicas

Sandro V. Santos¹ *, Fabio L. Melquiades¹, Fabio Lopes¹, Juan Villanueva², Jorge L. Ticona³, Carlos R. Appoloni¹

¹*Departamento de Física, Universidade Estadual de Londrina (BR)*

²*Museu Nacional de Etnografía y Folklore (BOL)*

³*Physical Sciences and Alternative Energies Career
Public University of "El Alto" (BOL)*

**sandro.santos2013@yahoo.com.br*

Palavras-chave: EDXRF; Monte Carlo; MUSEF; Amostras Arqueológicas; Metais.

1. Introdução

A arqueometria é uma ciência interdisciplinar dedicada ao estudo de obras de arte e bens do patrimônio cultural. As diversas técnicas analíticas existentes auxiliam os arqueólogos em sua busca pela compreensão dos estágios de desenvolvimento tecnológico de culturas antigas. Por exemplo, compreender os processos de fabricação de artefatos metálicos é de grande valia para o entendimento do estágio de desenvolvimento no qual se encontrava determinada cultura.

Dentre os artefatos metálicos mais estudados encontram-se os produzidos por ligas de Ouro (Au), Prata (Ag) e Cobre (Cu), pois foram usados por quase todas as civilizações antigas. O Au foi o primeiro metal usado pelo povo andino pré-hispânico e é encontrado em diversos sítios arqueológicos pré-colombianos na Bolívia (1).

Uma das técnicas analíticas mais apropriadas para a caracterização de peças arqueológicas metálicas é a fluorescência de raios X por dispersão em energia (EDXRF), e sua variante denominada Fluorescência de Raios X Portátil (pXRF).

A pXRF permite uma avaliação tanto qualitativa quanto quantitativa em diversos tipos de amostras, sendo possível obter informações da composição elementar e da concentração de cada elemento. Na avaliação qualitativa, associa-se a energia do raio X característico com os pulsos de corrente elétrica produzidos no detector. Como resultado, observa-se um espectro de energia versus intensidade dos raios X, no qual se identifica os elementos presentes na amostra. Já na avaliação quantitativa, correlaciona-se a concentração com as intensidades dos picos de raios X de cada elemento. Para tal procedimento, comumente se faz uso materiais de referência certificados (CRM). Estes CRMs precisam ter composição similar às amostras de interesse para que a quantificação seja acurada. Está é uma das limitações do método, visto que nem sempre se tem disponível um conjunto de padrões para calibrar o equipamento. Uma alternativa para solucionar esta problemática é a simulação de espectros de pXRF pelo método Monte Carlo. Este procedimento permite gerar espectros para diferentes concentrações elementares e também para diferentes especificações técnicas de equipamentos de pXRF, sejam eles comerciais ou projetado em laboratório para uso específico.

Sendo assim, o objetivo desse estudo foi simular espectros de ligas metálicas ternárias de Au-Cu-Ag a fim de calibrar um equipamento portátil de XRF, construindo regressões lineares de modo que permita quantificar amostras reais pertencentes ao Museo Nacional de Etnografía y Folklore (MUSEF) de La Paz, Bolívia.

2. Metodologia

Foram avaliados 16 artefatos atribuídos ao período pré-colombiano (1450 - 1530 d.C) (1). Os objetos apresentam diferentes formatos, geometrias, tons de dourados e espessuras (100 a 500 μm), utilizadas culturalmente para fins religiosos, conforme mostra a Figura 1.

Este estudo se dividiu em duas fases: Medidas experimentais (*in situ* e laboratório) e o processo de simulação de padrões para calibração do equipamento portátil de EDXRF. Na primeira fase foram medidos os artefatos metálicos do MUSEF e os padrões puros (100 % Cu e 100 % Au) . Os padrões puros foram utilizados no processo de normalização espectral. A segunda fase foi simular espectros para construção das curvas de calibração, bem como simular padrões puros utilizados para a normalização dos espectros simulados, conforme Melquiades et al., 2020 (2).

As medidas foram feitas com um equipamento projetado pelo laboratório de Física Nuclear Aplicada da Universidade Estadual de Londrina. Esse equipamento é composto por um mini tubo de raios X com um filtro de Ag de 50 μm e um detector de Si-PIN, com resolução de 153 eV. A geometria de incidência e detecção dos raios X de 45°/45°. As condições de medidas foram: tensão de 28 kV, corrente de 3 μA e um intervalo de medida de 60s. Para cada amostra foram medidos de 2 a 5 pontos, totalizando 49 espectros.

A simulação dos padrões para a calibração foi realizada com o software XMI-MSIM v7.0 baseado no método Monte Carlo que usa o banco de dados X-raylib. O software XMI-MSIM se caracteriza por reproduzir espectros com base nas características físicas/químicas e geométricas reais do espectrômetro utilizado nas medidas das amostras. Por ser um processo de interação radiação/matéria, foram considerados um valor de 10000 fótons por intervalo e de 100000 por linha discreta em um intervalo de 1 a 28 keV, espessura de 0,04 cm para todos os padrões, densidade ponderada para cada conjunto de simulação que variou de 10,4 a 19,2 g/cm³ conforme a concentração de cada elemento e uma camada de absorvedores contendo N, O e Ar (75,5, 23,0, e 1,3% respectivamente) entre a fonte de raios X e o detector. Com isso, permite-se uma análise de quantificação apenas com as intensidades dos espectros reais e dos padrões simulados que constituem os pontos nas curvas, sem a necessidade de considerar as espessuras das amostras, uma vez que apresentam dimensões infinitas frente à capacidade de absorção das amostras.

A concentração dos padrões variou de 1-15% de Cu na regressão linear, com 15 pontos, e de 10-99% de Au, com 9 pontos. Todos os valores obtidos, tanto experimentais quanto simulados, foram normalizados por padrões puros de Au e Cu e as leituras das áreas dos espectros obtidas através do programa PyMCA. Assim, foram consideradas as linhas de $K\alpha$ do Cu e $L\alpha$ (L3) para o analito Au. Não foi possível fazer uma quantificação via regressão linear do Ag, visto que, as linhas de Ag presente nas amostras se sobrepõem com as linhas de espalhamento do tubo, também de Ag. Sendo assim, a concentração de Ag foi determinada a partir da soma das concentrações de Cu e Au e subtraindo da concentração total de 100%.

V Escola de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio (V EARCAP)
II CONGRESSO BIENAL DA ANTECIPA (ANTECIPA-2020)
(Associação Nacional de Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Patrimônio)
16 e 20 de novembro de 2020, evento on-line, Brasil



Figura 1: Artefatos dourados da coleção do MUSEF que foram estudados.

3. Resultados e discussão

A Figura 2 mostra os espectros sobrepostos referentes às 16 amostras avaliadas. Observa-se a presença de três elementos: Au, Cu e Ag. A amostra 27233 apresentou uma pequena concentração de Fe, que provavelmente advém de uma contaminação no processo de produção da peça (3).

As equações de regressão construídas a partir dos espectros simulados foram: $y = 0,005240(\pm 0,0001)x - 0,00476(\pm 0,0009)$ para o elemento Cu e $y = 0,00951(\pm 0,00294)x + 0,08713(\pm 0,018)$ para o Au. As regressões apresentaram um R^2 de 0,9943 e 0,9941 para Cu e Au, respectivamente. A análise de variância (ANOVA) indicou que as regressões foram significativas visto que os valores de F_{tabelado} foram 5,23 e 4,67 e os valores de $F_{\text{calculado}}$ foram 2432 e 1041, para o Cu e Au, respectivamente.

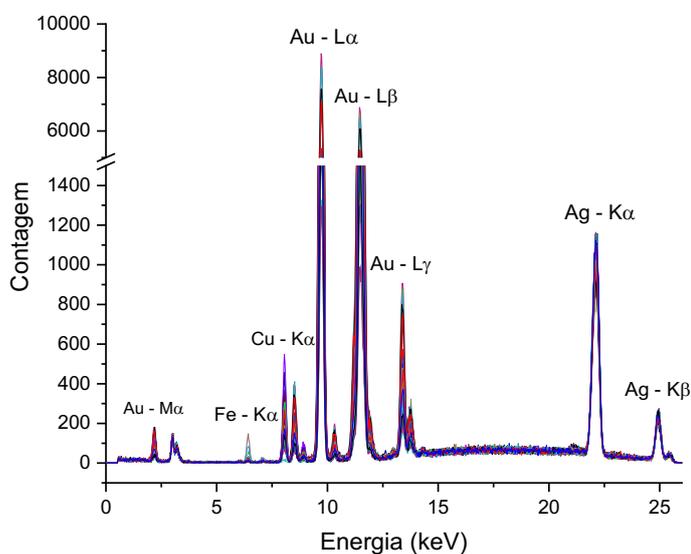


Figura 2: Espectros sobrepostos referentes às 16 amostras arqueológicas do MUSEF.

V Escola de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio (V EARCAP)
II CONGRESSO BIENAL DA ANTECIPA (ANTECIPA-2020)
(Associação Nacional de Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Patrimônio)
 16 e 20 de novembro de 2020, evento on-line, Brasil

Os resultados das quantificações estão apresentados na Tabela 1. Observa-se que as amostras são majoritariamente compostas por Au ou Ag. As concentrações de Cu são inferiores a 5%, enquanto as de Au variaram entre 13 e 100%.

Tabela 1: Concentrações das 16 amostras arqueológicas pertencentes ao MUSEF. As letras associadas a cada amostra referem-se a diferentes pontos medidos em uma mesma amostra.

Amostra	Au%	Cu%	Ag%				
				27239a	46±2	2,41±0,19	51±2
10291a	81±2	1,85±0,19	17±2	27239b	13±2	1,64±0,19	86±2
10291b	62±2	1,79±0,19	36±2	27239c	18±2	1,60±0,19	81±2
10291c	50±2	1,40±0,19	49±2	27244a	36±2	4,23±0,19	60±2
17906a	54±2	3,33±0,19	43±2	27244b	47±2	4,88±0,19	49±2
17906b	43±2	3,31±0,19	54±2	27244c	33±2	3,56±0,19	64±2
17906c	48±2	2,96±0,19	49±2	27264a	36±2	3,29±0,19	60±2
17906d	55±2	3,64±0,19	42±2	27264b	25±2	2,34±0,19	73±2
27223a	26±2	1,90±0,19	75±2	27264c	16±2	2,31±0,19	82±2
27223b	32±2	2,36±0,19	65±2	27264d	31±2	2,85±0,19	67±2
27224a	15±2	1,89±0,19	83±2	27287a	33±2	3,00±0,19	64±2
27224b	20±2	2,01±0,19	78±2	27287b	37±2	3,27±0,19	60±2
27224c	45±2	3,09±0,19	52±2	27287c	8±2	1,87±0,19	90±2
27224d	32±2	2,58±0,19	65±2	27297a	41±2	1,77±0,19	57±2
27224e	44±2	3,12±0,19	53±2	27297b	59±2	2,17±0,19	38±2
27226a	8±2	1,0±0,19	91±2	27297c	44±2	1,70±0,19	54±2
27226b	111±2	1,32±0,19	0	27297d	51±2	2,12±0,19	47±2
27231a	49±2	2,92±0,19	48±2	27309a	27±2	2,39±0,19	71±2
27231b	24±2	2,02±0,19	74±2	27309b	19±2	1,98±0,19	79±2
27231c	50±2	2,96±0,19	47±2	27210a	19±2	2,18±0,19	79±2
27233a	37±2	1,49±0,19	62±2	27310b	12±2	1,94±0,19	86±2
27233b	103±2	2,29±0,19	0	27310c	17±2	1,94±0,19	81±2
27233c	101±2	1,93±0,19	0	27311a	45±2	2,68±0,19	52±2
27234a	83±2	3,59±0,19	14±2	27311b	34±2	2,16±0,19	64±2
27234b	93±2	3,61±0,19	4±2	27311b	27±2	2,21±0,19	71±2
27234c	85±2	3,18±0,19	12±2				

Para fins de comparação, um dos artefatos foi simulado e comparado com seu espectro experimental. Para isso, foi utilizado como parâmetro de entrada no simulador XMI-MSIM os resultados de concentração da amostra 10291a. Conforme mostra a Figura 3, pode-se observar que há uma razoável recuperação da área dos espectros experimentais em relação aos espectros simulados via concentração por calibração, indicando que a acurácia das curvas obtidas nesse trabalho é aceitável.

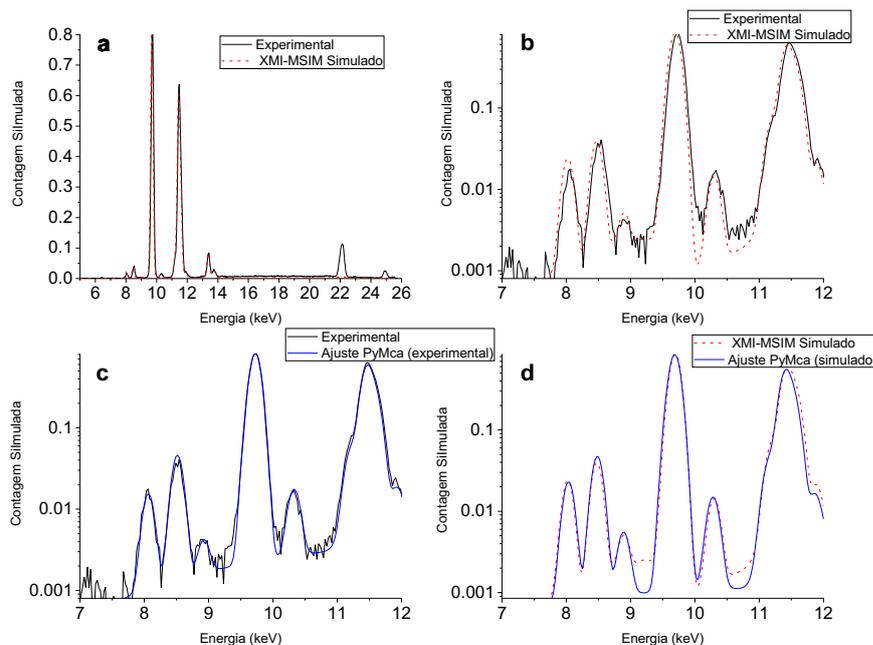


Figura 3: Espectro da amostra 10291a: (a) Experimental e simulado em escala linear, (b) Experimental e simulado em escala Log, (c) Ajuste PyMCA do espectro experimental e (d) Ajuste PyMCA do espectro simulado.

4. Conclusões

Foi desenvolvida uma rotina para avaliação quantitativa que combina medições por pXRF e simulação de espectros via Monte Carlo, em amostras douradas pertencentes ao MUSEF. A falta de padrões de calibração foi superada pela sua simulação computacional. O método foi eficiente para quantificação de Au, Cu e Ag nos artefatos. As amostras examinadas tiveram uma ampla variação em suas composições, permitindo enriquecer o conhecimento sobre o processo produtivo dos artefatos de Au andinos.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio da CAPES e CNPq (processo nº 304722 / 2017-0), INCT (464898/2014-5). Bem como a Diretora Elvira EspejoAyca, chefe do Museu e Curadora de Materiais Inorgânicos do MUSEF

Referências

- [1] M.S. Fernández Murillo. Alianzas de Metal. La colección de minería y metlaes del Museo Nacional de Etnografía y Folklore según la cadena de producción. MUSEF, La Paz, 2016.
- [2] Melquiades, F.L., Santos, S.V., Lopes, F., Villanueva, J., Lisme, J. X ray fluorescence spectroscopy and Monte Carlo simulation for quantitative characterization of Bolivian pre-Hispanic Golden artefacts. X-Ray Spectrom. 2020;1–15.DOI: 10.1002/xrs.3196.
- [3] S. Scrivano, B. Gómez-Tubío, I. Ortega-Feliu, F. J. Ager, A. I. Moreno-Suárez, M. A. Respaldiza, M. L. de la Bandera A. Marmolejo. Identification of soldering and welding processes in ancient gold jewelry by micro-XRF spectroscopy. X-Ray Spectrom. 42, 251–255, 2013.

Desafios para preservação de coleções em reservas visíveis e visitáveis: diagnóstico dos riscos da nova reserva para o Acervo Artístico da UFMG

Bárbara Carvalho Ferreira¹, Luiz Antônio Cruz Souza², Willi de Barros Gonçalves^{2*}

¹*Mestranda do Programa de Pós Graduação em Artes, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte (Brasil)*

²*Curso de Conservação-Restauração de Bens Culturais Móveis, Laboratório de Ciência da Conservação, Centro de Conservação-Restauração de Bens Culturais, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte (Brasil)*

**barbara.bcf@hotmail.com*

Palavras-chave: Reservas visitáveis; Acervo Artístico UFMG; Diagnóstico.

1. Introdução

Reservas técnicas são espaços de guarda projetados para atender as demandas de conservação do acervo e, por conta disso, costumam ter características típicas como acesso restrito a alguns funcionários, microclima e iluminação controlados, mobiliário adequado para a segurança dos objetos e embalagens quimicamente estáveis. Contudo, as novas demandas das instituições responsáveis por esses acervos fizeram com que a reserva passasse por atualizações tornando-se visitável ou visível. Os modelos de reservas visitáveis/visíveis são variados, mas no geral, a ideia central é de aumentar a visibilidade desses espaços para os visitantes para que tenham maior compreensão do que são os acervos ou sobre o trabalho que é realizado pela equipe de profissionais da área.

O principal problema para a conservação com os novos modelos de reserva é o aumento de riscos que a coleção ficará submetida com o acesso de visitantes e as novas configurações do espaço. No entanto, algumas instituições preferem assumi-los, pois percebem que o crescimento do envolvimento do público com as coleções também funciona como mecanismo de preservação, já que o estabelecimento do vínculo entre os objetos e a comunidade a torna mais ativas na defesa por esse patrimônio (THISTLE, 1994).

Com esse intuito, de aproximar a comunidade da UFMG das obras pertencentes ao Acervo Artístico da UFMG que a Diretoria de Ações Culturais (DAC) optou por uma reserva técnica visível e visitável. Esta reserva será instalada no prédio da Biblioteca Universitária da UFMG (BU), no campus Pampulha e com a finalidade de estabelecer um ambiente o mais adequado possível para o acervo, foi feito o diagnóstico do local, pontuando os riscos para sua preservação.

Este trabalho é produzido como projeto de pesquisa no Programa de Pós-Graduação em Artes da UFMG.

2. Metodologia

Neste primeiro momento da pesquisa, que ainda está em andamento, foi utilizado para avaliar tanto o entorno, quanto o edifício, visitas ao local e o Roteiro Simplificado para o Diagnóstico de Condições de Conservação de Coleções (GONÇALVES, 2016). Para responder ao questionário, foi feita a entrevista com a Coordenadora da Divisão de Coleções Especiais da Biblioteca Universitária- UFMG, Diná Marques Pereira Araújo.

Esta ferramenta é dividida em nove seções que abrangem questões da Instituição, Entorno, Edifício, Sala da coleção, Mobiliário, Suporte/embalagem, Coleção, Segurança e Reserva técnica. Cada uma dessas apresenta diversas questões nos quais são avaliadas com uma pontuação negativa (aumenta os riscos do acervo), nula, ou positiva (diminui os riscos do acervo), para efeito de ponderação

Fachadas compostas por panos de alvenaria revestidos por argamassa e pintados e esquadrias de ferro e vidro. Posteriormente, foram incorporados brises de fibrocimento nas fachadas com maior incidência solar, seguindo a coordenação modular da estrutura. (FIALHO, 2012, p. 342).

De acordo com as respostas obtidas pelo questionário, alguns pontos que podem comprometer a conservação das coleções no espaço são a existência de infestação biológica ativa na estrutura da construção, as redes hidráulicas antigas com risco de vazamento, a cobertura com calhas e a ausência de tubulações de escoamento pluvial externas às paredes. De acordo com a coordenadora, os materiais e técnicas construtivas das envoltórias do edifício favorecem mecanismos de deterioração físico-mecânico ou biológico.

No quesito segurança, já ocorreram casos de roubo e vandalismo na BU mesmo que essa possua um cargo formal de gerente/chefe de segurança e funcionários que permanecem atentos ao movimento dentro do edifício.

3.3. Sala

O espaço definido como a futura reserva técnica foi fruto de negociações entre a DAC e os responsáveis pela Biblioteca Universitária. O ambiente ainda passa por adaptações, mas até o presente momento, já removeram o forro, para evitar a circulação de insetos e pequenas aves e mamíferos dentro da reserva. O sistema elétrico foi revisto, com foco para adaptação ao futuro projeto de iluminação (que ainda não foi definido) e a substituição das divisórias de escritório por *drywall* resistente ao fogo. Serão instaladas nas entradas portas corta fogo.

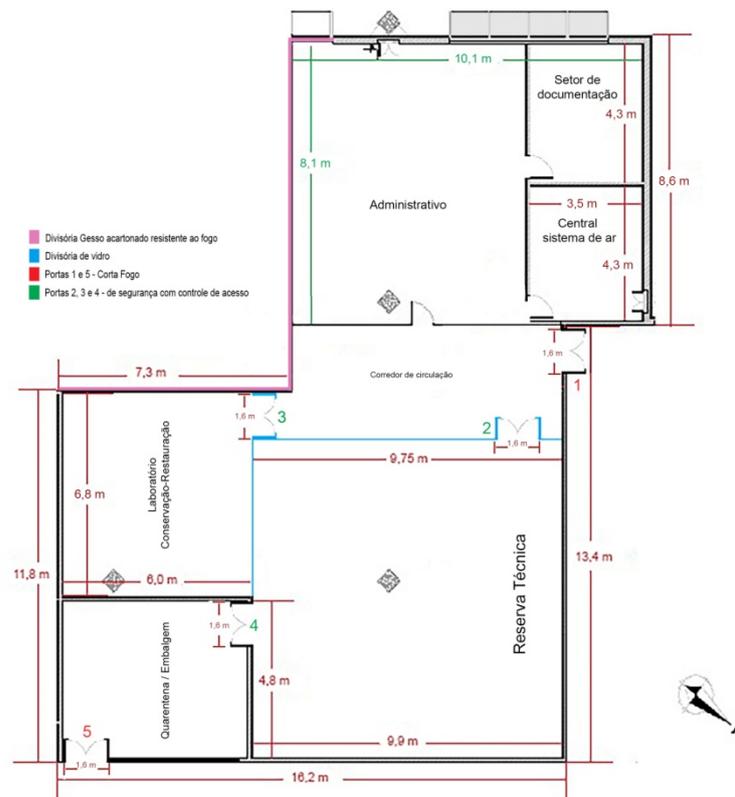


Figura 2: Divisão dos ambientes cedidos à DAC. Fonte: Ana Panisset

Localizada no primeiro andar da Biblioteca Central, a sala está em um espaço mais ao centro do edifício, sem dividir suas paredes com a fachada e há baixa incidência de luz natural no local. Em

alguns períodos do ano, a umidade relativa fica superior a 75%, o que é um risco para deterioração por microrganismos. Apesar das temperaturas não oscilarem tanto ao longo do dia, devido às características arquitetônicas do edifício, não se trata de um ambiente que recebe ventilação natural, favorecendo a deposição de sujidades e esporos de fungos.

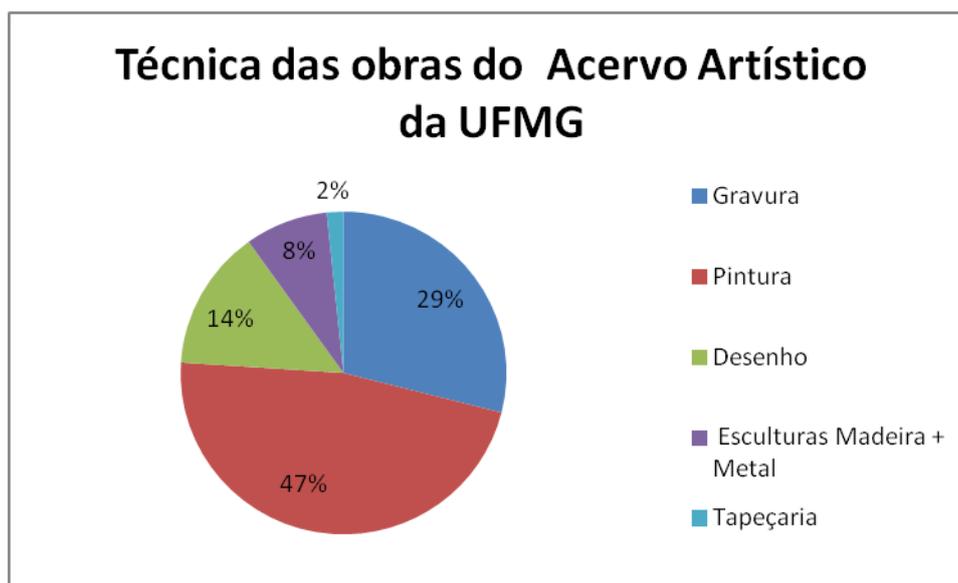
A sala possui mais de uma entrada/saída, mas não pode ser acessada pela parte externa do edifício, embora exista uma entrada ao fundo do prédio que não é constantemente monitorada, e que permanece trancada a maior parte do tempo, próxima à reserva.

Como o projeto visa dar maior visibilidade à coleção, optou-se por colocar divisórias de vidro. Devido a isso, a questão de segurança torna-se crucial. A possibilidade de pessoas poderem observar e saber qual o conteúdo e sua exata localização são fatores de risco de roubos.

3.4 Acervo

O Acervo Artístico da UFMG é composto por 123 obras oriundas de três coleções: Amigas da Cultura, Brasileira e a Fundação Rodrigo Mello Franco de Andrade. Trata-se de um acervo diverso, com obras de diferentes técnicas e suportes, sendo predominantemente pinturas (47%) e gravuras (29%). De acordo com os últimos documentos, o estado de conservação das obras era bom, com algumas em estado mais crítico, apresentam perdas da camada pictórica, e/ou suporte e sujidade aderida. Até o momento da construção da reserva técnica, o acervo encontra-se em uma sala disponibilizada pela DAC, dispostas em cima de espumas no chão, embaladas e devidamente identificadas em ambiente climatizado com um ventilador que é ligado quando há funcionários no local.

Gráfico 1: Porcentagem das técnicas encontradas em obras do Acervo Artístico UFMG.
Fonte: Dados gerados pela pesquisa.



4. Conclusões

Nesse momento em que a reserva técnica ainda está sendo planejada, identificar as ameaças à preservação do acervo é fundamental para decisões que realmente auxiliem na conservação dentro dos recursos disponíveis pela Diretoria de Ações Culturais e o modelo escolhido de reserva visível e visitável.

V Escola de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio (V EARCAP)
II CONGRESSO BIENAL DA ANTECIPA (ANTECIPA-2020)
(Associação Nacional de Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Patrimônio)
16 e 20 de novembro de 2020, evento on-line, Brasil

Considerando as características e vulnerabilidades do acervo, que possui parcela significativa de obras em papel, a questão da umidade relativa aparece como um ponto delicado a ser controlado na sala.

Nos estudos referentes a reservas técnicas visíveis e visitáveis, era citado como principal risco à coleção o roubo e a iluminação (THISTLE, 1994). O levantamento de rotas e pontos de pouca vigilância nas proximidades da sala, além de rotinas voltados para a segurança, são fundamentais sob essas circunstâncias. O projeto de iluminação ainda não foi estabelecido, mas a baixa incidência de luz natural minimiza a fotodeterioração e temperaturas elevadas.

O edifício, mesmo planejado para ser uma biblioteca, apresenta características que podem submeter o acervo a deteriorações, sendo indispensável, pelo levantamento realizado, rotinas de manutenção e limpeza. O entorno é outro ponto que oferece diversos riscos às coleções principalmente pelo ataque biológico, sendo recorrentes os relatos de animais de pequeno porte dentro do edifício.

Agradecimentos

Agradecemos à FAPEMIG pelos recursos disponibilizados para a realização deste projeto de pesquisa à Diretoria de Ações Culturais UFMG pela disposição e colaboração em todo o projeto.

Referências

GONÇALVES, Naiara. **Ferramenta Simplificada de Diagnóstico de Condições de Conservação: Revisão por meio do estudo do caso das Coleções Especiais e Obras Raras do Tribunal de Justiça do Estado de Minas Gerais**. 2017. 125 f. TCC (Graduação) - Curso de Conservação-restauração de Bens Culturais Móveis, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

GONÇALVES, Willi de Barros; FERREIRA, Bárbara Carvalho; GONÇALVES, Naiara. **Ferramenta Simplificada de Diagnóstico de Conservação para Acreditação de Reservas Técnicas**. I Encontro ANTECIPA, Belo Horizonte, 2018. Disponível em: lacior.eba.ufmg.br/antecipa. Acesso em: 24 set. 2020.

FIALHO, Beatriz Campos. **DA cidade universitária ao Campus da Pampulha da UFMG: arquitetura e urbanismo como materialização do ideário educacional (1943-1975)**. Orientador: Celina Borges Lemos. 2012. 352 f. Dissertação (Mestrado do Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

FRONER, Yaci-ara. **Reserva Técnica. Tópicos em Conservação Preventiva- 8**, Belo Horizonte. 2020.

PANISSET, Ana Martins. **A DOCUMENTAÇÃO COMO FERRAMENTA DE PRESERVAÇÃO: protocolos para documentação e gestão do Acervo Artístico da UFMG**. 2017. 361 f. Tese (Doutorado)- Programa de Pós-Graduação em Artes, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

RIBEIRO, Marília Andrés. O Acervo Artístico da UFMG. In: PAULA, João Antônio de et al (Coord.). **Acervo artístico da UFMG**. Belo Horizonte: C/Arte, 2011. (Circuito Colecionador). p. 15-48.

THISTLE, Paul. Visible storage for the small museum. In: KNELL, Simon. **Care of Collections**. New York: Routledge, 1994. cap. 22, p. 207-217.

Suportes Pictóricos Rígidos: Madeira Maciça X Painéis Industrializados

Beatriz M. Fonseca Silva^{1*}, Edgar M. Vladimir Carrasco¹, Luiz A. Cruz Souza¹
¹PPG-ACPS, Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte (Brasil)
**beatriz.maria80@yahoo.com.br*

Palavras-chave: Madeira; Painéis industrializados; Pintura; Conservação.

1. Introdução

Este artigo contempla o estudo da madeira maciça e seus derivados industrializados, conhecidos como painéis compósitos, como suporte pictórico. Está inserido no campo da Conservação de Bens Culturais e reúne informações que podem contribuir para a História da Arte Técnica, uma disciplina interdisciplinar que emprega ferramentas analíticas para avaliação dos objetos e engloba pesquisadores de áreas distintas, tais como da história da arte, da conservação e da ciência da conservação (AINSWORTH, 2005).

O suporte de uma pintura é a superfície onde o artista desenvolve sua obra. A obtenção destas estruturas com condições adequadas à pintura representou um marco para esta tipologia de obra artística. A técnica da pintura foi amplamente conhecida no período da pré-história, aplicada em esculturas de madeira, no corpo humano e nas paredes das cavernas, porém, a sua distinção como arte independente despontou a partir do uso destas superfícies especiais (JANSON, 2001). O conjunto de uma obra pictórica, o suporte e a técnica aplicada pelo artista, "combinam-se através do projeto e das tentativas de execução do artista, para criar efeitos que possam gerar uma significação na recepção sensível dos observadores" (REGIS, 2014, p.48).

2. Metodologia

Os procedimentos metodológicos iniciaram-se com pesquisas em fontes bibliográficas e artigos científicos representativos do estado da arte sobre o tema. A primeira etapa contemplou o estudo sobre suportes em madeira natural, tradicionalmente empregados na arte pictórica. A segunda etapa investigou a inserção dos painéis compósitos na arte moderna e contemporânea. As publicações técnicas sobre a produção industrial e aplicação dos painéis compósitos são voltadas, prioritariamente, para a engenharia e arquitetura, demandando a aplicação destes conhecimentos no campo da Conservação e Restauro. Visitas técnicas objetivando o estudo de obras executadas em painéis de madeira *in loco* e em indústrias produtoras foram programadas e estão descritas no Quadro 1.

Quadro 1: Visitas técnicas

Local	Objetivo
Reitoria UFMG	Avaliação do painel Inconfidência Mineira de Yara Tupinambá
Galeria do PIC - BH	Avaliação do painel Frevo de Cândido Portinari
Fábrica Duratex e Eucatex SP	Aprofundamento teórico e prático sobre a produção de painéis no Brasil

Fonte: o autor, 2020.

2.1 A madeira como suporte pictórico

A madeira tem sido usada desde o início da história humana como matéria prima básica para diversos tipos de obras, em função da sua robustez e disponibilidade. Entretanto, os problemas relacionados com a sua conservação perduram até os dias atuais. O reconhecimento de que todas as espécies de madeira deformam, sob certas condições, tem desafiado os profissionais a conceberem técnicas variadas para controlar o movimento da madeira (IRLE; BARBU, 2010).

Produto oriundo da atividade silvicultural sua qualidade depende da árvore, do corte, da secagem e do beneficiamento. A secagem correta promove mais estabilidade e resistência, os tratamentos com preservativos aumentam a sua durabilidade (GONZAGA, 2006). As principais propriedades que influenciam no desempenho e resistência das estruturas em madeira são: a densidade, a umidade, a retratibilidade (fenômeno relacionado à variação dimensional da madeira em função da troca de umidade do material com o meio ambiente), a durabilidade natural e a resistência química. A anisotropia, que é o comportamento diferente nos sentidos longitudinal, radial e tangencial, é característica estrutural importante (IPT, 2003). Os principais componentes orgânicos são: a celulose, a hemicelulose, a lignina. Inclui-se, ainda, os extrativos, tais como as terebentinas e o breu encontrados nas coníferas, os compostos fenólicos, aromáticos, taninos, compostos nitrogenados e inúmeros carboidratos, encontrados nos tecidos vegetais. A perda destes extrativos acarreta deformações e colapsos das estruturas. Pode ocorrer devido à evaporação de óleos essenciais em consequência de calor, decorrente de processo de secagem mal realizado, mas também por intemperismo (GONZAGA, 2006).

Segundo BRITO (2014) os principais agentes de deterioração da madeira são: os agentes bióticos – como as bactérias, os fungos, os insetos e os perfuradores marinhos; e os agentes abióticos – como os agentes físicos, agentes químicos, agentes atmosféricos ou meteorológicos e danos devido ao fogo.

A escolha e preparação da madeira para receber a camada pictórica é etapa de suma importância para a manutenção da qualidade da obra, e implica em trabalho conjunto do artista com marceneiros e carpinteiros. Uzielly (1995) ao descrever as técnicas dos painéis italianos, executados entre os séculos XII e XVI, cita que a seleção da matéria prima dependia de fatores técnicos, econômicos e práticos. Os procedimentos para planificação e os encaixes para unir as peças de madeira, adequando o material ao tamanho da obra, eram realizados por profissionais específicos e escolhidos pelos artistas. O autor destaca que é reconhecível nas obras de Giotto a semelhança de preparo nos suportes de madeira, indicando a preferência deste artista por um profissional específico. Junções e encaixes eram utilizados para unir as tábuas e quanto maior a obra mais tecnologia de montagem era necessária. Utilizava-se, ainda, adesivos como a caseína e a cola animal.

Os suportes pictóricos em madeira foram, preferencialmente, empregados na Idade Média e na Renascença. Descrições técnicas são citadas em importantes tratados como o *De Coloribus et Artibus Romanorum*, de Eraclius, escrito no século X; o *Diversarum Artium Schedula*, de Theophilus, escrito no século XII; e o *Libro dell'arte*, de Cennino Cennine, no século XV (UZIELLY 1995). A partir do século XX os painéis compósitos começam a entrar no cenário artístico.

2.2 Os painéis industrializados derivados da madeira

Os diversos tipos de painéis industrializados derivados da madeira, ou painéis compósitos, foram lançados comercialmente no mercado internacional em meados do século XIX, chegando ao Brasil no início do século XX. As pesquisas para o desenvolvimento deste setor foram estimuladas pelo interesse em se obter um material com qualidades mais estáveis do que a própria madeira, para

V Escola de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio (V EARCAP)
II CONGRESSO BIENAL DA ANTECIPA (ANTECIPA-2020)
(Associação Nacional de Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Patrimônio)
 16 e 20 de novembro de 2020, evento on-line, Brasil

utilização na construção civil. Acrescenta-se também, o alto custo da madeira maciça e perspectivas do seu uso de forma mais sustentável. Atualmente, utiliza-se madeira proveniente de florestas plantadas para este fim (IWAKIRI, 2005). Estes materiais foram apropriados por artistas do Modernismo, corrente artística datada do final do século XIX até a primeira década do século XX, cuja proposta era seguir as inovações progressistas e tecnológicas da Revolução Industrial (ARGAN, 2006). São empregados também em obras contemporâneas de pequeno e grande formato.

Basicamente, os painéis compósitos são fabricados a partir da desagregação da madeira maciça em lâminas ou sarrafos, partículas ou fibras, aglutinados através de pressão, calor, com emprego de adesivos e aditivos químicos. O crescimento industrial foi estimulado pela utilização de adesivos sintéticos, desenvolvidos a partir de 1929, e pela incrementação das máquinas de beneficiamento da madeira (IWAKIRI, 2005). O produto final apresenta-se como uma chapa plana, de grande formato, com a espessura menor que sua largura ou comprimento, devendo estar em conformidade com as normalizações e padronizações de instituições nacionais e internacionais que determinam: módulo de elasticidade, inchamento, teor de umidade, resistência à tração, densidade, índice de formaldeído (composto tóxico presente na formulação dos adesivos sintéticos), entre outros requisitos (IRLE; BARBU, 2010).

As principais tipologias empregadas como suporte pictórico estão apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2: Principais painéis compósitos de madeira empregados como suporte pictórico. Fonte: o autor, 2020.

Compostos laminados	Compostos de fibras	Compostos de partículas
Compensado laminado	Chapa Dura	Aglomerado
Compensado Sarrafeado	<i>Medium Density Fiberboard</i> (MDF)	<i>Medium Density Particleboard</i> (MDP)

O compensado pode ser definido como um painel fabricado através de colagem de lâminas de madeira em número ímpar de camadas com a direção da grã disposta em direção perpendicular entre cada camadas. Comparado à madeira maciça oferece melhor estabilidade dimensional e melhor distribuição de resistência nos sentidos longitudinal e transversal. Outra vantagem é a largura das chapas, em média 120 cm, e custo acessível. O compensado laminado é formado pela colagem de lâminas de madeira natural sobrepostas e o sarrafeado possui ripas de madeira entre as camadas de lâminas (MATTOS et al) . "A restrição imposta, pela linha de cola, aos diferentes comportamentos físicos e mecânicos nas camadas individuais, confere ao painel um equilíbrio estrutural através da construção balanceada" (IWAKIRI, 2005, p.88).

Em 2017 o *Victoria and Albert Museum* promoveu a exposição *Plywood: Material of the Modern World*. O texto explicativo da exposição aponta que entre 1850 e 1890, o compensado moldado foi muito usado, principalmente na execução de mobiliário. A partir da década de 1880 a produção foi ampliada, liderada pela empresa russa A. M. Luther (V&A, 2017).

As chapas de fibra têm sua origem no Japão, no século VI aC., onde foram utilizadas como divisórias internas de residências. A primeira patente foi registrada em 1858, nos Estados Unidos.

O painéis conhecidos como chapa dura (*hardboard* em inglês) se caracterizam pela alta densidade e espessura fina. O tipo de prensagem é a quente e utiliza-se água em abundância. Este procedimento ativa a lignina presente nas fibras da madeira funcionando como aglutinante, não sendo empregado adesivos químicos (MATTOS et al, 2008).

O MDF é produzido a partir de fibras de média densidade, com prensagem à quente e adição de resinas. Apresentam estrutura homogênea e isotrópica. A primeira patente internacional data de 1975 nos EUA (IWAKIRI, 2005).

O painel aglomerado origina-se da aglutinação de partículas com resinas e prensagem à quente. O aglomerado surgiu na Alemanha na década de 40 e sua principal desvantagem é a baixa resistência à umidade. O MDP é também um painel de partículas, como o aglomerado, porém, apresenta-se com mais estabilidade dimensional e resistência a flexão (IPT, 2003). "Os processos para fabricação do aglomerado/MDP, MDF são chamados de via seca enquanto a fabricação da Chapa Dura é via úmida, considerado na atualidade poluente" (MATTOS et al, p. 124, 2008).

No Brasil os primeiros fabricantes de painéis de fibra foram a Eucatex e Duratex. Ambos inauguraram suas indústrias em 1951 no estado de São Paulo. As madeiras empregadas são o Eucalipto e o Pinus. Na visita técnica realizada na empresa Duratex, tivemos a oportunidade de acompanhar as operações de campo na Floresta de Eucalipto, desde a etapa de plantio até o corte das árvores.

3. Resultados e discussão

Podemos pontuar como principais vantagens dos painéis industrializados em relação à madeira natural a melhoria dos efeitos da anisotropia e da higroscopia com adição de aditivos especiais, a eliminação dos defeitos naturais das madeiras como os nós, o formato plano e grande, além do custo reduzido. Entendemos que a melhoria não torna os painéis imunes a estes problemas.

Sinais de inchamento foram perceptíveis na avaliação do painel Inconfidência Mineira. A obra em aglomerado mede 4 x 40 metros e foi executada em 1960 pela artista Yara Tupynambá. O painel acompanha o formato curvo da parede, onde foi diretamente fixado por parafusos. O suporte apresenta-se com áreas de perda afetando suporte e policromia. Este dano perceptível no encontro do painel com o piso do mezanino, possivelmente, ocorreu em consequência do contato com água na limpeza do piso.

O Painel Frevo executado em compensado por Portinari em 1961, apresenta-se com empenamentos e flexão do suporte principalmente nas bordas. Identificamos na policromia craquelês, trincas e algumas áreas de perda. O painel situa-se em frente à porta de acesso ao edifício, a uma distância de 6 metros. Este fato faz com que a obra receba toda a variação de temperatura e umidade externa, visto que a porta fica constantemente aberta. Apesar do local ter um equipamento de cortina de ar para controle e barreira das influências ambientais externas, segundo informações obtidas dos funcionários locais, este aparelho fica sempre desligado.

4. Conclusões

O emprego da madeira natural e dos painéis compósitos como suporte artístico demanda conhecimentos técnicos sobre estes materiais. Os painéis industrializados se firmaram na esfera artística moderna e contemporânea, colaborando com a liberdade criativa, devido a sua superfície plana e de grande formato, antes limitadas pela dimensão das tábuas de madeira natural. Apesar das melhorias estruturais empregadas na produção industrial, os painéis compósitos também podem ser suscetíveis à contaminação biológica, higroscopicidade, empenamentos, inchamentos, flexão. Para sua utilização deve-se observar as recomendações dos fabricantes e instruções de instalações. As condições ambientais adequadas são determinantes para a manutenção do estado de conservação, tanto de obras em madeira, quanto dos painéis industrializados. Para tanto, a prática da Conservação Preventiva é ferramenta essencial.

V Escola de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio (V EARCAP)
II CONGRESSO BIENAL DA ANTECIPA (ANTECIPA-2020)
(Associação Nacional de Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Patrimônio)
16 e 20 de novembro de 2020, evento on-line, Brasil

Agradecimentos

Agradecemos ao Programa de Pós Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável, da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, onde este projeto está sendo desenvolvido e à Capes pela bolsa de pesquisa.

Referências

- AINSWORTH, M. W. **From connoisseurship to Technical Art History** - The Evolution of the Interdisciplinary Study of Art. In: The Getty Conservation Institute Newsletter, v. 20, n. 1, 2005
- ARGAN, Giulio Carlo. **Arte Moderna**. São Paulo: Companhia das Letras, 2006.
- BRITO, Leandro Dussarrat. **Patologia em estruturas de Madeira**: Metodologia de inspeção e Técnicas de reabilitação. 2014. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.
- GONZAGA, Armando Luiz. **Madeira**: Uso e Conservação. Brasília, DF: IPHAN / MONUMENTA, 2006.
- IPT. **Madeira**: uso sustentável da madeira na construção civil. São Paulo: IPT, 2003.
- IRLE, Mark; BARBU C. Marius. Wood -Based Panels Technology. *In*: THOEMEN, Heiko; at all. **Wood-Based Panels: An Introduction for Specialists**. London: Brunel University Press. 2010, p. 1-90. Disponível em: <researchgate.net/publication/301355302_Wood-Based_Panels_An_Introduction_for_Specialists. Acesso em: 02 de dezembro de 2019.
- IWAKIRI, Setsuo. **Painéis de Madeira reconstituída**. Curitiba: FUPEF, 2005.
- JANSON, H.W. **História Geral da Arte**. O Mundo Antigo e a Idade Média. São Paulo: Martins e Fontes, 2001.
- MATTOS, René L. G.; GONÇALVES, Roberta M.; CHAGAS, Flávia B. **Painéis de Madeira no Brasil**: Panorama e Perspectivas. Rio de Janeiro: BNDES Setorial. 2008. Disponível em: <web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2526/2/BS%2027%20Painéis%20no%20 Brasil_P.pdf. Acesso em 02 de março de 2018.
- REGIS, Sonia. Percepção e mediação pictórica. **Revista Parallaxe**. São Paulo, v.2, n° 2, p. 48-44, 2014. Disponível em: <revistas.pucsp.br/index.php/parallaxe/article.view/31135>. Acesso em 26 jun 2019.
- UZIALLY, Luca. Historical Overview of Panel-Making Techniques in Central Italy. In: **The structural Conservation on Panel Paintings**: Proceedings of a Symposium at the J. Paul Getty Museum, 24-28 April 1995. Los Angeles: Getty Conservation Institute, p. 110 - 184. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10020/gci_pubs/panelpaintings. Acesso em: 03 de março de 2018.
- V&A Museum. **Plywood: Material of the Modern World**. Londres: Victória and Albert Museum: Londres, 2017. Disponível em: <vam.ac.uk/exobition/plywood-material-of-the-modern-world>. Acesso em 07 ago 2019.

Restauração do patrimônio siderúrgico: algumas contribuições

Elias José de Almeida Machado^{1*}

¹ Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia, Salvador (Brasil)

*eliasjamac@yahoo.com.br

Palavras-chave: Restauração; Arquitetura do Ferro; Patrimônio industrial; Siderurgia.

1. Introdução

O restauro de bens siderúrgicos, sejam eles artefatos isolados ou exemplares da Arquitetura do Ferro, é tema complexo e raramente abordado por aqueles que se propõem a escrever e a estudar a restauração. Os teóricos, apegados à manutenção da memória, esquecem que o restauro desses exemplares requer medidas incisivas. Os técnicos da restauração, em seus manuais, apresentam as técnicas de forma simplista, como se não houvesse, por exemplo, diversas possibilidades de pintura e de soldagem, e os bens siderúrgicos, em função de suas ligas, não apresentassem comportamentos também variados.

O presente trabalho é dedicado ao restauro dos bens siderúrgicos de valor histórico-cultural. Ele apresenta reflexão sobre as questões teóricas e revisão das técnicas empregadas na restauração, tensionando as cartas patrimoniais e teóricos consagrados. Ele conta também com abordagem de exemplos registrados pelo autor. Espera-se, com este artigo, fornecer subsídios, levante discussões e balize a lida dos profissionais do restauro, para com essa tipologia patrimonial.

2. Metodologia: Algumas reflexões teóricas

Não há consenso sobre a definição de restauro. Desde o surgimento, no século XIX, da disciplina restauração, até a contemporaneidade, os teóricos divergiram sobre o significado do vocábulo e sobre a atividade (CUNHA, 2010). Apesar das divergências, os entendimentos sobre o restauro sempre estiveram ligados à conservação de objetos dotados de valor histórico. Baseado nessa constatação, neste trabalho, entende-se o restauro como qualquer ação que vise a conservação de um bem material e que se atenha aos seus valores estéticos e históricos.

Existem documentos produzidos por entidades internacionais que balizam a lida com o patrimônio e que estabelecem princípios gerais para o restauro. Alguns desses documentos são generalistas, outros, são específicos, isto é, relativos a determinadas tipologias patrimoniais.

Dentre os documentos generalistas, destaca-se a Carta Internacional sobre Conservação e Restauração de Monumentos e Sítios (Carta de Veneza), redigida em 1964, no II Congresso Internacional de Arquitetos e Técnicos dos Monumentos Históricos organizado pelo Conselho Internacional de Monumentos e Sítios. Os princípios do restauro expressos nela são: a reversibilidade, a distinguibilidade, o respeito pelas marcas temporais, a execução das intervenções mínimas e a compatibilidade das técnicas e dos materiais. Os princípios da Carta de Veneza são referendados por importantes teóricos como Brandi (2004) e Carbonara (2006) e pelas cartas patrimoniais contemporâneas.

Dentre os documentos específicos, há a Carta de Nizhny Tagil, redigida pelo *The International Committee for the Conservation of the Industrial Heritage*, em 2003, que trata do patrimônio industrial e, por isso, tangencia os bens siderúrgicos. As recomendações da referida carta apenas retomam os princípios aprovados em Veneza. Os conceitos apresentados, pela carta, para o patrimônio industrial trazem, entretanto, contribuições, porque lembram que a singularidade desses bens não está nas particularidades estéticas, mas no registro da memória e da engenhosidade de homens comuns (TICCIH, 2003).

Conforme será demonstrado, as técnicas de recuperação de artefatos siderúrgicos confrontam os princípios da restauração. Como combater a corrosão, sem eliminar a ferrugem e as camadas de pintura, testemunhas das técnicas antigas e da passagem do tempo? Como garantir a aderência de novas camadas de revestimento sem erodir a superfície do artefato metálico, apagando dele as marcas das ferramentas de seus fabricantes? Como garantir a reversibilidade da intervenção na soldagem de uma peça fraturada? Infelizmente, as técnicas disponíveis nem sempre respeitam os critérios de reversibilidade, tampouco permitem a perpetuação de marcas que contam a história da peça.

3. A prática do restauro dos bens siderúrgicos

A produção da proposta de restauro para bem material siderúrgico deve ser iniciada com a elaboração dos levantamentos cadastrais, históricos e com diagnóstico da peça (MACHADO, 2018). Nessas atividades convém identificar a liga metálica e as camadas de revestimento (tanto quimicamente, quanto em relação as características organolépticas). Para essa identificação, conforme Campos (2009) e Brhem (1999), recomenda-se: microscopia ótica, microscopia eletrônica de varredura e eletroscopia ótica de emissão, para identificação da liga metálica; difração de raios-x, para identificação mineralógica; fluorescência de raios-X e particle induced X-ray emission, para identificação dos elementos químicos.

Simultaneamente à identificação do material empregado, deve-se identificar as patologias. As lesões devem ser analisadas e cadastradas; o ambiente no qual se encontra o bem deve ser investigado. Análises laboratoriais devem ser realizadas para a identificação dos subprodutos da degradação e dos agentes perniciosos.

Para as peças estruturais, recomenda-se verificações de estabilidade, que devem ser precedidas por ensaios de caracterização mecânica dos materiais. A verificação da estabilidade é fundamental, quando a edificação for alvo de readequações, que impliquem alterações no carregamento, nos apoios ou no sistema de travamento da estrutura. Não havendo normas que balizem o dimensionamento de artefatos arquitetônicos estruturais executados em materiais como o ferro fundido, recomenda-se a adoção de normas como a NBR 8800, de 2008, que tratam das estruturas em aço.

Concomitantemente ao diagnóstico, deve-se levantar o histórico do artefato. A coleta de dados referentes ao fabrico, à aquisição, à instalação e às intervenções realizadas garante a preservação da memória, e a compreensão dos fenômenos de degradação que afligem o bem.

3.1 Métodos de restauração

Os métodos de restauro devem ser empregados como opção última e sempre que a manutenção não seja suficiente para garantir a preservação do bem. O restauro deve deter o processo de deterioração, possibilitar a estabilização e, se necessário, recompor perdas que comprometam a leitura e o uso, devolvendo ao bem o seu potencial (BRANDI, 2004). Os procedimentos mais utilizados no restauro das peças siderúrgicas são:

A) Recomendações gerais para o restauro e a consolidação de bens siderúrgicos: as partes dessolidarizadas de um bem siderúrgico devem ser reintegradas. A reintegração deve seguir o sistema de fixação existente garantindo a preservação da técnica original. Na impossibilidade de emprego do sistema de fixação existente, Ireland (2009) recomenda o emprego de pinos metálicos inoxidáveis, acompanhados de arruelas de nylon, para impedir o contato entre os materiais diversos e a corrosão galvânica. Em último caso, pode-se empregar adesivo epóxi.

As partes/peças perdidas e as discontinuidades devem ser recompostas. A recomposição deve ser realizada com próteses, réplicas, obturações ou com costuras (IRELAND, 2009). As próteses, as réplicas as obturações podem ser confeccionadas em materiais similares aos existentes ou em materiais poliméricos, como executado no Chafariz do Terreiro de Jesus, em Salvador (Figura 1).

Deve-se atentar para o fato de que o contato entre peças metálicas de composição similar, mas de idades distintas, pode desencadear a corrosão. É conveniente, que as próteses metálicas sejam isoladas do contato com as superfícies da peça que se deseja recuperar.



Figura 1: Aplicação de próteses poliméricas em chafariz do século XIX, localizado no Terreiro de Jesus, em Salvador. Fonte: Acervo do autor.

Como as reintegrações, as recomposições devem, quando possível, ser fixadas com sistemas similares aos existentes, com pinos inoxidáveis, com adesivo epóxi ou com solda. Destaca-se que materiais como o ferro fundido exigem processos de soldagem específicos e que existem infinitudes de tipos de solda, algumas das quais, como a brasagem, e a solidarização com chumbo, retomam técnicas tradicionais devendo ser priorizadas.

Diante das soluções apontadas para as perdas, as lacunas e as discontinuidades materiais, fica evidente que nem sempre as melhores soluções envolvem a retomada dos materiais originais, como recomendam as cartas patrimoniais. Quiçá, para a solução destas patologias, a prevenção da corrosão galvânica e a retomada da unidade originária (BRANDI, 2004), deve-se considerar a matéria como epifania da imagem, como suporte para preciosos valores estéticos (CARBONARA, 2006) e não apenas como testemunho material.

B) Tratamento superficial e prevenção à corrosão: o tratamento das peças siderúrgicas, acometidas pela corrosão, inclui a inspeção, a limpeza e a remoção de contaminantes, a remoção do subproduto da corrosão e a proteção da peça, para que o processo corrosivo não seja retomado.

O artefato corroído deve passar por inspeção para a avaliação do comprometimento, para a detecção de contaminantes e de defeitos. Normas, como a ISO 8501-1, a SSPC – VIS 4/ NACE VIS e a ASTM D610, estabelecem parâmetros de comprometimento, por corrosão, de peças de aço. A inspeção deve ser seguida por lavagem, com água e sabão neutro para a remoção das sujidades e dos contaminantes. Solventes podem ser utilizados para a remoção de contaminantes gordurosos. A peça deve ser completamente seca.

Após a lavagem, deve-se proceder a remoção de contaminantes, da ferrugem e/ou das camadas indesejáveis de pintura e o preparo da superfície para a aplicação dos protetivos e das tintas,

normalmente executados com o jateamento abrasivo ou com escovas e lixas. Essa operação deve remover tudo aquilo que impeça o contato da tinta/protetivo com o metal são, deve ainda dotar a superfície da rugosidade necessária à adesão das camadas de revestimento, como executado no restauro da estátua da Deusa Flora (Figura 2). Da execução precisa desta operação, depende a efetividade da camada de proteção/pintura aplicada (NUNES e LOBO, 2007). Normas com a ISO 8501-1 e a NACE-VIS 7, estabelecem parâmetros para a limpeza e o preparo das superfícies.



Figura 2: Jateamento abrasivo da estátua da Deusa Flora, fabricada no século XIX e instalada em Salvador, com remoção total das camadas de pintura dos subprodutos da corrosão. Fonte: acervo do autor.

A proteção da peça costuma ser empreendida com pintura, criando-se uma película que separa o metal-base do meio corrosivo e que pode ter caráter passivador (CHIAVERINI, 2008). Existe uma infinidade de protetivos, de tintas e de possibilidades de aplicação, que abrangem desde os tradicionais protetivos a base de chumbo e as tintas à óleo, aplicados com pinceis, como nos séculos passados (MACHADO, 2018) até métodos e materiais contemporâneos como as tintas epoxídicas ou poliuretânicas e os aspersores.

Deve-se atentar que as normas nem sempre serão adequadas para a lida com bens patrimoniais, sobretudo aqueles que não tenham natureza estrutural. Isso porque o valor de bem histórico ultrapassa a sua integridade material. Por exemplo: não há porque se descartar uma peça siderúrgica ornamental de valor histórico e cultural, apenas porque ela encontra-se gravemente acometida pela corrosão. Pode-se trata-la usando inibidores/conversores de ferrugem.

Convém lembrar que a limpeza abrasiva pode representar a perda completa da ferrugem, de feições finas, da textura e das camadas antigas de revestimento, atentando contra a manutenção das marcas de fabrico e da passagem do tempo (BRANDI, 2004 e CARBONARA, 2006). De fato, para peças fragilizadas, com feições delicadas, com marcas de ferramentas de fabrico, pinturas preciosas e sem uso estrutural, há de se considerar as possibilidades de: uso de conversores de ferrugem; uso de limpezas químicas com ácidos diluídos (OLIVEIRA, 2006); de restrição da limpeza/remoção da pintura às áreas afetadas pela corrosão, seguida pela recomposição do revestimento, com materiais e técnicas similares ao existente.

Caberá ao profissional responsável pelo restauro ponderar se o testemunho das texturas e das pinturas são de fato valiosos e se esses métodos de limpeza, menos invasivos, serão capazes de livrar o artefato siderúrgico da corrosão. Em favor da manutenção da memória, o profissional responsável poderá valer-

C) Peças estruturais: além de contemplar as recomendações descritas, deve, se necessário, adotar medidas de reforço/estabilização. Essas intervenções só devem ser propostas para as estruturas que não tenham atingido um novo equilíbrio. Na impossibilidade de constatação desse novo equilíbrio, recomenda-se que as intervenções de reforço e estabilização sejam empreendidas sempre que resultarem em alívio de cargas e na neutralização de esforços (MACHADO, 2018). Não existe procedimento padrão recomendado para o reforço e a estabilização de estruturas metálicas. Cabe à criatividade e ao bom senso do projetista, a elaboração de proposta capaz de sanar a patologia, sem comprometer a leitura e a integridade do bem.

4. Conclusões

Demonstra-se o quão complexas são as questões que envolvem o restauro dos bens siderúrgicos de valor histórico e cultural, sejam eles artefatos isolados ou edificações. Evidencia-se que o restauro dessa tipologia patrimonial, como destaca Kühl (2008), antes de ser uma simples operação técnica, é um ato crítico, que requer ética e, conhecimento teórico, conhecimento técnico e criatividade do restaurador.

Referências

- BREHM, Feliciane Andrade. **Emissão óptica de uma liga de aço AISI/SAE 10**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Minas, Metalurgia e em Materiais. Da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1999.
- BRANDI, Cesare. **Teoria da Restauração**. Cotia: Ateliê Editorial, 2004.
- CAMPOS, Guadalupe. **Técnicas microanalíticas da arqueometalurgia**. In Revista Artes e Ofício: Metais, Restauração e Conservação. Rio de Janeiro: In-Fólio, 2009. p. 79 a 83.
- CARBONARA, Giovanni. **Brandi e a restauração arquitetônica hoje**. Tradução de Beatriz Mugayar Kühl. In *Desígnio*, nº 6, p. 35-47. 2006.
- CHIAVERINI, Vicente. **Aços e ferros fundidos: Características gerais, tratamentos térmicos e principais tipos**. 6º ed. São Paulo: Associação Brasileira de Metais, 2008.
- CUNHA, Cláudia dos Reis. **Restauração: diálogos entre a teoria e a prática no Brasil nas experiências do IPHAN**. Tese. FAU-USP. São Paulo: 2010.
- KÜHL, Beatriz Mugayar. **Preservação do Patrimônio Arquitetônico da Industrialização: Problemas teóricos do restauro**. Cotia: Ateliê Editorial, 2008.
- MACHADO, Elias José de Almeida. **O emprego do ferro na arquitetura da Cidade de Salvador entre os anos de 1808 e 1939: estudo e contribuições para intervenções de restauro**. Dissertação de mestrado. PPGAU-UFBA. Salvador: 2018.
- OLIVEIRA, Mário Mendonça de. **Tecnologia da Conservação e da Restauração: Materiais e Estruturas**. 3. ed. Salvador: EDUFBA, 2006.
- THE INTERNATIONAL COMMITTEE FOR THE CONSERVATION OF THE INDUSTRIAL HERITAGE. **Carta de Nizhny Tagil sobre o patrimônio industrial**. 2003.

**Parâmetros para a implantação de reservas técnicas de têxteis:
Um estudo de caso sobre a implantação do roteiro de procedimentos do Setor de Têxteis do
Museu Paulista/USP na UEMG-Passos**

Glenda Máira Silva Melo^{1,2*}, Luiz Antônio Cruz Souza¹, Willi de Barros Gonçalves¹
¹ Escola de Belas Artes, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte (Brasil)
² Escola de Design, Universidade do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte (Brasil)
*glenda.melo@uemg.br

Palavras-chave: Conservação preventiva de coleções de têxteis; Reservas técnicas de museus;
Diagnóstico de condições de conservação.

1. Introdução

De acordo com o extinto Museums, Libraries and Archives Council (2005) do Reino Unido, no início do século XXI, era uma tendência entre os museus optar por preservar o estado original dos objetos ao invés de tentar realizar sua "cura". Acredita-se, segundo Braga e Paula (2004), que, nessa época, boa parte das instituições brasileiras tenha passado a reconhecer a necessidade de adotar políticas preservacionistas voltadas para a conservação de suas coleções. Apesar disso, em nosso país, segundo Martins e Saad (2014), ainda conhece-se muito pouco sobre os procedimentos ideais para prolongar a integridade física do patrimônio material têxtil.

O despreparo para lidar com os artefatos têxteis, segundo Reis (apud ALVARENGA, 2014), atinge tanto as coleções particulares quanto públicas e é perpetuado, de acordo com Silveira (2006), graças a uma política preservacionista ainda em estado de desenvolvimento, a predominância de uma visão restaurativa nas instituições, a escassez de cursos de formação profissional e o baixo fomento para a capacitação profissional no exterior.

A bibliografia internacional específica sobre o assunto, segundo Alvarenga (2014), também não é capaz de nos oferecer todas as respostas que necessitamos, pois a diferença entre ecossistemas pode levar a ineficácia de alguns procedimentos.

A pouca quantidade de referências bibliográficas disponíveis em língua portuguesa é outro fator que, segundo Silveira (2006), limita a formação profissional do conservador têxtil.

Aliado a um cenário nacional de recursos limitados para a contratação de profissionais especializados, a administração apropriada do patrimônio têxtil tornou-se um desafio para diversos tipos de instituições brasileiras: "Museus históricos, antropológicos, de arte e de moda, assim como os teatros e arquivos em todo país abrigam, hoje, milhares de objetos têxteis e tecidos que aguardam curadoria especializada" (PAULA, 2006, p.13).

A solução adotada por profissionais e instituições nacionais que desejam se capacitar no tratamento de acervos têxteis tem sido a obtenção de orientação especializada junto ao Setor de Têxteis do Museu Paulista da Universidade de São Paulo.

Fundado pelo Museu Paulista em 1993, o Setor de Têxteis é hoje uma referência para a área de conservação tanto em âmbito nacional como internacional (informação verbal)¹.

A necessidade de oferecer armazenamento e gerenciamento adequados ao acervo histórico de roupas, calçados e acessórios de vestuário da Unidade Acadêmica de Passos da Universidade do Estado de

¹ Informação fornecida pela Dra. Teresa Cristina Toledo de Paula durante palestra Projeto Replicar: a construção de uma metodologia de trabalho e pesquisa em indumentária histórica em museus conferida na Fundação Casa Rui Barbosa, Rio de Janeiro, 2012.

Minas Gerais (UEMG-Passos), levou-nos a recorrer ao Setor de Têxteis do Museu Paulista para encontrar possíveis formas de superar as condições prediais desfavoráveis da única sala disponível na unidade para a instalação de uma reserva técnica de têxteis.

Baseado em parâmetros internacionais de conservação preventiva, o setor orienta a utilização de um roteiro específico de procedimentos para realizar a adequada salvaguarda de coleções de vestuário e afins.

O objetivo deste estudo é apresentar um estudo de caso sobre o referido roteiro e os resultados obtidos através de sua aplicação.

O objetivo deste resumo é apresentar o referido roteiro e os resultados da sua aplicação ao estudo de caso.

2. Metodologia

Para a efetivação desta investigação, optou-se por realizar um estudo de caso sobre a 0 roteiro de procedimentos para salvaguarda do patrimônio material têxteis indicado pelo Setor de Têxteis do Museu Paulista da Universidade de São Paulo para a estruturação da reserva técnica de têxteis da UEMG-Passos.

3. Resultados e discussão

O Setor de Têxteis do Museu Paulista da USP estabelece como roteiro, para a salvaguarda de têxteis, os seguintes procedimentos:

1. Caracterização das coleções.
 - 1.1. O que são.
 - 1.2. Tipos de objetos.
 - 1.3. Materiais (tecidos planos ou tridimensionais).
2. Caracterização da área de armazenagem ou exposição.
 - 2.1. Caracterização do ambiente.
 - 2.1.1. Área disponível.
 - 2.1.2. Temperatura.
 - 2.1.3. Umidade relativa.
 - 2.1.4. Poluição.
 - 2.1.5. Outros.
3. Descrição do estado de conservação das peças.
4. Elaboração de proposta de conservação.
 - 4.1 Acondicionamento.
 - 4.1.1. Espaço disponível.
 - 4.1.2. Materiais disponíveis no mercado.
 - 4.1.3. Orçamento existente.
 - 4.2. Documentação.
 - 4.2.1 Laudo técnico geral.

4.2.2. Fotografiação.

4.3. Higienização.

4.4. Preparação de suportes e embalagens.

4.4.1 Identificação de materiais adequados disponíveis no mercado.

5. Definição de forma de acesso ao acervo.

5.1. Pesquisa.

5.2. Público.

5.3. Formas de acesso (restrito ou irrestrito).

O estudo de tais procedimentos, durante visita técnica ao Setor, permitiu aplicar este roteiro durante o processo de implantação da reserva técnica de têxteis na UEMG-Passos.

A etapa de caracterização das coleções permitiu identificar o tipo, as dimensões e a quantidade das peças do acervo a serem armazenadas.

A etapa de caracterização da área de armazenagem permitiu identificar os riscos oferecidos ao acervo pelo espaço físico e seu entorno. A partir dessas informações definiu-se um *layout* seguro para a disposição de mobiliários, equipamentos, materiais de consumo e itens da coleção. O *layout* estipulado foi fundamental para a proteção do acervo durante os meses em que há riscos de infiltração no espaço devido ao excesso de chuva: tanto o acervo e quanto os equipamentos foram posicionados de forma a evitar as regiões em que haviam marcas antigas de goteira no teto. Tal disposição impediu que as peças e os equipamentos fossem encharcados pelas infiltrações que ocorreram nos meses de novembro e dezembro de 2019.

Na etapa de descrição do estado de conservação das peças, foi possível realizar um exame mais apurado do estado físico de cada item e identificar manchas de bolor e sinais de ataques de cupins em algumas bolsas e calçados da coleção. Para o controle das referidas pragas estipulou-se um protocolo de controle de ambiente que consistia em realizar a higienização periódica do espaço, promover maior circulação de ar, identificar e minimizar possíveis rotas de entrada de pragas. A implantação do protocolo foi essencial para o controle da infestação de cupins e fungos que vinham causando a degradação do acervo.

De posse das informações sobre dimensões, quantidade e tipos de peças, obtidas durante a etapa de caracterização da coleção, foi possível estipular a quantidade de matérias de consumo e equipamentos necessário para a elaboração da proposta de conservação do acervo.

Na etapa de definição de formas de acesso ao acervo, foi possível chegar a um consenso de que a melhor forma de se evitar o desaparecimento e o manuseio inapropriado de equipamentos da reserva e itens da coleção seria estipulando-se a circulação restrita de pessoas.

4. Conclusões

Políticas preservacionistas incipientes, a presença de uma visão restaurativa em grande parte das instituições, a escassez de formação profissional qualificada e a carência de literatura especializada têm contribuído para que a administração apropriada do patrimônio material têxtil se torne um desafio em nosso país.

Instituições museais e profissionais interessados em atuar na conservação de têxteis têm recorrido à orientação especializada oferecida pelo Setor de Têxteis do Museu Paulista da Universidade de São Paulo.

V Escola de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio (V EARCAP)
II CONGRESSO BIENAL DA ANTECIPA (ANTECIPA-2020)
(Associação Nacional de Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Patrimônio)
16 e 20 de novembro de 2020, evento on-line, Brasil

O Setor oferece um roteiro específico para a salvaguarda de têxteis que foi utilizado durante o processo de implantação da reserva técnica de têxtil na UEMG-Passos. Sua aplicação permitiu superar problemas de adaptação de mobiliário, controle de pragas (cupins e fungos), segurança do acervo e disposição de mobiliário, equipamentos, materiais de consumo e itens da coleção.

Agradecimentos

Ao Museu Paulista da Universidade de São Paulo e a Teresa Cristina Toledo de Paula, conservadora responsável pelo Setor de Têxteis do Museu.

Referências

ALVARENGA, N. V. **Balanco Histórico da Produção Científica sobre Conservação e Restauração de Têxteis no Brasil**. 2014. 49f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2014.

BRAGA, G. B; PAULA, T. C. T. Introdução. In: MUSEUMS, LIBRARIES AND ARCHIVES COUNCIL (org). **Museologia** - Roteiros práticos. V.9 [Conservação de coleções]. São Paulo: EDUSP; Vitae, 2004.

MARTINS, L. T.; SAAD, D. de S. **Patrimônio Têxtil**: obstáculos na gestão de acervos em tecido pertencentes ao Museu Municipal Parque da Baronesa (MMPN). Revista Eletrônica Ventilando Acervo, Florianópolis, v. 2, n.2, p. 24-34, nov. 2014.

MUSEUMS, LIBRARIES AND ARCHIVES COUNCIL (org). **Museologia**: Roteiros práticos. V.9 [Conservação de coleções]. São Paulo: EDUSP; Vitae, 2004.

PAULA, T. C. T. de (Org.). **Tecidos e sua conservação no Brasil**: museus e coleções. São Paulo: Museu Paulista/USP, 2006.

SILVEIRA, L. Reflexões sobre a prática de conservação/restauração de têxteis no Brasil. In: PAULA, T. C. T. de (Org.). **Tecidos e sua conservação no Brasil**: museus e coleções. São Paulo: Museu Paulista/USP, 2006.

**Orientação, aplicação e conservação das paletas de cores do Conjunto
Arquitetônico, Urbanístico e Paisagístico de São Cristóvão/SE:
Estudo das percepções sociais e visuais de técnicos, turistas e residentes.**

Janaina C. Mello^{1*}

¹*Departamento de História, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão (Brasil)*

**janainamello.ufs@gmail.com*

Palavras-chave: Conservação; Estética; Paleta de Cores; Degradação cromática; Patrimônio Cultural.

1. Introdução

Data de 1590 a fundação de São Cristóvão, circundada pelo rio Sergipe, quarta cidade mais antiga do Brasil, sendo a Praça São Francisco expoente das marcas da colonização portuguesa, durante a União Ibérica (1580-1640), e da Ordem Franciscana erigida sob o estilo barroco litorâneo, com edificações em um quadrilátero de acordo com as mensurações de altura e largura preconizadas na Lei IX das Ordenações Filipinas (ARAGÃO, 2011).

Espaço composto por uma arquitetura que acondicionou até o século XIX os poderes administrativos e religiosos em Sergipe, possui edificações destinadas às igrejas, conventos, Santa Casa da Misericórdia, Ouvidoria, palácio de governo, mantendo o trânsito de manifestações da cultura imaterial popular religiosa (procissão e festa do Senhor dos Passos, Fogaréu na Semana Santa, festejos juninos e natalinos) e profana (folguedos com apresentação de grupos de canto e dança que mesclam ancestralidades africanas e indígenas, além de portuguesas).

No decorrer do século XX, alguns prédios passaram a abrigar exposições de longa e curta duração, à exemplo do Museu Histórico de Sergipe (antigo Palácio dos Governadores), do Museu de Arte-Sacra (antiga Capela da Ordem Terceira) e do Museu de Ex-Votos, voltando-se para a Educação Patrimonial e o Turismo Cultural (ARAGÃO, 2018).

A Praça São Francisco recebeu em 2010 a chancela de patrimônio cultural da humanidade pela Unesco, uma vez que seu espaço arquitetônico foi considerado de excepcional valor pelo ICOMOS (2010), refletindo sua historicidade, desenvolvimento e uso social ao longo do tempo.

O documento do ICOMOS (2010) revelou a preocupação do comitê de avaliação com o impacto das mudanças climáticas relativas à vulnerabilidade às tempestades e chuvas pesadas, contribuindo para a degradação física dos prédios, apontando a necessidade da preparação de planos de risco à conservação do patrimônio material da Praça São Cristóvão.

Ressaltou ainda a necessidade de uma gestão contínua, compartilhada e responsável para proteção, conservação e manutenção deste patrimônio via integração do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (Iphan), Arquidiocese Católica de Sergipe e governos municipal e estadual, além dos proprietários de domicílios particulares na área, uma vez que a população residente na área central e dos entornos deve ser envolvida nos processos de compartilhamento de informação, formação e decisão (ICOMOS, 2010).

Destarte, o objetivo desse trabalho é avaliar a salvaguarda das fachadas das construções históricas da Praça São Francisco, tendo por norte a identificação do conhecimento das orientações, aplicações e conservação da paleta de cores definida pelo Iphan no seu conjunto urbano e paisagístico patrimonializado, bem como os danos que comprometem sua durabilidade e estética.

2. Metodologia

Foi fundamental o estudo, de 2016, da arquiteta Andrea Romão Silva (UniNassau) cuja perspectiva articula investigação histórico-documental e técnico-arquitetônica (estratigrafia e amostragem) de alguns monumentos no centro histórico de São Cristóvão.

Foram realizadas visitas técnicas ao espaço, em 2019, para registros fotográficos e consultas informais sobre o aspecto social visual das orientações, aplicação e conservação da paleta de cores.

A Paleta de Cores A para São Cristóvão, produzida pelo Iphan (elaborada pelo arquiteto Juliano Loureiro de Carvalho) para imóveis com tombamento individual e imóveis com características coloniais. As paletas trazem a orientação visual quantitativa e qualitativa da escala cromática (figura 1), norteou essa pesquisa:



Figura 1: Paleta de Cores A, Iphan-SE. **Fonte:** Fotos Autoria própria, 2020

Os dados quantitativos foram obtidos aplicando a Metodologia Q junto a três grupos sociais (categoria 1. Técnicos [Casa do Iphan-SE/série azul; Prefeitura/série vermelha e Arquitetos/série verde]; categoria 2. Turistas [locais/série azul, nacionais/série vermelha e internacionais/série verde] e categoria 3. Residentes [centro/série azul; cidade baixa/série vermelha e povoados/série verde] sobre sua percepção visual da degradação cromática nas edificações. A matriz qualitativa das séries baseou-se em três parâmetros: a) maior, b) razoável e c) insuficiente.

A opção pela Metodologia Q se deu em razão dessa pesquisa ter por objetivo coletar as percepções de amostragens distintas, desse modo, os procedimentos envolvem a definição de grupos compostos por especialistas na área (técnicos), observadores com um maior distanciamento da geografia pesquisada (turistas) e pessoas com vivência cotidiana nessas localidades por integrarem as comunidades residentes. O quantitativo em cada grupo compreende de 10 a 15 participantes aos quais são apresentadas fotografias dos espaços de patrimônio cultural, os quais devem responder perguntas a partir de sua visualização/percepção atribuindo uma numeração crescente ou decrescente de acordo com a matriz qualitativa aplicada. Após a coleta das impressões, as imagens são organizadas

conforme sua pontuação e são elaborados os perfis dos grupos compondo gráficos ou tabelas quantitativas que serão analisados qualitativamente (COUTO *et alii*, 2011).

3. Resultados e discussão

São três as paletas de cores preparadas pelo Iphan para a área central de São Cristóvão, de acordo com o mapeamento por áreas, sendo a Paleta de Cores A destinada o espaço ao redor da Praça São Francisco, Praça Getúlio Vargas e Praça do Carmo contendo edificações de características coloniais (figura 1); a Paleta de Cores B, compreende construções de distintas temporalidades, incluindo as mais recentes e a Paleta de Cores C abrange a maioria das casas novas que integram o conjunto arquitetônico e paisagístico. Material preparado desde 2004 e concluído entre 2018 e 2019.

Os registros fotográficos das edificações da Praça São Francisco (figura 2) evidenciaram: 1. o cumprimento correto das orientações e aplicação da Paleta de Cores A; 2. danos às pinturas das fachadas das edificações da praça com menor e/ou maior intensidade visual; 3. observação das causas de degradação nas fachadas prediais (infiltrações, mofo e desbotamento de cor causados por agentes naturais – chuvas, sol, poeira, proximidade de bacias hidrográficas – e humanos, como pichações).



Figuras 2: Fachadas - antiga Santa Casa da Misericórdia, Convento Santa Cruz e Museu de Arte Sacra, lateral de uma das residências na Praça São Francisco. Fonte: Fotos Autoria própria, 2019.

No que tange ao estado de degradação evidenciou-se a morosidade dos órgãos de gestão pública e patrimonial na execução de ações de conservação preventiva das fachadas (limpeza periódica e repintura com menor intervalo de tempo). Não há pichações nas fachadas das edificações na Praça São Francisco (talvez em razão do monitoramento por câmeras), mas estas cobrem as laterais de algumas construções residenciais em ruas anexas, sendo ainda possível notar nestas áreas a presença de infiltrações e revestimento deteriorado mais acentuado.

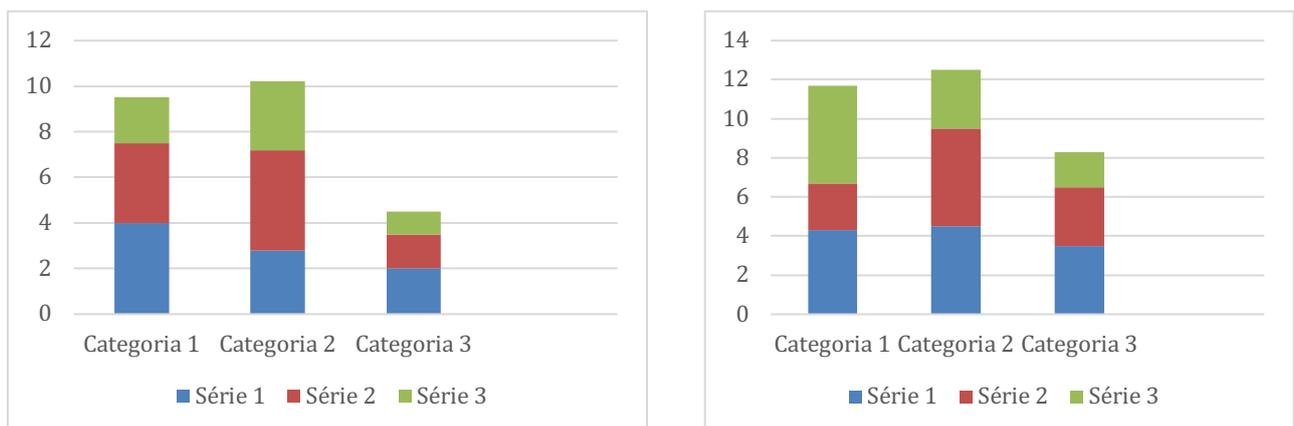


Figura 3: Gráficos de Percepção Social Visual. 1) Percepção social visual do conhecimento das orientações e aplicações cromáticas. 2) Percepção social visual de degradação cromática das fachadas. Fonte: Elaboração própria, 2020.

A Metodologia Q com distintas categorias indagou: 1. A partir da visualização das edificações da Praça São Francisco é possível identificar quais níveis de conhecimento da orientação e aplicação da Paleta de Cores produzida pelo Iphan? (gráfico 1) 2. A partir da mesma visualização quais níveis de degradação das edificações se pode perceber? (gráfico 2).

No gráfico 1 a percepção da gestão do Iphan e da prefeitura convergem ao afirmar o maior conhecimento das orientações e aplicação da paleta de cores nas edificações da praça, porém os arquitetos divergem, pontuando deficiências principalmente junto aos residentes. As percepções da categoria 2 trazem a convergência de turistas locais e internacionais no maior conhecimento do uso das paletas, enquanto os turistas nacionais elogiam o conhecimento das orientações e aplicação das cores pelos gestores. Os moradores, categoria 3, mostram conhecimento insuficiente das orientações e aplicações das cores, sobretudo aqueles dos povoados que transitam pelo centro por trabalho.

O gráfico 2 revela que os arquitetos, seguidos pelo Iphan, na categoria 1, identificam o maior impacto de degradação nas fachadas das edificações; enquanto a prefeitura minimiza os danos. A categoria 2, composta por turistas, demonstra que os visitantes nacionais evidenciam a maior degradação, seguidos pelos locais, enquanto os internacionais não enfatizam a questão. A categoria 3, tanto os residentes do centro histórico quanto os da baixa, manifestou impacto razoável dos danos, por outro lado, os moradores dos povoados visualizaram um impacto menor.

Andrea Romão Silva (2016) pesquisou seis monumentos religiosos de São Cristóvão (Igreja Matriz Nossa Senhora da Vitória, a antiga Capela da Santa Casa da Misericórdia, Conjunto da Ordem do Carmo, Igreja da Ordem Franciscana, Igreja de Nossa Senhora do Amparo e Igreja de Nossa Senhora do Rosário dos Homens Pretos). Analisou a documentação do Iphan-SE e do Arquivo Noronha Santos (RJ) nos anos de 1939, 1941, 1948, 1956, 1976, 2016, comparando fotografias de diferentes temporalidades e trazendo informações dos técnicos do órgão nas ações de raspagem da pintura para identificação das camadas e cores originais. A arquiteta abordou ainda as tradicionais tabelas cromáticas manuais, com o modelo de amostragem visual por meio de comparações visuais diretas entre a cor padronizada na cartela e a cor do revestimento arquitetônico mensurado.

Também apontou a utilização mecânica/científica de maior precisão através do espectrocolorímetro da Pantone (*Pantone Color Cue*) para capturar cores desconhecidas e fazer referência direta entre a mesma e as cores catalogadas no banco de dados. O procedimento permitiu à pesquisadora sequenciar o revestimento: argamassa, amarelo, branco e amarelo. As análises laboratoriais na UFBA, com testes microquímicos nos materiais coletados pelos cortes estratigráficos, revelaram a presença de óxido de ferro com material terroso nas pinturas (SILVA, 2016). Os resultados dessa pesquisa foram organizados e fichas informativas, configurando uma importante memória das cores no patrimônio histórico material sancristovense.

4. Conclusões

O trabalho de Andrea Romão Silva, em 2016, através da documentação de arquivos, espectrocolorímetro, estratigrafia, análises laboratoriais aprofundou os estudos da cromatização dos procedimentos de restauração e repintura, de modo a garantir a originalidade histórica nas edificações. Valiosos procedimentos para os técnicos do Iphan na salvaguarda do patrimônio cultural material.

Mas, chega primeiro e de forma inteligível aos turistas e residentes a percepção social visual das cores dos prédios e seus danos. O impacto da degradação estética do patrimônio é propagado por turistas na visão de que o espaço sofre o descaso de gestores e técnicos, colocando em xeque a titulação de patrimônio mundial. Agravante maior é a reduzida familiaridade dos residentes das paletas de cores e a naturalização dos danos por quem mora mais distante do centro. A falta de informação e formação implica na ausência da comunidade na proteção e auto identificação com aquela cultura material.

V Escola de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio (V EARCAP)
II CONGRESSO BIENAL DA ANTECIPA (ANTECIPA-2020)
(Associação Nacional de Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Patrimônio)
16 e 20 de novembro de 2020, evento on-line, Brasil

Por isso, ponderando sobre a premissa de que “a cor é resultado da combinação da capacidade de absorção ou reflexão do objeto, somada à resposta do observador”, sendo, portanto, “um fenômeno comum a mais de uma ciência, - a física óptica e a psicologia -, que consideram a cor uma sensação provocada pela luz sobre o órgão da visão” (BEZERRA; NAPPI, 2012, p.74), pesquisas que interajam com o público extramuros dos círculos científicos e administrativos dos estudos e gestão do patrimônio cultural edificado são essenciais para apreender as diversas facetas da recepção deste na sociedade. Contribuindo para a adoção de políticas públicas de conservação preventiva e restauro integradoras dos diferentes segmentos da sociedade que transitam por centros históricos.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Copes/UFS pelas bolsas PIBIC (2019-2020) para os graduandos Luan e Romero (DHI-UFS), aos técnicos do Iphan-SE e da Prefeitura de São Cristóvão, bem como os turistas que contribuíram para a pesquisa.

Referências

ARAGÃO, Ivan Rêgo. Praça São Francisco em São Cristóvão-Sergipe-Brasil: lócus sociocultural e patrimônio da humanidade. *Revista Eletrônica do Programa de Pós-Graduação em Museologia e Patrimônio* – UniRio/MAST, (4), 2, 2011: 97-109.

ARAGÃO, Ivan Rêgo. O imaginário da cidade de São Cristóvão: patrimônio, turismo cultural e elementos em pedra calcária, no centro antigo. *Revista Turismo & Cidades*, UFMA, (1), 1, 2019: 39-56.

BEZERRA, Ana Luísa Furquim; NAPPI, Sérgio Castelo Branco. Identificação das cores de fachadas de edificações históricas. *Revista Eletrônica do Programa de Pós-Graduação em Museologia e Patrimônio* – Unirio/MAST, (5),1, 2012: 69-86.

COUTO, M.; FARATE, C.; RAMOS, S.; FLEMING, M. A metodologia Q nas ciências sociais e humanas: O resgate da subjectividade na investigação empírica. *Psicologia*, 25(2), 2011: 7-21

ICOMOS. *Advisory Body Evaluation São Francisco Square in São Cristóvão (Brazil)*, nº1272. Unesco, 2010. Disponível em: <https://whc.unesco.org/en/list/1272/documents/>, acesso em: 25/06/2020.

IPHAN. *Cores de São Cristóvão*. Paletas de Cores para uso no Conjunto Arquitetônico, Urbanístico e Paisagístico de São Cristóvão – Sergipe. São Cristóvão: IPHAN/MinC, s/d.

SILVA, Andrea Costa Romão. Processo metodológico para leitura cromática de elementos arquitetônicos tradicionais. *Conservar Patrimônio*, (23), 2016: 141-154.

Falsa Cor de Infravermelho: Um Estudo Experimental na Identificação de Pigmentos Utilizados por Portinari

Maria Tereza Dantas Moura¹, Mariana Souza Barros Onofri²,

¹*Programa de Pós-Graduação em Artes, Escola de Belas Artes, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte (Brasil)*

²*Bacharelado em Conservação-Restauração de Bens Culturais Móveis, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte (Brasil)*

Palavras-chave: Documentação científica por imagem; Falsa cor por infravermelho; Pigmentos; Fotografia digital; Conservação-restauração.

1. Introdução

A documentação científica por imagem tem sido utilizada como suporte fundamental na área da Conservação-Restauração de Bens Culturais para o registro das imagens dos bens salvaguardados, dos objetos em estudo e dos que estão em processo de restauração. As imagens geradas utilizando-se diferentes fontes de luz servem de auxílio para o diagnóstico do estado de conservação dos objetos, bem como para complementar as informações sobre sua técnica construtiva. Dentre as técnicas mais conhecidas e utilizadas estão a Fluorescência de Ultravioleta, Infravermelho, Falsa Cor de Infravermelho, *Reflectance Transformation Imaging Radiografia X*. (LEÃO, 2015, p.142)

A técnica da Falsa Cor de Infravermelho (IRFC) possui um uso diversificado na ciência: distinção da vegetação de camuflagem para a comunidade militar, identificar doenças em plantas, registro científico, incluindo microscopia UV, varredura de imagem de microscópio eletrônico e para efeitos pictóricos incomuns (MALIN, 2007, p.533). Com a introdução e avanço da fotografia digital no campo da documentação científica por imagem do patrimônio cultural, a técnica passou a ser manipulada através de *softwares* de imagem a fim de identificar pigmentos, reintegrações cromáticas e repinturas. É uma prática não-destrutiva, ou seja, não é necessária a retirada de amostras, e é importante frisar que o método descrito considera a pátina do tempo, sujidades e camadas protetoras sobrepostas como elementos que podem dificultar o diagnóstico. Deste modo, a falsa cor de infravermelho não tem a precisão que outros métodos analíticos podem fornecer, embora seja reconhecida como uma ferramenta válida para selecionar áreas de interesse para estudos posteriores. (COSENTINO, 2016, p.4)

O presente trabalho apresenta um estudo experimental realizado sobre as variações cromáticas observadas no protótipo elaborado com pigmentos e aglutinantes conhecidos submetidos à técnica de análise científica por imagem denominada Falsa Cor por Infravermelho, seguindo as orientações metodológicas encontradas na bibliografia do tema. A partir dos resultados encontrados no protótipo foi feita uma análise comparativa com os resultados esperados apontados pelos autores Thomas Moon, Michael R. Schilling e Sally Thirkettle no artigo *A Note on the Use of False-Color Infrared Photography in Conservation* e pelo pesquisador Antonino Cosentino em seu artigo *Infrared Technical Photography for Art Examination*, levantando as dificuldades encontradas na realização do experimento, os cuidados técnicos que devem ser levados em conta e as contribuições que essa técnica pode trazer para a área da Conservação-Restauração de Bens Culturais.

O estudo tem por objetivo elucidar sobre a técnica de análise científica por imagem denominada Falsa-Cor de Infravermelho, tanto no modo de obtenção da imagem quanto nas interpretações possíveis, fazendo com que a prática desse exame científico seja mais acessível para alunos e profissionais da área da Conservação-Restauração. Como objetivo secundário o estudo visa certificar os procedimentos metodológicos sugeridos pela bibliografia para futuras aplicações desta técnica como complementar nas análises científicas das pinturas da Via-Sacra (1945) de Candido Portinari.

2. Metodologia

Para a realização deste estudo foi pensado um protótipo baseado em um conjunto de pigmentos presentes na paleta de cores do artista brasileiro Candido Portinari, segundo registros feitos pelo próprio artista¹ Foram selecionados 24 pigmentos - 23 dos escolhidos, da marca Kremer® , faziam parte da paleta de cores do artista, e uma referência de Branco de Titânio (TiO₂) da marca BEMA® Tintas. A eleição do aglutinante fez-se com base em dois pressupostos: ser uma técnica artesanal de fácil manuseio e preparo e estar de acordo com as técnicas artísticas utilizadas por Portinari para a realização da Via-Sacra. Sendo escolhido então a têmpera a ovo.

Para o preparo da tela de 30 x 40 cm com tecido de algodão, optou-se pela não utilização de base de preparação, esperando por uma menor interferência nos resultados obtidos. O tecido Americano-cru devidamente lavado foi estirado no chassi, os quadrados destinados ao preenchimento das cores foram desenhados a lápis e anotados os códigos abaixo de cada um. As tintas foram preparadas com uma parte de gema de ovo para duas partes de água deionizada, a mistura macerada com o pigmento até a formação de uma pasta homogênea e aplicada com pinceladas horizontais e verticais.

Uma vez o protótipo seco foi realizada a documentação fotográfica, em luz visível e luz infravermelha no Laboratório de Documentação Científica por Imagem (iLab) do CECOR, UFMG.

Para a fotografia de luz visível (Figura 1), foram colocados dois quadros de iluminação Digital Light Mako® 120 Volts nas laterais esquerda e direita do protótipo, a 45 graus. As lâmpadas são Osram Dulux L 55W/954. Foram feitas duas fotos com luz visível - sem a cartela de cores e com a cartela de cores, para posterior gerenciamento de cores no software. A câmera utilizada foi a Nikon® D60 com filtro Hot Mirror Tiffen®, para barrar a luz infravermelha. As configurações utilizadas para que a fotografia permanecesse o mais nítida possível foram ISO = 100; Balanço de branco (WB) pré-definido; tempo de exposição = ¼ segundos; foco = 11.

Para a fotografia com luz infravermelha (Imagem 2), foram colocados dois quadros Q-Lite Mako® com lâmpada incandescente de 1000 Watts nas laterais esquerda e direita do protótipo, a 45 graus. A câmera utilizada foi, também, a Nikon® D60, porém com o filtro Cokin, para barrar a luz visível. Assim como as primeiras fotos, as configurações da câmera foram alteradas para que a fotografia permanecesse o mais nítida possível. Deste modo, ISO = 100; Balanço de branco (WB) pré-definido; tempo de exposição 1/13 segundos; foco = 11. Ambas as imagens foram realizadas na mesma condição espacial, tanto para a câmera quanto para a iluminação.

Para a geração da imagem através da técnica de Falsa Cor por Infravermelho foi realizado o procedimento sugerido por Antonino Cosentino. A metodologia de Cosentino é descrita em textos e em vídeo tutorial², segundo ele, a imagem gerada através da técnica é criada por meio da edição das fotografias de luz visível e luz infravermelha do mesmo cenário, e, além disso, a imagem é executada ao transformar, respectivamente, o canal verde e o vermelho da fotografia de luz visível em canal azul e verde da imagem de falsa-cor, e o canal vermelho da IRFC é representado pela imagem feita com a luz infravermelha. Logo, faz-se necessário que as duas imagens estejam exatamente na mesma posição, para que a imagem de Infravermelho possa se mesclar na imagem de luz visível sem gerar ruído.

¹ As informações sobre os pigmentos utilizados por Candido Portinari foram consultadas na tese de Alessandra Rosado. **História da Arte Técnica: um olhar contemporâneo sobre a práxis das Ciências Humanas e Naturais no estudo de pinturas sobre tela e madeira.** 2011.

² “Infrared False Color. Mixing channels” disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=GGwL7tuovVw>



Figura 1: Protótipo. Fotografia de Luz Visível.
Foto: Cláudio Nadalin, julho/2019.

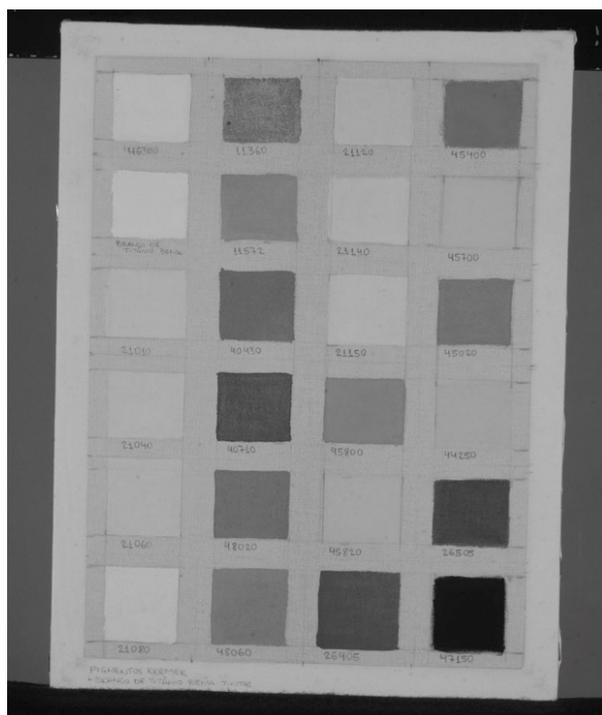


Figura 2: Protótipo. Fotografia de Luz Infravermelha.
Foto: Cláudio Nadalin, julho/2019.

3. Resultados e discussão

A tomada do resultado se deu pela sensação cromática produzida pela Falsa-Cor sem a utilização de nenhum padrão colorimétrico. A coluna do resultado esperado foi elaborada a partir do artigo *A Note on the Use of False-Color Infrared Photography in Conservation*. Neste artigo, Moon, Schilling e Thirkettle fazem uso de métodos analógicos, ou seja, não utilizam *softwares*, mas, ao contrário de Cosentino, apresentam os resultados finais de cada teste por meio de fotografia, uma tabela com o nome dos pigmentos e a sensação cromática das cores. De acordo com Moon et al., os pigmentos azuis produziram uma maior gama de cores na falsa-cor por infravermelho. Os azuis ftalocianina, índigo, cobalto e ultramar apareceram como tons avermelhados. O azul cerúleo produziu imagens de cor violeta e o azul da Prússia e azurita apareceram como azul escuro. Já os pigmentos vermelhos surgem como tons amarelados, e os pigmentos amarelos mostram-se brancos, com exceção de óxidos de ferro, cujas imagens transformam-se em tons esverdeados na IRFC. Foi observada também uma certa variação para os pigmentos verdes: quando compostos por cobre, aparecem azuis, ao passo que, quando formados por cromo, mostram-se em tons violeta ou avermelhados. (MOON; SCHILLING; THRIKETTLE, 1992)

Comparando os resultados obtidos com os resultados esperados podemos dizer que houve correspondência. As pequenas variações encontradas podem ser devido à marca do pigmento ou mesmo modo de produzir a tinta - neste artigo, é feito o uso da têmpera a ovo, e em *A Note on the Use of False-Color Infrared Photography in Conservation*, o óleo também é utilizado como aglutinante - sendo que a tendência de ir para determinada tonalidade permanece, a variação é mesmo na intensidade e nomenclatura dada.

Embora Antonino Cosentino forneça o tutorial através de vídeo, ele não apresenta uma tabela ou imagem com os resultados após a mixagem dos canais para a geração da fotografia de falsa-cor por infravermelho que possam servir para comparações.

Como o critério para a seleção de pigmentos para o protótipo foi baseado nas tintas comumente utilizadas por Candido Portinari, nem todos os pigmentos possuem correspondência na lista de resultados esperados. Dos 24 pigmentos utilizados no protótipo, 18 pigmentos são correspondentes ao experimento do artigo de referência. Os outros não haviam dados prévios para comparação. Mas como o objetivo deste experimento é, também, criar dados comparativos para as obras do Portinari, o comportamento desses pigmentos foi anotado para futuras comparações.



Figura 3: Protótipo -Técnica Falsa Cor de Infravermelho.



Figura 4: Protótipo - Técnica Falsa Cor de Infravermelho com balanço de branco.

4. Conclusões

Alguns pigmentos possuem cores que aparentam ser similares à luz visível. No entanto, diferem-se em suas composições químicas. Isto significa que estes pigmentos têm espectros de absorvância semelhantes na luz visível, mas podem diferir muito na absorvância da luz infravermelha. Assim, pigmentos de cores análogas podem ser identificados por sua absorvância na região infravermelha (BUOSO, 2009, p. 153).

A técnica de Falsa Cor de Infravermelho, embora não seja uma análise conclusiva e precisa quanto outros métodos, é uma boa técnica suplementar, pois fornece uma boa visão da obra de arte, seus pigmentos, a existência de intervenções estéticas e auxilia na conferência da autenticidade sem, contudo, danificar o objeto.

Podemos concluir através desse estudo que é possível a aplicação dessa técnica como complementar para os estudos sobre a caracterização das pinturas de Candido Portinari, principalmente para a diferenciação dos azuis. A técnica permite ter uma visão sobre a distribuição dos pigmentos na obra toda, evidenciando áreas que podem ser mais interessantes para exames pontuais.

Apesar de ser uma técnica razoavelmente simples, é necessário que se tenha o domínio do software de imagens, aplicação de um protocolo rigoroso quanto aos ajustes na sincronização das imagens, e o cuidado na alternância dos canais, pois tudo gera alteração nos valores finais.

Agradecimentos

Aos professores Alessandra Rosado e Luiz Antonio Cruz Souza, do Laboratório de Ciência da Conservação (LACICOR), e ao fotógrafo Cláudio Nadalin, do Laboratório de Documentação Científica por Imagem (iLAB).

Referências

BUOSO M.C., CECCATO, D. ZAFIROPOULOS, D. False-Color Infra Red Photography in the Identification of Pigments Used for a Late 13th Century Illuminated Manuscript. In: **Laboratori Nazionali di Legnaro (LNL) Annual Report Applied and Interdisciplinary Physics Instrumentation**, 2009, p. 153-154.

COSENTINO, Antonino. Infrared Technical Photography for Art Examination. **e-Preservation Science**, v. 13, p. 1-6, 2016.

LEÃO, Alexandre Cruz. Documentação Científica Por Imagem de Bens Culturais: Competências, Desafios, Técnicas e Tecnologias. In: ROSADO, Alessandra; GONÇALVES, Willi de Barros (org.).

Ciências do Patrimônio: Horizontes Transdisciplinares. Belo Horizonte: Secretaria de Estado de Cultura de Minas Gerais, Arquivo Público Mineiro, 2015. p.139-154.

MALIN, D. False-Color Photography. In: PERES, M. R. (Coord.). **The Focal Encyclopedia of Photography**. 4. ed. Oxford: Elsevier, 2007. p. 533.

MOON, T.; SCHILLING, M.; THIRKETTLE, S. **A Note on the Use of False-Color Infrared Photography in Conservation**. *Studies in Conservation*, v. 37, n. 1, p. 42-52, 1992.

ROSADO, Alessandra. **História da Arte Técnica: um olhar contemporâneo sobre a práxis das Ciências Humanas e Naturais no estudo de pinturas sobre tela e madeira**. 2011. 289 f. Tese (Doutorado em Arte e Tecnologia da Imagem). Escola de Belas Artes da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

Impactos e desafios da interdisciplinaridade na investigação de imagens em madeira policromada: Estudo de caso de obras missioneiras paraguaias

Thiago Sevilhano Puglieri^{1*}, Julia Brandt², Isabel Wagner³, Fernando Franceschelli⁴

¹ *Departamento de Museologia, Conservação e Restauro, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas (Brasil)*

² *Landesamt für Denkmalpflege, Munique (Alemanha)*

³ *Bayerisches Nationalmuseum, Munique (Alemanha)*

⁴ *Universidade Católica, Americana y Autónoma, Asunción (Paraguai)*

**tspuglieri@ufpel.edu.br*

Palavras-chave: Ciência do Patrimônio; Missões Jesuíticas; Imagem sacra; Arte sacra; Microscopia Raman.

1. Introdução

Investigações de imagens em madeira policromada são conduzidas nas mais diversas áreas do conhecimento, especialmente em áreas como história, história da arte e arqueologia. Outras disciplinas, contudo, como química e física, podem produzir conhecimentos impossíveis de serem obtidos com metodologias convencionais das ciências humanas e culturais. Com o objetivo de destacar os impactos e desafios da interdisciplinaridade envolvendo ciências naturais e culturais na investigação de imagens em madeira policromada, este trabalho compartilha alguns resultados de um estudo de caso de obras missioneiras paraguaias.

Pelo reconhecimento nacional e mundial da importância dos bens culturais Jesuítico-Guarani, um projeto de pesquisa para a investigação dos materiais e técnicas e da história material de imagens policromadas pertencentes ao Museu da Missões foi iniciado em 2017 no Laboratório de Ciência do Patrimônio (LACIPA) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel). No mesmo período (2015), em Munique, na Alemanha, um projeto na Cadeira de Restauração, Tecnologia da Arte e Ciência da Conservação da Universidade Técnica de Munique (TUM) foi iniciado para explorar a organização das oficinas das Reduções Jesuíticas-Guarani no Paraguai, quem eram os artistas e quais técnicas e materiais eram utilizados.

Através da colaboração do LACIPA no projeto dos pesquisadores da TUM, para investigação das obras por micro-espectroscopia Raman, um dos materiais produzidos foi o livro Estudos Interdisciplinares em Patrimônio Jesuítico-Guarani, que contém um capítulo discutindo detalhadamente, e de forma mais abrangente, o conteúdo deste resumo (PUGLIERI et al, 2020).

2. Impactos da interdisciplinaridade

Os impactos da interdisciplinaridade envolvendo ciências naturais e culturais nessas investigações são muitos, mas para este resumo escolhemos um resultado de exemplificação. Trata-se de uma imagem de São Pedro (Figura 1), que apresenta uma vestimenta branca com listras pretas. Formalmente, contudo, tal vestimenta é sempre representada pela cor branca. Através de investigações físicas e químicas foi possível constatar que originalmente a vestimenta foi produzida com um estofado branco sobre prateamento à água. Com o passar do tempo e com a ação de agentes de deterioração como umidade relativa incorreta e poluentes atmosféricos, as listras de prata foram oxidadas e tornaram-se enegrecidas, o que foi mal interpretado em algum tratamento de restauro anterior, no qual as listras foram retocadas com tinta preta. Nota-se que tal compreensão seria impossível de ser obtida sem o auxílio de metodologias das ciências naturais, impactando não apenas no melhor entendimento e preservação do saber-fazer dessas obras, mas também nas tomadas de decisão em processos interventivos e nas leituras de história e história da arte.



Figura 1: San Pedro do Museu de Santa Maria de Fe.
Foto: Fernando Franceschelli.

3. Desafios da interdisciplinaridade

Apesar da atuação conjunta de profissionais de diferentes áreas do conhecimento resultar em grandes impactos positivos nas investigações, ela é seguida de desafios envolvendo a diversidade de terminologias e de atuações metodológicas.

Em nosso trabalho, dividimos os desafios em: “Desafios na documentação material e histórica”, “Desafios na coleta e preparo de amostras” e “Desafios na caracterização físico-química”. Julgamos que para garantir uma comunicação efetiva entre os membros da equipe, é fundamental, entre outros aspectos, que cada indivíduo conheça um pouco das tarefas de seus pares, reconhecendo inclusive as complexidades intrínsecas às diferentes áreas. Nesse sentido, focamos as discussões em algumas peculiaridades e etapas metodológicas, compartilhando não somente os desafios, mas também um pouco das tarefas dos pares.

A exemplo disso, no caso dos desafios na caracterização físico-química, dividimos e discutimos a 1) definição das perguntas a serem respondidas com as análises químicas; 2) coleta e preparo de amostra; 3) escolha das técnicas analíticas e das condições instrumentais necessárias para se responder as perguntas; 4) escolha dos profissionais que farão as análises químicas; 5) escolha dos profissionais que farão a coleta de amostras; 6) saber quando parar com a caracterização química; e 7) intersecção dos resultados químicos com os resultados históricos e artísticos.

Essa divisão foi feita com o objetivo de apresentar as discussões de modo mais didático, mas na prática seus itens se sobrepõem. Pela extensão de cada um dos temas descritos, maiores detalhes podem ser obtidos no texto completo já publicado.

V Escola de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio (V EARCAP)
II CONGRESSO BIENAL DA ANTECIPA (ANTECIPA-2020)
(Associação Nacional de Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Patrimônio)

16 e 20 de novembro de 2020, evento on-line, Brasil

4. Conclusões

Conclui-se que para um entendimento mais completo acerca da produção e preservação de imagens em madeira policromada precisa-se de investigações interdisciplinares que envolvam ciências naturais e culturais. Essas investigações carregam desafios que envolvem questões terminológicas e metodológicas.

Para garantir sucesso nas atividades, particularmente, é necessário uma efetiva comunicação e um entendimento básico das tarefas dos pares, por cada um dos integrantes. É fundamental conseguir uma terminologia comum ou pelo menos compreender a forma de falar e pensar daqueles agentes envolvidos, e é necessário respeitar as competências e conhecimentos de cada um, se dispendo a descartar uma hipótese depois de ouvir as outras disciplinas. O diálogo e a abertura à troca de conhecimento é chave principal.

Por fim, acredita-se que essas habilidades devem ser um pilar base na formação de conservadores-restauradores, historiadores de arte e cientistas naturais, uma vez que os esforços para superar as dificuldades de um projeto interdisciplinar é de grande valia para a melhor compreensão e preservação dos bens culturais.

Agradecimentos

À professora Dalva L. A. de Faria e ao Laboratório de Espectroscopia Molecular do Instituto de Química da Universidade de São Paulo (IQ-USP) pelo suporte com instrumentos analíticos; ao Programa de Pós-Graduação em Memória Social e Patrimônio Cultural (PPGMP) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel) pelo apoio financeiro; ao Deutsche Forschungsgemeinschaft (Fundação Alemã de Pesquisa, DFG) pelo apoio financeiro; e aos membros dos Museus e autoridades responsáveis do Paraguai que apoiaram e cooperaram com a pesquisa.

Referências

PUGLIERI, T. S. et al. Impactos e desafios da interdisciplinaridade envolvendo ciências naturais e culturais no entendimento de imagens em madeira policromada: Exemplo de um estudo de caso de obras missioneiras paraguaias. In: PUGLIERI, T. S. et al (Org.) **Estudos Interdisciplinares em Patrimônio Jesuítico-Guarani**. Pelotas: Ed. UFPel; 2020. p. 69-81.

Estudo de cerâmicas de senzalas dos séculos XVIII e XIX de Campos de Goytacazes – RJ por EDXRF e análise multivariada

Cheila S. Araujo^{1*}, Carlos R. Appoloni¹, Renato A. Ikeoka¹, Luís C. P. Symanski²

¹Departamento de Física, Universidade Estadual de Londrina, Londrina (Brasil)

²Departamento de Antropologia e Arqueologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte (Brasil)

**csumenssi@gmail.com*

Palavras-chave: EDXRF; Amostras cerâmicas.

1. Introdução

No Brasil, a arqueologia da escravidão foi inaugurada no final da década de 1970, sobre os quilombos do Vale do Jequitinhonha e da Serra da Canastra em Minas Gerais. Nas últimas décadas, os estudos sobre a escravidão têm mobilizado vários pesquisadores a complementar os registros escritos com a cultura material. Esses vestígios materializados que fornecem informações sobre as práticas cotidianas, bem como a vida material, economia, dinâmica social e afins, são uma importante via de acesso a história da escravidão e permite explorar a diversidade de práticas que eram realizadas (SYMANSKI 2012, 2013).

As cerâmicas estudadas foram coletadas em Campos dos Goytacazes – RJ, pois é uma região caracterizada pela intensa mão de obra escravizada devido à presença de engenhos de açúcar nos séculos XVIII e XIX. Essas amostras fazem parte do projeto ‘Café com açúcar: arqueologia da escravidão em uma perspectiva comparativa no sudeste rural escravista, séculos XVIII e XIX’, do professor Luís Cláudio P. Symanski da UFMG. Um dos objetivos é investigar a vida material de grupos escravos das plantations do Sudeste do Brasil e verificar a hipótese da produção local de cerâmica na própria senzala, pois uma das discussões sobre as cerâmicas na diáspora africana é se as cerâmicas artesanais foram produzidas pelos próprios escravos ou adquiridas através de redes de comércio local (SYMANSKI, 2013).

2. Metodologia

São 17 fragmentos de cerâmicas estudado, sendo 2 provenientes da fazenda de São Bento, da primeira metade do século XIX e 15 fragmentos do colégio dos jesuítas, do período do início do século XVIII até o século XIX, como mostra a tabela 1.

Tabela 1: Dados referentes aos 15 fragmentos cerâmicos das três áreas da fazenda do Colégio dos Jesuítas (CJ) e dos 2 fragmentos cerâmicos da fazenda de São Bento.

Local	Amostra	Período	Nível estratigráfico (cm)
NW - CJ	A1	1850	0-20
	A2	1830-1850	30-40
	A3	1820-1830	40-50
	A4	1800-1830	50-60
	A5	1790-1800	55-60
	A15	1820-1830	40-50
	A16	1820-1830	40-50
SE - CJ	A6	1850-1870	50-60
	A7	1835-1850	50-60
	A8	1835-1850	60-100

V Escola de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio (V EARCAP)
II CONGRESSO BIENAL DA ANTECIPA (ANTECIPA-2020)
(Associação Nacional de Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Patrimônio)
16 e 20 de novembro de 2020, evento on-line, Brasil

	A9	1835-1850	60-100
NE - CJ	A10	Início do século XIX	20-25
	A11	Final do século XVIII	25-30
	A13	Meados do século XVIII	30-40
	A14	Início do século XVIII	40-50
São Bento	A17	Primeira metade do século XIX	-
	A18		

As amostras de fontes de argila se dividem em dois grupos: 14 amostras foram feitas por uma ceramista e 4 amostras foram feitas em forno elétrico a 980°C. As amostras das fontes de argila foram feitas com argilas de fontes próximas aos locais de escavação dos fragmentos cerâmicos, sendo divididos por áreas, ou seja, as amostras NW, NE, SE são amostras de fontes de argila da fazenda do Colégio dos Jesuítas e SB é a amostra de argila da fazenda de São Bento. A figura 1 mostra algumas amostras de fontes de argila juntamente com os fragmentos cerâmicos.

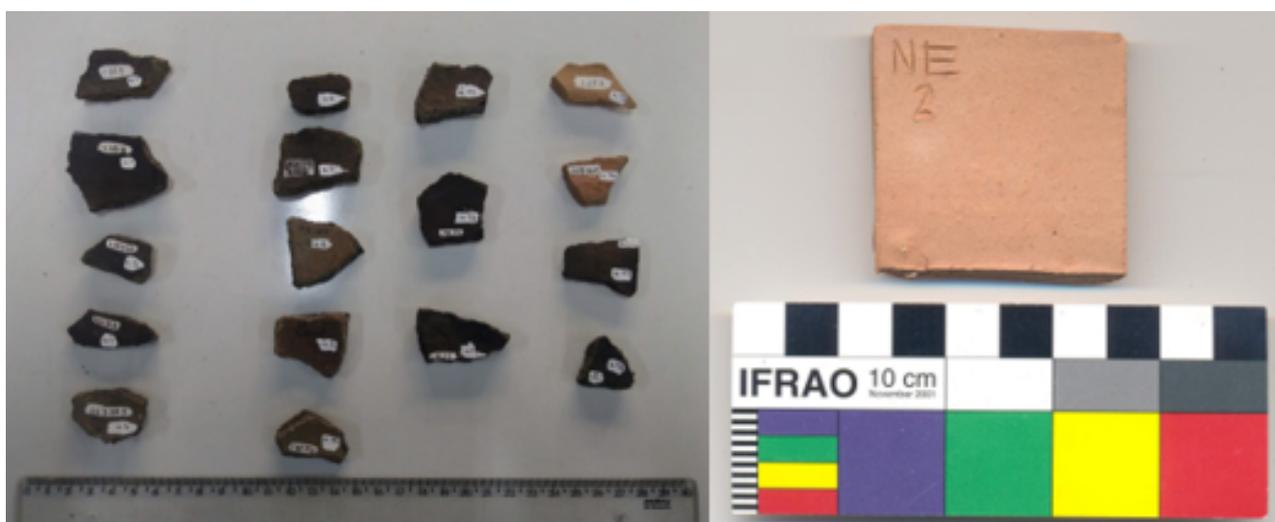


Figura 1: Foto dos 17 fragmentos cerâmicos do lado esquerdo e uma amostra de fonte de argila.

Para as medidas, utilizou-se o equipamento de bancada da Shimadzu EDX-720 (SHIMADZU) (Figura 8), pertencente ao Laboratório Multiusuário de Análises por Raios X da Universidade Estadual de Londrina (LARX - UEL). O equipamento trabalha na faixa dos elementos entre Na e U na seguinte configuração: Tubo de raios X com alvo de Rh, tensão entre 5 e 50kV, corrente no tubo entre 1 e 1000uA, colimadores de 1, 3, 5 e 10mm de diâmetro e detector de Si (Li). Utilizou-se as seguintes condições de medidas: tempo de 300 s para cada faixa (Na-Sc, Ti-U) com o colimador de 5mm, e cinco medidas em cada amostra. A aquisição dos espectros deu-se através do software de aquisição PCEDX Navi que vem incluso com o referido equipamento de EDXRF.

Para a análise de agrupamento foram consideradas duas metodologias diferentes: análises com as intensidades (área líquida) de cada elemento e com o espectro inteiro (intensidade por canal/energia). Também foi feita uma análise sobre a relevância do Fe nos resultados finais, devido à alta intensidade desse elemento, fazendo análises de PCA com e sem Fe para comparação. Para a análise multivariada exploratória de PCA utilizou-se o programa MATLAB 2009^a (MATLAB, 2009).

Na análise por espectro inteiro, o espectro utilizado foi a média dos cinco espectros referentes às cinco medidas em cada amostra, obtido através do software de aquisição PCEDX Navi, sem nenhum tipo de alteração. O pré-processamento utilizado para a análise de espectro inteiro no MATLAB foi dados centrados na média.

3. Resultados e discussão

Os resultados e discussões apresentadas aqui se referem as análises feitas com o espectro inteiro e com Fe. A figura 2 mostram o PCA das fontes de argila, o Scores e seu respectivo Loadings, onde as duas componentes principais explicam 97.81% da variância.

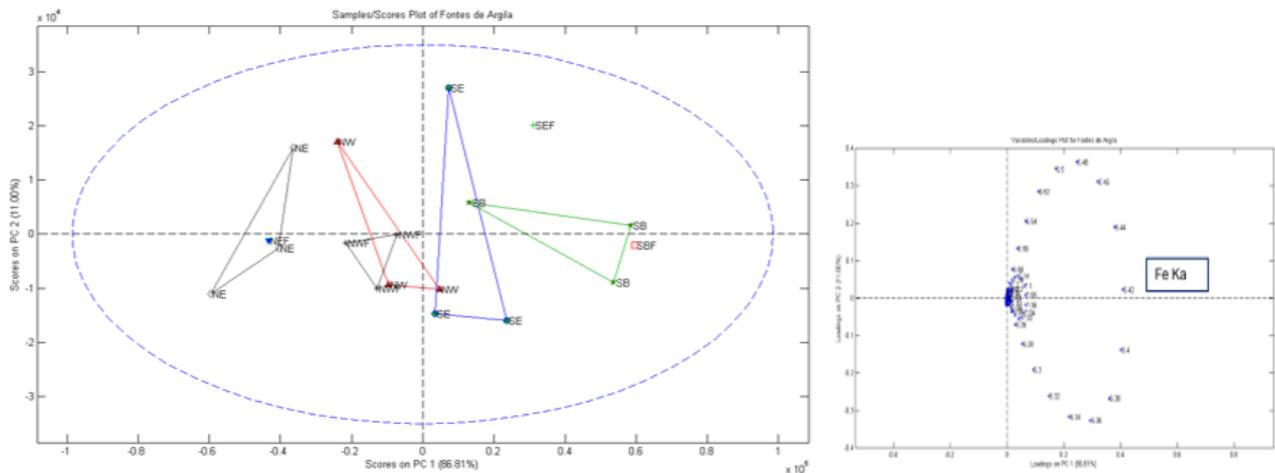


Figura 2: Scores e Loadings com as fontes de argila encontradas nas senzalas NW, NE, e SE na fazenda do Colégio dos Jesuíta e as SB da fazenda de São Bento.

Nota-se uma separação entre as amostras de fonte de argila em dois grandes grupos: do lado esquerdo tem-se as amostras das fontes de NE e NW, e do lado direito as amostras das fontes de SE e SB com exceção de uma amostra de NW que está próximo ao grupo SE. Em comparação com o Loadings observa-se que a separação das fontes de argila se dá principalmente pela presença do Fe, tendo os grupos SE e SB maior intensidade. As amostras feitas em forno elétrico ficaram bem próximas das amostras feitas pela ceramista, com exceção da amostra SEF mas que ainda ocupa o mesmo quadrante que SE.

A Figura 3 mostra os Scores e Loadings da análise por PCA dos fragmentos cerâmicos encontrados na fazenda do Colégio dos Jesuítas e na fazenda de São Bento, onde as duas componentes principais explicam 90.72% da variância.

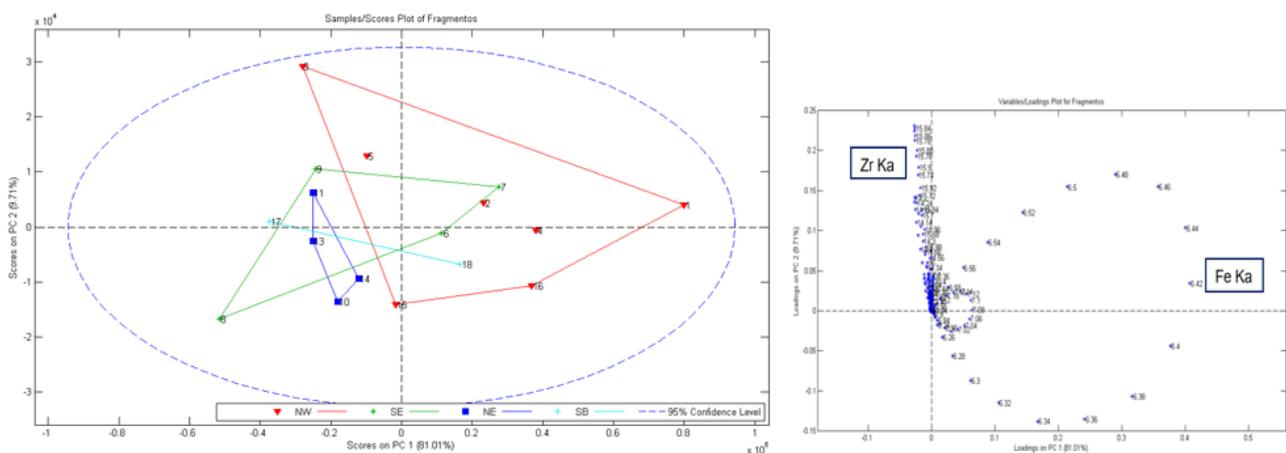


Figure 3: Scores e Loadings com os fragmentos cerâmicos encontrados nas senzalas NW, NE, e SE na fazenda do Colégio dos Jesuíta e as SB da fazenda de São Bento.

Nota-se que os fragmentos encontrados na senzala NW diferem entre si, pois estão espalhados entre os quatro quadrantes, assim como os fragmentos da senzala SE. Os fragmentos da fazenda de São Bento encontram-se em diferentes quadrantes, evidenciando uma dispersão entre a composição química dos fragmentos encontrados na mesma região. Destaca-se o compacto agrupamento dos fragmentos NE. Dada a sobreposições das quatro áreas escavadas, percebe-se que os fragmentos da região NE não se sobrepõem com os fragmentos da região NW. Ao comparar com o Loadings, observa-se que a dispersão dos fragmentos é causada pelo comportamento da concentração dos elementos Fe e Zr, sendo a amostra 1 com maior intensidade de Fe e a amostra 3 com mais intensidade de Zr.

A Figura 4 mostra os resultados da análise exploratória por PCA para os fragmentos e as fontes de argila, onde as duas componentes principais explicam 98.39% da variância.

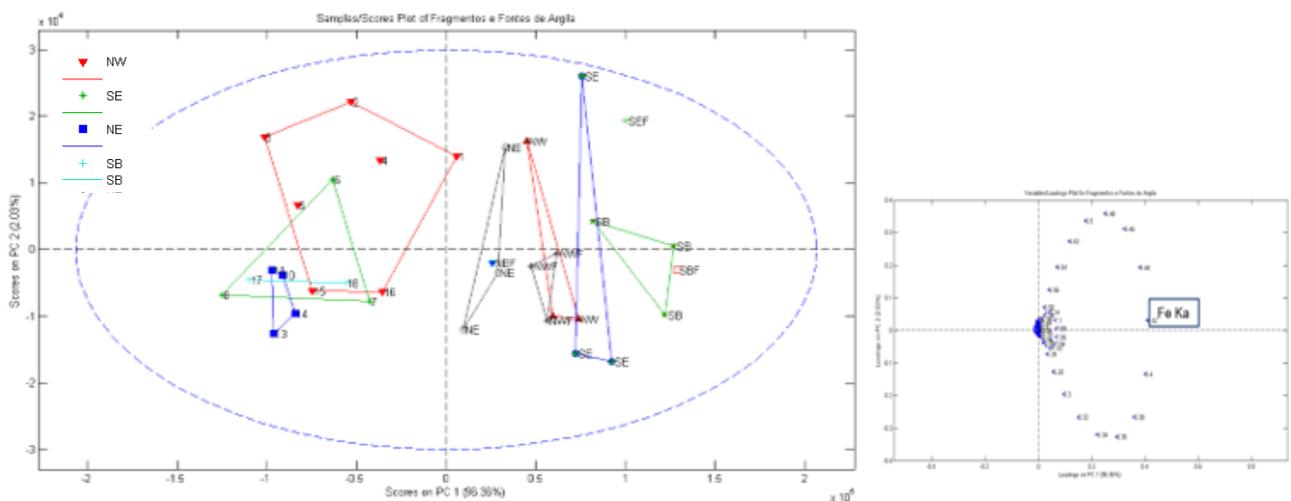


Figure 4: Scores e Loadings com os fragmentos e fontes de argila encontradas nas senzalas NW, NE, e SE na fazenda do Colégio dos Jesuítas e as SB da fazenda de São Bento com Fe.

Os fragmentos ficaram espalhados do lado esquerdo, vê-se os grupos das áreas de escavações sobrepostos, com exceção da área NW (vermelha) e NE (azul escuro). As fontes de argilas mantem-se separadas quase não havendo sobreposição dos grupos, também se nota que as amostras feitas em forno e pela ceramista ficam próximas, com exceção da amostra SEF que ficou distante do grupo SE mas ainda assim no mesmo quadrante. Observa-se uma grande separação entre os fragmentos cerâmicos que ficaram predominantemente do lado esquerdo, com exceção do fragmento 1, e as fontes de argila que ficaram distribuídas no lado direito. Essa separação entre fragmentos cerâmicos e fontes de argila, como mostra no Loading, é dado pela maior intensidade de Fe presente nas amostras de fontes de argila.

4. Conclusões

Os fragmentos cerâmicos, mesmo que encontrados em regiões diferentes e até mesmo fazendas diferentes, se misturam entre si. Já para as fontes de argila os grupos se mantem distantes, havendo uma clara diferença entre as fontes, dadas principalmente pela intensidade de Fe, mostrando que o Fe é um elemento importante para a separação das amostras, também se vê que o método de manufatura não tem influência significativa no resultado final. Na análise em conjunto, ficou clara a separação entre os fragmentos cerâmicos e as fontes de argila, essa separação evidente mostra que a matéria prima dos fragmentos cerâmicos não é proveniente das fontes de argilas estudadas, indicando que as cerâmicas não foram confeccionadas nas senzalas.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES pela bolsa de Mestrado e este trabalho faz parte do Projeto INCT-FNA Proc. No. 464898/2014-5.

Referências

SYMANSKI, Luís Cláudio; GOMES, Flávio. Arqueologia da escravidão em fazendas jesuíticas: primeiras notícias da pesquisa. *História, Ciências Saúde – Manguinhos*, Rio de Janeiro, v.19, supl., dez. 2012, p.309-317.

SYMANSKI, Luís Cláudio; GOMES, Flávio. Da cultura material da escravidão e do pós-emancipação: perspectivas comparadas em arqueologia e história. *Revista de história comparada*, Rio de Janeiro, 7, 1: 293-338, 2013.

SHIMADZU. Energy Dispersive X-ray Fluorescence Spectrometer – EDX-720/800HS. Disponível em <<http://www.ssi.shimadzu.com/products/literature/XRAY/C142-E030E.pdf>>. Acesso em: 09 de ago. de 2020.

MATLAB, 2009. versão 7.8.0.347 (R2009a), Natick, Massachusetts: The MathWorks Inc.

Avaliação de um processo de limpeza com micro pulverização em mármore branco usando EDXRF e MicroCT

Fábio L. Melquiades^{1*}, Carlos R. Appoloni¹, Avacir C. Andrello¹

¹ Laboratório de Física Nuclear Aplicada, Departamento de Física, Universidade Estadual de Londrina, Londrina (Brasil)

*fmelquiades@uel.br

Palavras-chave: Arqueometria; Mármore; Fluorescência de Raios X; Microtomografia com Raios X.

1. Introdução

O mármore é um material muito utilizado em edifícios, túmulos, esculturas e obras de arte. A sujidade em mármore pode ser devido a processos naturais, poluição atmosférica e também pichação com grafite. Neste estudo foi avaliado um processo de limpeza de micro pulverização com vórtice helicoidal para restauração e subsequente aplicação de diferentes revestimentos de proteção para preservação e conservação de obras de arte em mármore. O processo limpeza consiste na micro pulverização de materiais inertes micronizados. Neste estudo foi realizada a caracterização qualitativa da superfície do mármore branco com os objetivos (a) de verificar se o processo de limpeza e os revestimentos protetores modificaram a composição química da superfície do mármore; (b) inferir a espessura da camada de desgaste superficial provocada pelo material abrasivo usado na micro pulverização. Para tanto foram preparados corpos de prova e empregadas as técnicas não destrutivas de Fluorescência de raios X por dispersão em energia (EDXRF) e Microtomografia Computadorizada (microCT).

2. Metodologia

A amostra em estudo é um pedaço de mármore branco de um túmulo do Cemitério da Consolação no município de São Paulo. O pedaço de mármore foi dividido em 12 pedaços de (2 x 2 x 3) cm³. O procedimento de limpeza consistiu no micro jateamento com o material garnet micronizado como abrasivo. O processo foi realizado manualmente com uma pistola especial (Ibix, 2017). Como parte do procedimento, posteriormente, foram aplicados recobrimentos a base de nano compósitos: composto hidrofóbico (nanoBr808), camada anti-grafite (nanoBr anti-grafiti) e consolidante (nanoBr SCC) (Figura 1).



(a)



Sem tratamento

Anti-grafite

Consolidante

Hidrofóbico

(b)

Figura 1: a: pedaço de mármore original preparado para o processo de limpeza; b: amostras com diferentes nano-compostos para caracterização superficial por EDXRF e microCT. Adaptado de Melquiades et al. 2019.

As medidas de EDXRF foram realizadas num equipamento de bancada EDX 720 Shimadzu. Cada amostra foi medida em suas laterais (mármore original, medida de referência). Na parte superior foram realizadas medidas em 3 pontos diferentes tanto da área limpa com algum dos recobrimento quanto das tiras sujas. A área líquida dos picos nas diferentes situações foi comparada. Além disso, é possível determinar a espessura de camadas por EDXRF. Neste caso, a diferença de intensidade entre o pico de Ca no mármore original em relação ao mármore puro permite estimar a espessura da camada de sujeira uma vez que sua composição e densidade sejam conhecidas.

As medidas de microCT foram realizadas no SkyScan1172 Bruker ajustado para uma resolução espacial de 3 μm . As imagens foram reconstituídas de forma a projetar uma imagem em perfil que permitiu estimar a espessura de desgaste devido à retirada de sujeira e à abrasão do procedimento de limpeza.

3. Resultados e discussão

Resultados de espessura por microCT: A Figura 2 mostra o esquema de determinação da espessura. Na imagem c é possível identificar a camada de sujeira em cinza claro (região com elipse) e o degrau com o desgaste ocasionado pelo processo de limpeza. A espessura da camada de desgaste variou de acordo com a tabela 1.

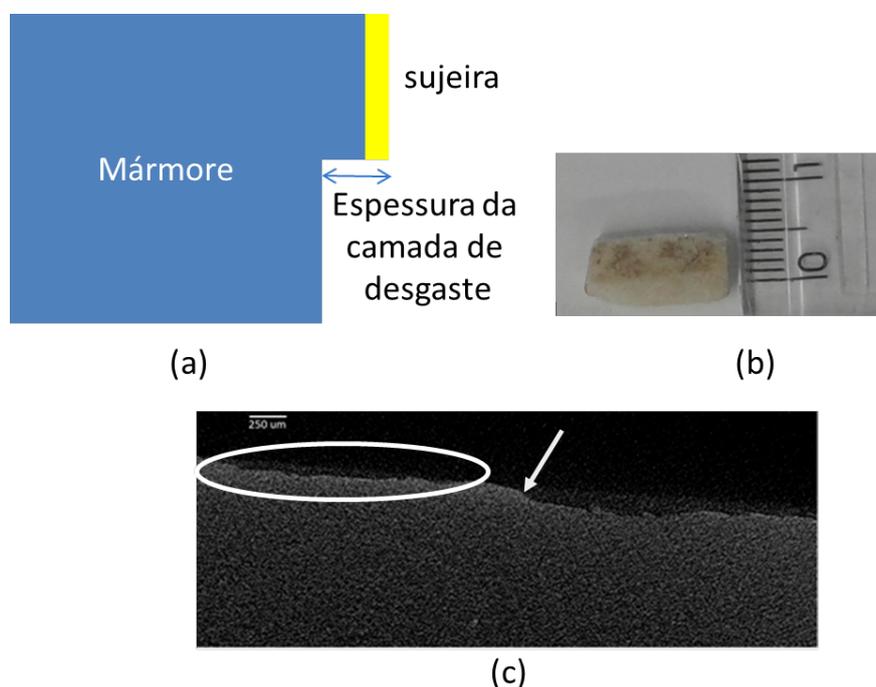


Figura 2: a: representação esquemática da amostra; b: Sub-amostra; c: Seção 2-D do mármore com consolidante medido no SkyScan 1172. Adaptado de Melquiades et al. 2019.

Tabela 1: Espessura da camada de desgaste nas amostras de mármore com recobrimento de proteção. O erro é o desvio padrão de 20 medidas.

Amostra	Desgaste superficial (μm)
Mármore + consolidante, amostra 1	89 ± 9
Mármore + consolidante, amostra 2	120 ± 20
Mármore + hidrofóbico, amostra 1	140 ± 40
Mármore + hidrofóbico, amostra 2	100 ± 10

Resultados de EDXRF: Foi possível identificar Si, S, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Cu, Zn, Sr e Zr. Destes, Fe, Cu e Zn são atribuídos à sujeira visto que a área líquida destes picos se diferencia da face limpa do mármore (Figuras 3 e 4).

A espessura média da camada de sujeira foi de 16 μm . Este valor foi obtido considerando os coeficientes de atenuação de massa para os elementos identificados e um valor médio para a densidade da sujeira de 0,76 g cm^{-3} .

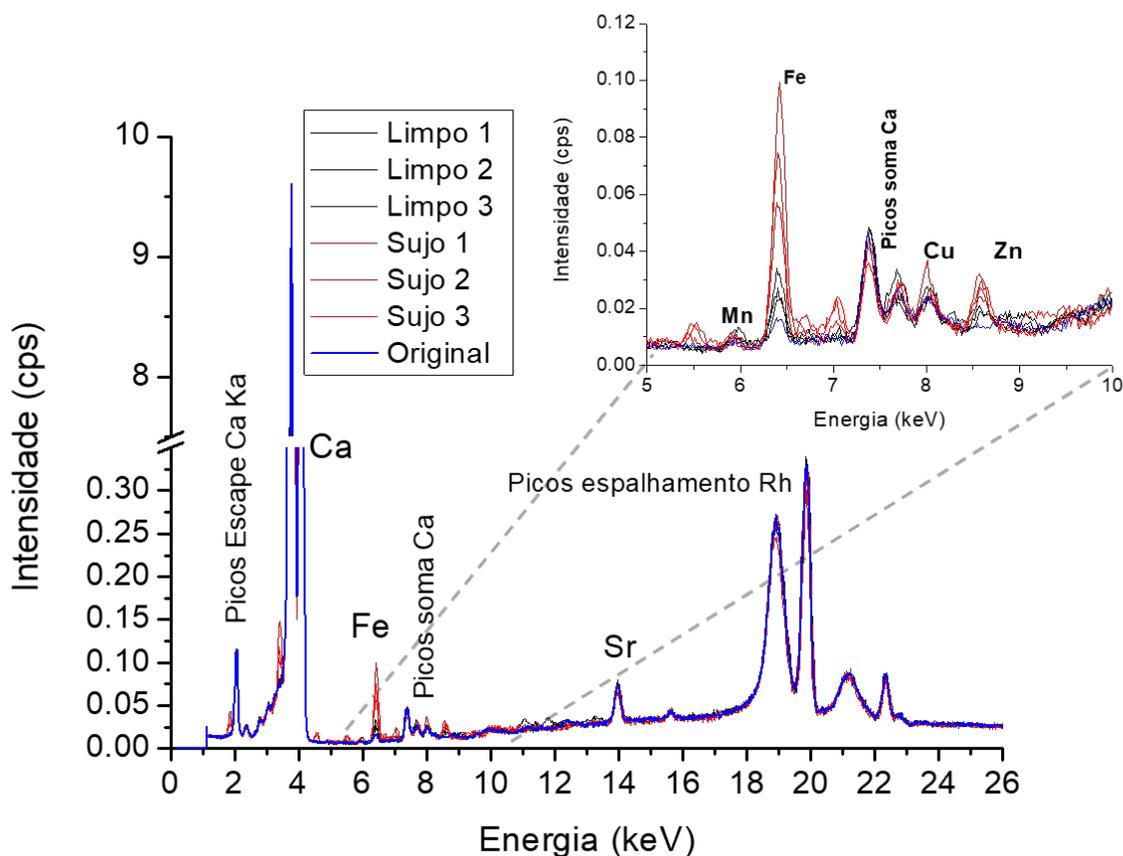


Figura 3: Comparação entre o mármore original, o mármore sujo e o mármore limpo com aplicação de consolidante. Adaptado de Melquiades et al. 2019.

4. Conclusões

Foi possível concluir que em geral, a composição da superfície do mármore não foi alterada em termos de elementos inorgânicos devido ao procedimento de limpeza. Os elementos devido à sujeira foram removidos. Vestígios de Si foram identificados em todas as superfícies limpas com recobrimento. A espessura máxima da camada de desgaste (camada de sujeira + desgaste do procedimento de limpeza) foi de 180 μm . Maiores detalhes sobre este estudo e uma aplicação para a estátua “Menina Moça” de Leopoldo e Silva, exposta na Pinacoteca de São Paulo, podem ser encontrados na referência Melquiades et al. 2019.

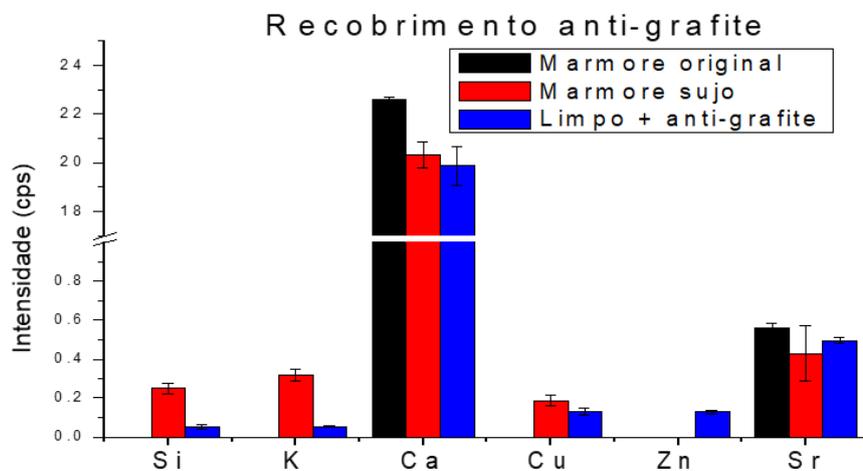
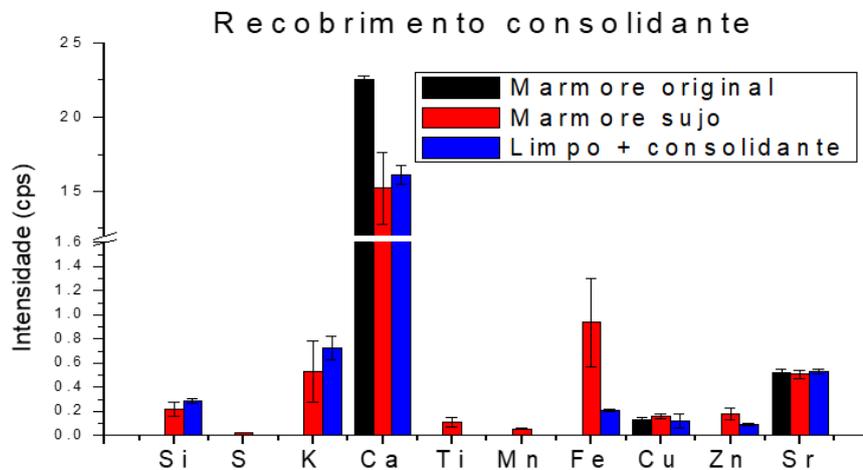
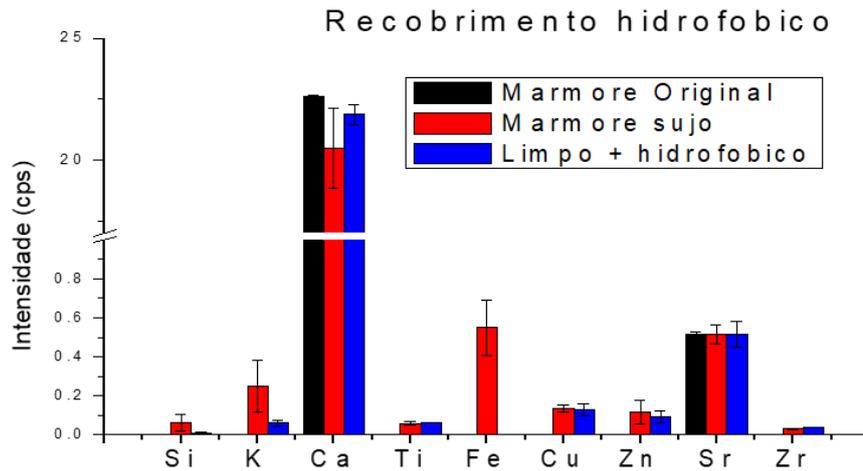


Figura 4: Intensidade dos elementos nas diferentes superfícies. As superfícies limpas incluem os recobrimentos com hidrofóbico, anti-grafite e consolidante. Adaptado de Melquiades et al. 2019.

Agradecimentos

À NanoBr pela colaboração na preparação dos corpos de prova. Ao CNPq, à FINEP e à Fundação Araucária pelo suporte financeiro.

Referências

MELQUIADES, F.L.; APPOLONI, C.R.; ANDRELLO, A.C.; SPAGNUOLO, E. Non-Destructive analytical techniques for the evaluation of cleaning and protection processes on white marble surfaces. *J. Cult. Herit.* 2019, 37, 54–62.

A preservação dos objetos nas coleções audiovisuais

Jussara Vitória de Freitas do Espírito Santo^{1*}, Jéssica Domingues Marques¹

¹*Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte (Brasil)*

**jussaravitoria@eba.ufmg.br*

Palavras-chave: Coleções Audiovisuais, Preservação do Cinema, Objetos Técnicos.

1. Introdução

Os objetos ocupam um importante espaço na vida social de diferentes culturas, eles são utilizados para auxiliar as atividades cotidianas e também estão presentes na forma de memória afetiva individual ou coletiva, e com o tempo podem adquirir valor histórico, artístico, científico ou arqueológico, e quando isso acontece podemos dizer que eles se tornam um bem cultural daquela sociedade, “Na concepção contemporânea alargada sobre os bens culturais, a tutela não mais se restringe apenas às "grandes obras de arte", como ocorria no passado, mas se volta também às obras "modestas" que com o tempo assumiram significação cultural.” (KUHL, 2006, p.18). Ao passar por esse processo de ressignificação adquirindo novos valores, eles se tornam patrimônio, e por isso, também objetos de conservação. De acordo com Vinãs (2003) a noção de patrimônio não é algo inerente a nenhum objeto, e sim o que um grupo social entende como tal, um valor que é projetado sobre a coisa. Ele diz que a “patrimonialidad” pode ser definida como “[...] uma energia não física que o sujeito irradia para um objeto e que ele reflete”. (2003, p.152, tradução livre), por isso entender esse processo é essencial para garantir a sobrevivência desses artefatos.

Quando pensamos no cinema como patrimônio histórico e cultural, a preocupação mais frequente em relação a sua preservação está relacionada à conservação das películas, devido a sua frágil materialidade amplamente marcada pelos incêndios causados por filmes de nitrato e pela característica degradação dos filmes de acetato que liberam ácido acético, deixando com frequência as reservas técnicas com um característico odor avinagrado. Mas para além do produto final que são os filmes, o patrimônio cinematográfico abarca uma grande quantidade de tipologias materiais que devem ser lembradas, como documentos os textuais (ex: roteiros), iconográficos (ex: cartazes), têxteis (ex: figurinos), arquitetônicos (ex: salas de cinema) e o ponto central dessa pesquisa, os objetos tecnológicos como, por exemplo, as câmeras, os projetores e outros equipamentos de reprodução que são fundamentais para uma preservação eficiente desse patrimônio, pois são essenciais para viabilizar o acesso às películas como imagem em movimento.

O cinema e a fotografia são frutos de tecnologias que vêm enfrentando uma rápida obsolescência. Seus equipamentos tornam-se ultrapassados e não funcionais em espaços de tempo tão curtos que são insuficientes para despertar interesse histórico. Enquanto as imagens técnicas têm sua necessidade de guarda reconhecida, os objetos tecnológicos que viabilizam sua existência não raro acabam sendo deixados em uma espécie de limbo museológico, armazenados de forma inadequada, esquecidos nas instituições e se deteriorando à olhos vistos, arriscando desaparecerem sem terem a chance de contar sua história. (REZENDE, 2014, p. 424)

A partir desta reflexão, a pesquisa buscou trazer uma contribuição para a ampliação dos horizontes dentro do estudo da preservação do cinema através da aplicação de uma metodologia de conservação em um equipamento tecnológico de cinema, e assim, contribuir também para a consolidação e para registro dessa tipologia de acervo na história.

2. Metodologia

Para a elaboração do trabalho foi realizado o monitoramento ambiental a partir da coleta, tratamento e interpretação de dados climáticos da reserva técnica onde fica acondicionado o objeto.

Selecionou-se um projetor cinematográfico de películas para bitola 16mm marca IEC modelo T-25, tensão 110/220Volts, som óptico, potência de som: 25 Watts, abre tela de até 5 metros para cena e 24/36 quadros por segundo.

Fez-se uma revisão teórica sobre os manuais técnicos e buscou-se o histórico desse objeto para identificar sua trajetória desde que foi incorporado, seus usos, até o acondicionamento atual. O projetor passou por uma análise técnica, no intuito de identificar através de exames organolépticos as características do objeto quanto às técnicas e materiais, bem como avaliar o estado de conservação. Em seguida, procedeu-se com a documentação científica por imagem utilizando luz direta, visível e ultravioleta e ao final foi realizado um procedimento de higienização.

3. Resultados e discussão

Com o exame organoléptico e com exame visual com instrumentalização simples, foi feito um levantamento das áreas que oferecem risco ou já possuem produto de degradação, em ambos os lados temos uma maior incidência de abrasões.

O datalogger permaneceu fixo no local durante dois meses, realizando medições ininterruptamente, a medida foi iniciada no dia 02 de outubro de 2019. Embora o curto período de tempo, conseguiu-se distinguir alguns padrões que ajudaram a entender melhor o ambiente em que o projetor estava e onde ele ficará e na tomada de decisão do tratamento a ser realizado.

Neste período a variação de valores entre o mínimo e o máximo para temperatura foi registrado em 23,48%~30,25% e os valores da UR ficaram entre 38,2%~70,5%.

A oxidação ocorre, em maior concentração, na parte interna da caixa traseira onde fica o suporte do sistema ótico, em locais pontuais do sistema de passagem de filme apresentou um acúmulo de ácido acético.

A corrosão pode manifestar-se de várias formas. Algumas são mais frequentes que outras, sua ocorrência depende muito do ambiente e dos processos usados na fabricação.

A limpeza mecânica foi realizada com trincha macia e após esta etapa uma limpeza química com água deionizada nas áreas com pintura monocromática e superfícies plásticas, onde não há desprendimentos e abrasões. Também foi testado água destilada, porém a preferência foi por água deionizada pela sua pureza. O ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA) foi utilizado de forma pontual afim de retirar impurezas oleosas provenientes da lubrificação do projetor.



Figura 1: Limpeza mecânica do projetor.
Fonte: Jussara Vitória de Freitas.



Figura 2: Limpeza química do projetor.
Fonte: Jussara Vitória de Freitas.

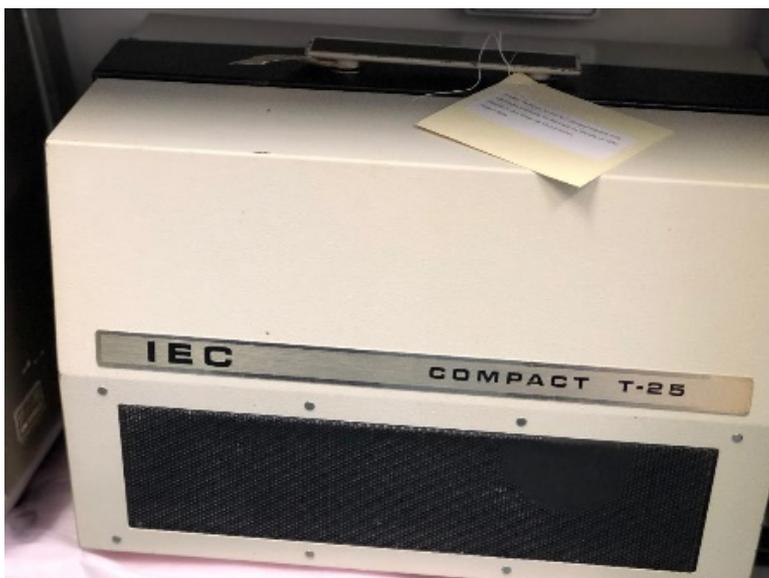


Figura 3: Resultado final da limpeza do projetor.
Fonte: Jussara Vitória de Freitas.

4. Conclusões

As pesquisas a cerca da preservação do audiovisual são muito recentes pois o objeto de estudo surgiu a menos de 200 anos e desde então passou por inúmeras transformações, e os trabalhos que temos hoje ainda estão muito concentrados no produto final do cinema, os filmes. Há uma variedade de estudos sobre a conservação e o restauro da materialidade da película e da preservação digital do seu conteúdo, mas há pouca preocupação com as outras tipologias de materiais que compõe o patrimônio cinematográfico, principalmente os equipamentos tecnológicos que são por vezes deixados em segundo plano e vistos apenas como ferramentas de menor valor o que faz com que grande parte desse acervo se perca sem deixar registros. Esse trabalho buscou contribuir para a ampliação dos estudos sobre o tema da preservação do cinema para além dos filmes através de uma proposta de conservação dos equipamentos, e esperamos que com isso, esse campo de estudo possa crescer e se desenvolver cada vez mais.

Referências

- COSTA, S. **As ondas de destruição: a efemeridade do artefato tecnológico e o desafio da preservação audiovisual**. 2013. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.
- FIGUEIREDO JUNIOR, J. C. D. D. **Química aplicada à conservação e restauração de bens culturais: uma introdução**. Belo Horizonte: [s.n.], 2012.
- FREITAS, J. V. de. **Laboratório cinema e conservação: conservação preventiva e gerenciamento da informação**. Belo Horizonte: Dissertação (Mestrado em Artes Visuais) - Escola de Belas Artes, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.
- LOUREIRO, M. L. N. **Musealização e cultura material da Ciência & Tecnologia**. *Museologia e Patrimônio*, v. 8, p. 9-28, 2015.
- MUÑOZ-VIÑAS, S. **Teoría contemporánea de la restauración**. Madrid: Síntesis, 2003
- REZENDE, P. D.. **A preservação de equipamentos de fotografia e cinema: uma investigação do papel das tecnologias de produção de imagens no âmbito dos museus**. In: Carmen Sylvia Guimarães Aranha. (Org.). *Desenhos da Pesquisa: Conhecimento / Produção*. 1ed. São Paulo: Museu de Arte Contemporânea da Universidade de São Paulo, 2014, v. 1, p. 423-433
- KUHL, B. M. 2006. **História e Ética na Conservação e na Restauração de Monumentos Históricos**. *REVISTACPC* 1.

Reinvestigação de carnações do Barroco Mineiro usando microscopia vibracional: um estudo de caso

Laura de Medina Barros*¹, Luiz Antônio Cruz Souza², Dalva Lucia A.de Faria¹

¹*Instituto de Química da Universidade de São Paulo, São Paulo (Brasil)*

²*Escola de Belas Artes da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte (Brasil)*

**lauramedina90@hotmail.com*

Palavras-chave: Carnações; Barroco mineiro; Microscopia Raman; Microscopia no infravermelho; Imageamento químico

1. Introdução

Patrimônio cultural é constituído de bens materiais e imateriais que são testemunhas da cultura e da história de um povo; estudar tais bens significa compreender melhor o passado para preservar os valores fundamentais do futuro. No caso de bens materiais o estudo permite também o entendimento dos processos de degradação possibilitando tanto a definição de estratégia de conservação preventiva quando de conservação. Nesse contexto, técnicas analíticas capazes de proporcionar as informações desejadas de modo não invasivo e não destrutivo são as ideais, devido à necessidade de preservar objetos que são muitas vezes únicos. A microscopia Raman ocupa, nesse cenário, papel central por atender tais critérios e possibilitar não apenas a identificação das substâncias químicas presentes em um objeto de interesse como fornecer sua distribuição espacial na área estudada [1]. Nesse trabalho um estudo comparativo entre as microscopias Raman e no infravermelho é apresentada, usando um corte estratigráfico de policromia em madeira que já havia sido investigado por técnicas analíticas macroscópicas [2].

2. Metodologia

Este trabalho reporta os resultados obtidos usando um corte estratigráfico de fragmento de carnação de policromia em madeira coletado no altar da de São Gonçalo (perna direita do atlante) da Igreja Matriz de Nossa Senhora da Conceição em Catas Altas do Mato Dentro, MG. A amostra corresponde a um fragmento entre 0,5 a 1,5 mm de espessura embutidos em resina poliéster, contendo camadas de pintura policromada que foram investigadas anteriormente pelas técnicas de cromatografia gasosa (CG-MS), espectroscopia de absorção no infravermelho, microscopia eletrônica (SEM), difratometria de raios X, microscopia ótica de luz polarizada, microscopia de fluorescência no ultravioleta [2].

As técnicas aqui empregadas foram microscopia eletrônica (SEM microscópio eletrônico FEI modelo Quanta FEG 650), microscopia Raman (microscópio Raman Renishaw inVia Reflex e um microscópio Raman Renishaw inVia Qontor capaz de realizar imageamento usando foco dinâmico, ambos empregando linha laser de excitação em 785 nm) e um microscópio Hyperion 2000 (Bruker) usando objetiva de ATR (cristal de germânio) e acoplado a espectrômetro Vertex 80v (Bruker). Os espectros Raman e FTIR foram analisados utilizando o programa Grams/AI (Thermo Fisher Sci.). Nas análises estatísticas por Resolução Multivariada de Curvas (MCR) foi utilizado o programa Unscrambler X.10

3. Resultados e discussão

A imagem da estratigrafia feita com luz branca e por SEM é mostrada na Figura 1 com os resultados de SEM-EDS que permitem a identificação e distribuição dos elementos presentes na amostra, mas não permitem a identificação das substâncias.

Em estudos anteriores foi utilizado SEM para documentação microscópica e usada a espectroscopia no infravermelho com cela de diamante para caracterização, além de espectroscopia no UV-VIS e cromatografia gasosa. Nos resultados de espectroscopia no infravermelho foi encontrado branco de chumbo (1407, 837, 681 cm^{-1}), calcita (1797, 876 cm^{-1}) e proteína (1641 cm^{-1}); nessa técnica a amostra é comprimida entre as janelas de diamante, então o resultado é da amostra como um todo (*bulk*) e não por camadas.

Com a microscopia Raman, foi possível fazer análises pontuais que foram feitas de cada camada. Nas camadas de preparação (C1 e C2) as bandas mais intensas localizavam-se em 1017 e 1008 cm^{-1} (CaSO_4 anidro, gesso grosso, e $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, gesso fino, respectivamente) [3]-[5]; as outras bandas de CaSO_4 , mais fracas, não são observadas devido ao alto fundo de luminescência. Na camada C3 (bolo) foi identificada hematita (226, 292 e 408 cm^{-1}) e entre C2 e C3 foi encontrado vermelhão (253, 286 e 342 cm^{-1}) [3]-[5], na camada C4 (pictórica) foi encontrado CaCO_3 (156, 281, 714 e 1087 cm^{-1}), carbono usado como recobrimento para análises anteriores de SEM (1337 e 1581 cm^{-1}) e branco de chumbo (1050 e 1055 cm^{-1}) [3]-[5].

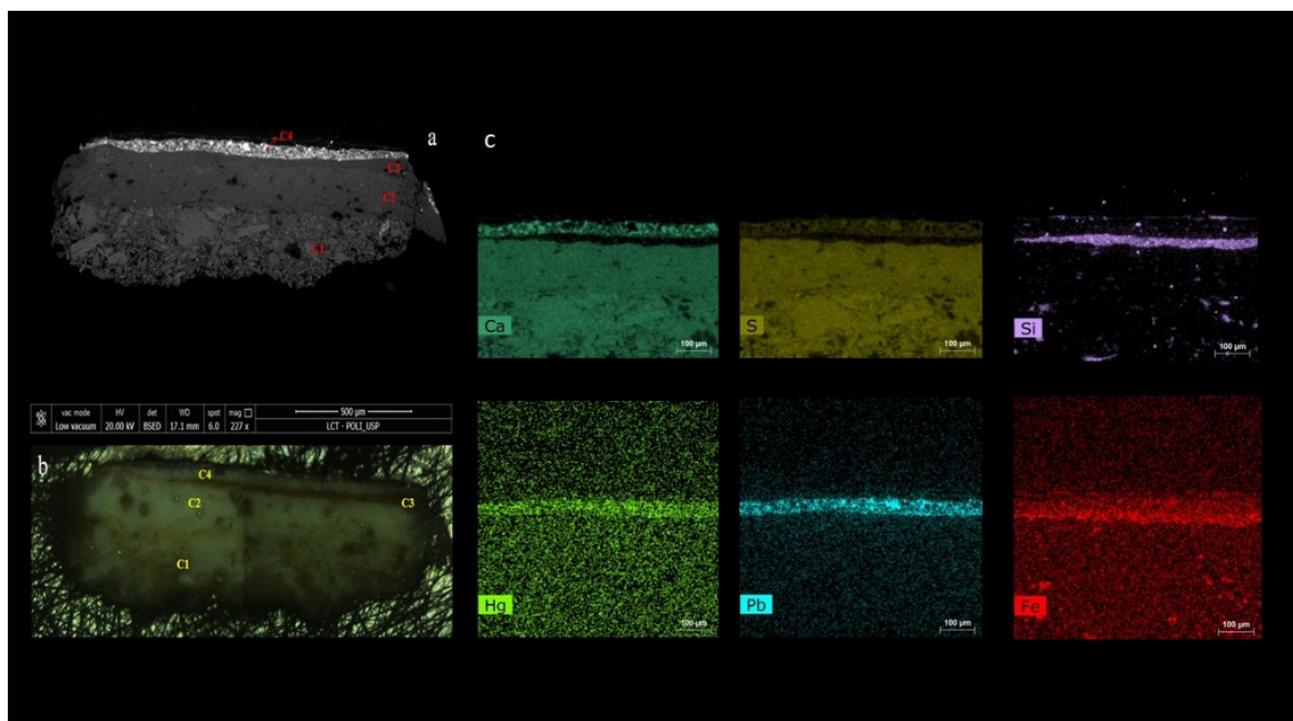


Figura 1: À esquerda, imagens de microscopia do corte estratigráfico. (a) Micrografia eletrônica (BSE). (b) Micrografia da mesma região com luz branca. À direita, (c) mapa de EDS dos elementos Ca, S, Si, Hg, Pb e Fe.

Uma questão interessante a ser considerada é a distribuição dessas substâncias nas camadas da estratigrafia; como a superfície da amostra é irregular em nível microscópico empregou-se o recurso do foco dinâmico no qual há um ajuste focal antes da obtenção de cada espectro e dessa forma foi possível obter também a morfologia da superfície, em conjunto com os mapas de distribuição química (Figura 2). Esse recurso permitiu a identificação de vermelhão fora da camada pictórica e de branco de chumbo em áreas da resina de embutimento, isto é, fora da estratigrafia; esses resultados sugerem

que houve em algum momento uma contaminação, que podem ter ocorrido na preparação da amostra ou durante a análise.

Na Figura 2 observa-se que no local onde termina a resina de embutimento e começa a amostra; na parte superior à direita, existe uma depressão (área em preto com pontos rosas indicando branco de chumbo); também se observam depressões circulares e periódicas na estratigrafia (em preto e vermelho) de dimensões de 80 x 80 μm e 10 μm de profundidade, causada pelo contato do cristal de ATR, já que a análise de microscopia no infravermelho foi feita antes do imageamento Raman.

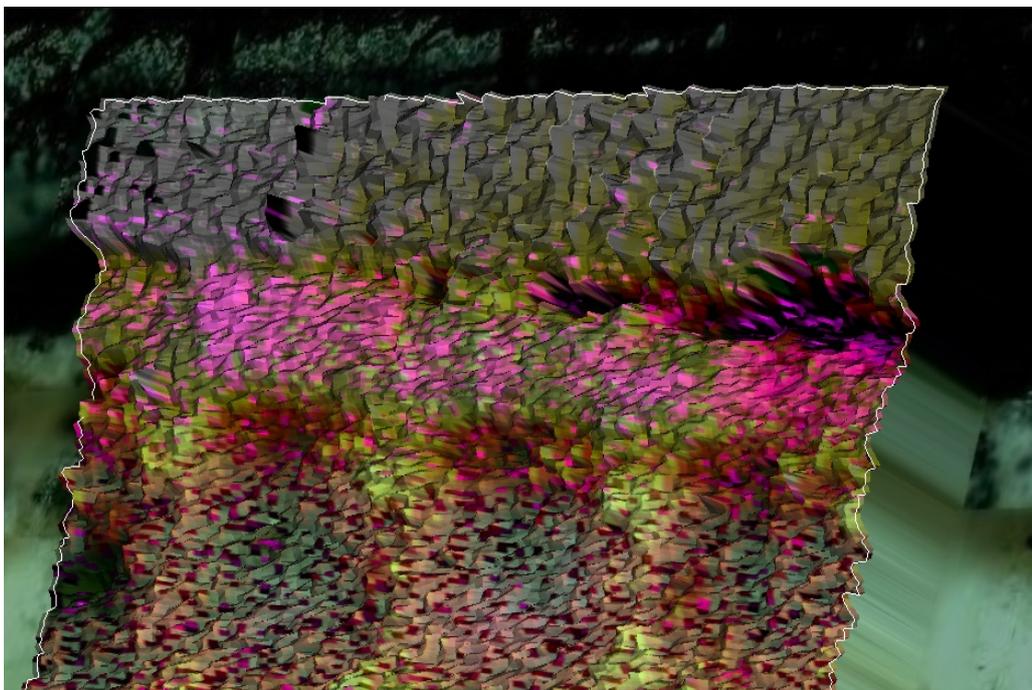


Figura 2: Relevo de uma parte do corte estratigráfico obtida com microscópio Renishaw Qontor. Escala de cores falsas: áreas em preto são vales e áreas em branco são pico com a presença de branco de chumbo (rosa).

A objetiva de ATR sondou áreas contíguas de dimensão 10 x 10 μm , bem maiores do que as analisadas por microscopia Raman. Os espectros FTIR são mais complexos que os de microscopia Raman, tornando necessário o uso da Resolução Multivariada de Curvas (MCR) para a discriminação das substâncias presentes como mostrado na Figura 3. Quando o número de componentes aumenta para 10 é possível identificar um componente que talvez possa ser atribuído a aglutinante (bandas características em 966, 1089, 1130, 1238, 1573, 1622, 1674, 2842, 2911 e 3106 cm^{-1}), mas não é possível ter certeza pela pequena intensidade do sinal.

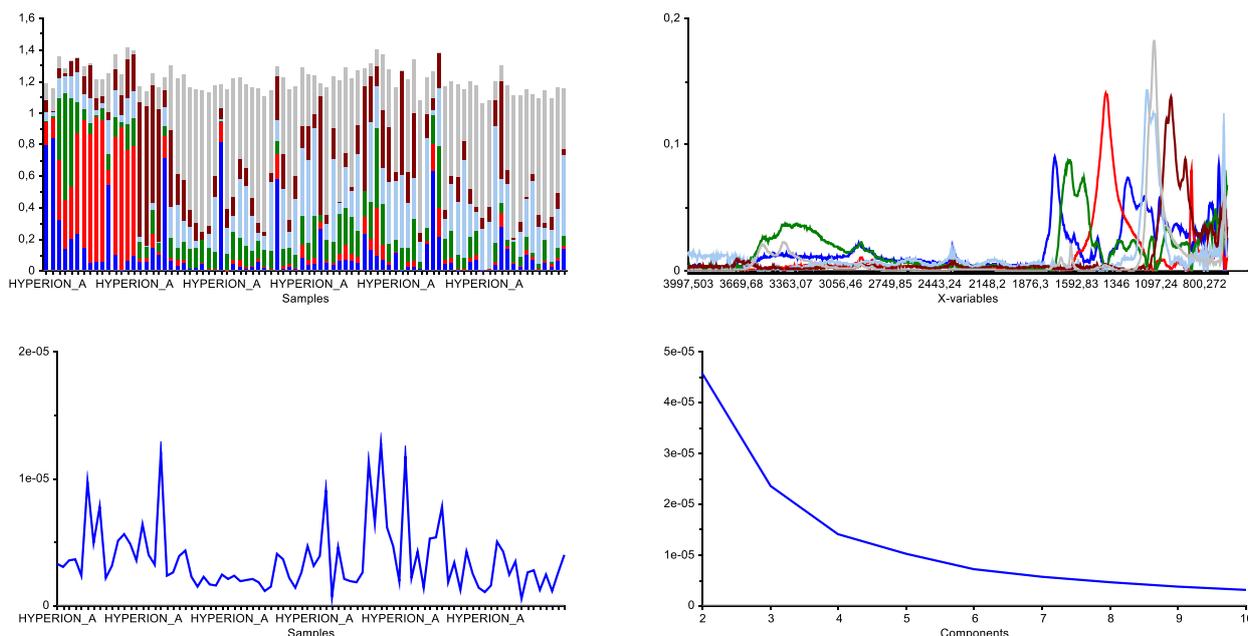


Figura 3: Resultados de MCR (6 componentes) calculado usando espectros μ ATR-FTIR (Hyperion) provenientes da estratigrafia estudada. Na parte superior da figura, à esquerda, estão barras que representam as contribuições de cada componente ao espectro registrado (as barras mais à esquerda correspondem à camada pictórica); à direita estão os espectros dos componentes detectados; os gráficos na parte de baixo são referentes aos resíduos e indicam a qualidade do ajuste feito. As substâncias identificadas: resina de embutimento (azul escuro), proteína (verde), carbonato (vermelho), gesso fino (cinza), gesso grosso (azul claro) e caulim (marrom).

Comparando os resultados de microscopia Raman e os de microscopia ATR-FTIR, conclui-se que a primeira permite melhor resolução espacial ($1 \mu\text{m}^2$ e $100 \mu\text{m}^2$, respectivamente), permite a análise de pigmentos e cargas que possuem bandas abaixo de 700 cm^{-1} , que é o limite inferior da janela espectral permitida pelos cristais de ATR de germânio. Outro fato que auxilia a identificação de pigmentos pela microscopia Raman é o efeito Raman ressonante de compostos coloridos pois as intensidades das bandas que envolvem o grupo cromofórico são aumentadas em até 4 ordens de grandeza. Finalmente, a microscopia Raman não requer contato físico com a amostra o que pode provocar danos à mesma, como visto no caso da microscopia ATR-FTIR. A princípio a microscopia de absorção no infravermelho é melhor para a identificação de cargas e aglutinantes, entretanto, os espectros são mais complexos demandando a utilização de métodos estatísticos para a sua análise. A identificação de aglutinantes pode ser feita também por GC-MS (cromatografia gasosa acoplada a espectroscopia de massas), porém, trata-se de um método invasivo e destrutivo que nem sempre pode ser empregado.

Em estudos anteriores dessa amostra foram utilizadas técnicas macroscópicas destrutivas ou invasivas. Para a identificação dos aglutinantes foi utilizado CG-MS onde foi encontrado proteínas (aminoácidos de alanina a lisina) e ácidos graxos palmítico, esteárico e oleico (óleos), contudo, essa técnica além de ser destrutiva para a amostra tanto física e química, pois é solubilizado em solvente orgânico volátil. Também foi utilizada a espectroscopia FTIR com cela de diamante, que é do ponto de vista físico é destrutiva, pois a amostra é comprimida entre duas janelas de diamante, impossibilitando a discriminação por camadas, além disso, se a amostra for sensível a compressão ela pode ser destrutiva do ponto de vista químico.

Neste trabalho os resultados reportados mostram que a utilização de técnicas de microscopia vibracional permitiu a discriminação espacial das substâncias pelas várias camadas do corte

estratigráfico através de análises realizadas de modo não destrutivo. Especificamente da microscopia ATR-FTIR a pressão do cristal sobre a amostra causa danos que são observáveis ao microscópio e isso pode deve ser levado em consideração na hora de escolher o procedimento a ser adotado.

4. Conclusões

A microscopia Raman permitiu uma análise mais precisa das substâncias presentes na estratigrafia e também a obtenção de mapas químicos que mostram como as substâncias estão distribuídas pelo corte estratigráfico. Em relação à microscopia ATR-FTIR apresenta como vantagens a melhor resolução espacial, maior simplicidade dos espectros, a maior janela espectral, além da amostra não ser tocada em nenhum momento e, portando, não havendo danos a mesma e nem contaminação cruzada porque é possível que pequenas quantidades de substâncias fiquem aderidas à superfície do cristal e sejam transferidas para outras áreas da amostra.

Por essas características a microscopia Raman é uma ferramenta muito adequada para a análise de pigmentos e com isso foi possível identificar a presença de vermelhão e hematita na camada pictórica, o que não foi possível por μ ATR-FTIR por causa da restrição da janela espectral imposta pela natureza do cristal. A microscopia Raman não é tão vantajosa para o caso de detecção de aglutinantes, colas e vernizes, quando o FTIR geralmente fornece resultados melhores, entretanto, devido à maior complexidade dos espectros FTIR foi necessário o processamento estatístico dos mesmos.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPESP (projeto temático 16/21070-15) e CNPq (131865/2016-1 e 130261/2018-1) pelo suporte financeiro. Agradecem também ao Laboratório de Aplicações da Renishaw Latino Americana Ltda. por ceder o equipamento Raman Renishaw inVia Qontor e a Fabio Godoy pelo uso do referido equipamento nas análises de imageamento.

Referências

- [1] EDWARDS, H. G. M. et al; Raman Spectroscopy in Archaeology and Art History, **RSC Anal. Spect. Monographs**, The Royal Society of Chemistry, UK, 2005
- [2] SOUZA L. A. C., **Evolução da Tecnologia de Policromia nas Esculturas em Minas Gerais no Século XVIII: O interior inacabado da Igreja Matriz de Nossa Senhora da Conceição, em Catas Altas do Mato Dentro, um monumento exemplar**, 1996, Tese (Doutorado em Química), UFMG, Belo Horizonte, Minas Gerais.
- [3] BURGIO, L., CLARK, R. J. Library of FT-Raman spectra of pigments, minerals, pigment media and varnishes, and supplement to existing library of Raman spectra of pigments with visible excitation. **Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, v.57 n.7, p. 1491-1521, 2001.
- [4] CAGGIANI, MC, Cosentino, A, & Mangone, A Pigments Checker version 3.0, a handy set for conservation scientists: A free online Raman spectra database. **Microchemical Journal** vol 129, p. 123-132, 2016.
- [5] BELL, IM., et al. Raman spectroscopic library of natural and synthetic pigments (pre- \approx 1850 AD). **Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, v. 53 n.12, p. 2159-2179, 1997.
- [6] PRICE, B. A., BORIS, P. Infrared and Raman Users Group Spectral Database, ed. Vol. 1 & 2., 2007. **Philadelphia: IRUG**, 2009. Infrared and Raman Users Group Spectral Database. Web. 20 June 2014. <www.irug.org>

A difratometria de raios X na análise da paleta de cores de Íria Correia

Lucas de Souza Lima¹, José Márcio Siqueira Jr.¹, Maria Isabel Spitz Argolo^{2*}

¹Universidade Federal Fluminense, Niterói (Brasil)

²Universidade Federal do Rio de Janeiro, ChemicArte Projetos Educacionais, Rio de Janeiro (Brasil)
*quimicaearte@gmail.com

Palavras-chave: Arqueometria; Íria Correia; Pigmentos; DRX.

1. Introdução

A Arqueometria é uma área científica que ascendeu no século XX, dedicada ao estudo de bens culturais e que se baseia na coleta de dados de pesquisa de profissionais de diferentes áreas do conhecimento (historiadores, químicos, físicos, biólogos, arqueólogos, conservadores, dentre outros) a fim de enriquecer as informações sobre os objetos de estudo (APPOLONI, 2018). No caso das tintas, uma vez que é possível remontar a utilização de cada pigmento e/ou aglutinante a uma dada época ou localidade, pode-se traçar um parâmetro dos materiais que comprovam a autenticidade de uma obra, e ampliar os estudos da paleta de um artista e das técnicas que ele ou ela utilizavam (FERREIRA, 1987).

O pigmento branco, por exemplo, muitas vezes é utilizado como carga - material que auxilia na resistência da tinta e na homogeneidade da película - podendo se originar de substâncias químicas diferentes, e apresentar estruturas sólidas distintas (COLNAGO; BRANDÃO, 2003). Um dos pigmentos brancos mais utilizados atualmente é o branco de titânio (TiO_2) e sua utilização é datada em 1923, para a forma anatase e 1947 para a forma rutilo. Enquanto o rutilo é mais branco, chamado de “branco puro”, e possuir maior durabilidade, a anatase torna a tinta levemente amarelada e, por isso, é utilizada apenas como carga (COLNAGO; BRANDÃO, 2003). Anterior à utilização do branco de titânio, outros pigmentos brancos eram usufruídos desde a antiguidade, como o branco de chumbo ($2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$), o carbonato de cálcio (CaCO_3) e o gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (LEITE, 2008).

Devido à sua ampla aplicação na produção de tintas, a análise do pigmento branco pode ser determinante numa análise arqueométrica. No caso de obras produzidas antes de 1923, a presença do óxido de titânio nas amostras pode colocar em dúvida a sua autenticidade.

A Difratometria de Raios X (DRX) é uma das principais técnicas de análise para a caracterização de materiais cristalinos quanto a sua estrutura (ASFORA, 2010). A estrutura cristalina é entendida como a forma periódica e tridimensional em que os átomos, íons ou moléculas estão se repetindo nessa distribuição (SASAKI, 2000). Essas informações são obtidas por meio do fenômeno de difração dos raios-x pela rede cristalina. Desse modo, com a penetração da radiação pelo cristal, ela interage com a densidade eletrônica dos átomos, gerando interferências construtivas ou destrutivas nas ondas. Com um detector capaz de captar esses raios após sua passagem pela amostra, é possível caracterizar a estrutura, com base na parcela que difratou ou refletiu (ALVES, 2014). Como uma mesma substância pode apresentar estruturas cristalinas diferentes, e consequentemente possuir propriedades físicas distintas, o estudo através dessa técnica permite a classificação de materiais sólidos. Assim, mesmo sabendo qual a fórmula química de um pigmento, por exemplo, é importante saber em que tipo de arranjo as moléculas estão dispostas, informação que as outras técnicas não fornecem (SASAKI, 2000).

Neste projeto, a pesquisa foi feita a partir da paleta de cores da artista plástica Íria Correia, pertencente ao acervo do Museu Paranaense, sendo ela a primeira artista mulher a se dedicar exclusivamente à arte no Paraná.

2. Metodologia

Objeto de estudo: paleta de tintas de Íria Correia (MP.DA.1058).

Dimensões: 21 x 31 x 2 cm.

Coleção David Carneiro/Museu Paranaense.

Como ferramentas, utilizou-se espátula número 7 e pinça de precisão, pois a quantidade de amostra deveria ser a menor possível, de forma a não afetar o estado de conservação da paleta, a estabilidade das tintas e a composição estética da mesma.

A caracterização do material coletado foi feita através da técnica de DRX, para a determinação da estrutura cristalina. Os difratogramas foram obtidos com o equipamento *Bruker AXS D8 Advance* (radiação K Co = 1,79026 Å) do Laboratório de Difração de Raios X (LDRX), do Instituto de Física da UFF. Uma das fases cristalinas da amostra A foi identificada pela comparação com a base de dados cristalográfica *Inorganic Crystal Structure Database* (ICSD).

3. Resultados e discussão

Devido à limitação quantitativa para a coleta de amostras da paleta, foi possível realizar a análise por Difração de Raios-X somente para uma amostra. As demais foram caracterizadas também por FT-IR, conforme descrito no estudo original (LIMA, 2019). Como a cor da tinta a ser estudada apresentava cor rosa, era de se esperar a presença de uma mistura de pigmentos avermelhados e brancos na amostra. Assim, tendo pelo menos essa amostra e, levando em consideração que esse pigmento branco estaria presente em toda a paleta da Íria Correia, seguimos a análise para a amostra A. O difratograma obtido se encontra na figura 1.

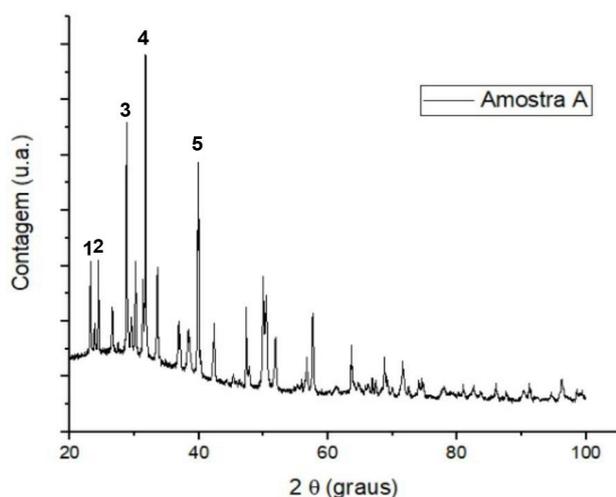


Figura 1: Difratograma obtido para a análise por DRX de policristais da amostra A (K Co = 1,79026 Å). Os números de 1 a 5 indicam os picos utilizados na indexação da fase branco de chumbo.

Pela análise do perfil de DRX, foi possível observar que a amostra apresenta uma mistura de fases, sendo a fase branco de chumbo indexada. Os picos numerados foram submetidos a comparação com dados da literatura referentes ao branco de chumbo (ICSD #280932), cujos valores estão expostos na tabela 1.

V Escola de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio (V EARCAP)
 II CONGRESSO BIENAL DA ANTECIPA (ANTECIPA-2020)
 (Associação Nacional de Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Patrimônio)
 16 e 20 de novembro de 2020, evento on-line, Brasil

Tabela 1: Indexação dos picos obtidos experimentalmente, comparados ao branco de chumbo da literatura. Dados de ICSD #280932, grupo espacial R-3m (n° 166).

Pico	θ_{exp} (graus)	θ_{lit} (graus)	d_{exp} (Å)	d_{lit} (Å)	(h k l)
1	11,60355	11,57011	4,45030	4,462351	(1 0 1)
2	12,21580	12,86695	4,23041	4,242485	(1 0 -2)
3	14,40245	14,37242	3,59878	3,605620	(1 0 4)
4	15,86995	15,83399	3,27341	3,280179	(1 0 -5)
5	19,98085	19,94877	2,61959	2,623250	(2 -1 0)

Nesse estudo em específico, foi utilizado o tubo de cobalto e, por consequência, os dados estão em função de theta. As fichas cristalográficas, de modo geral, apresentam os dados relativos a 2 theta, considerando o tubo de cobre. Como os valores de distância interplanar (d) não se alteram, os mesmos foram calculados usando a Lei de Bragg.

Os índices de Miller identificados, relacionando-os aos picos do difratograma estão na figura 2.

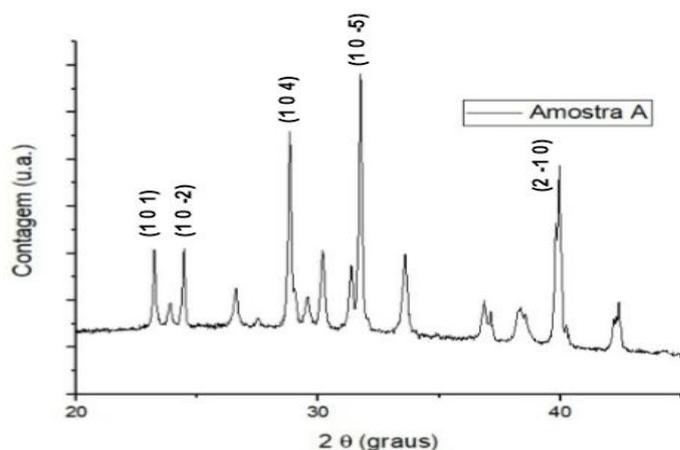


Figura 2: Índices de Miller identificados na indexação dos picos.

A proximidade dos valores experimentais com os da literatura indica a presença do branco de chumbo, condizendo com o resultado prévio do teste microquímico (LIMA, 2019). A outra fase não identificada no material analisado é possivelmente referente a um pigmento vermelho, uma vez que a cor da amostra era rosa, mas não foi possível obter mais informações com a quantidade de amostra disponível. Os parâmetros da célula unitária obtidos para a estrutura do branco de chumbo estão expostos na tabela 2.

Tabela 2: Parâmetros da célula unitária obtidos para o branco de chumbo.

Parâmetros	Valor
a = b	5,2465 Å
c	23,702 Å
$\alpha = \beta$	90 °
γ	120 °
Volume	565,01 Å ³

Utilizando o programa *VESTA*, obteve-se uma imagem que ilustra a célula unitária do branco de chumbo, a partir dos dados obtidos experimentalmente (figura 3), evidenciando a estrutura lamelar bidimensional.

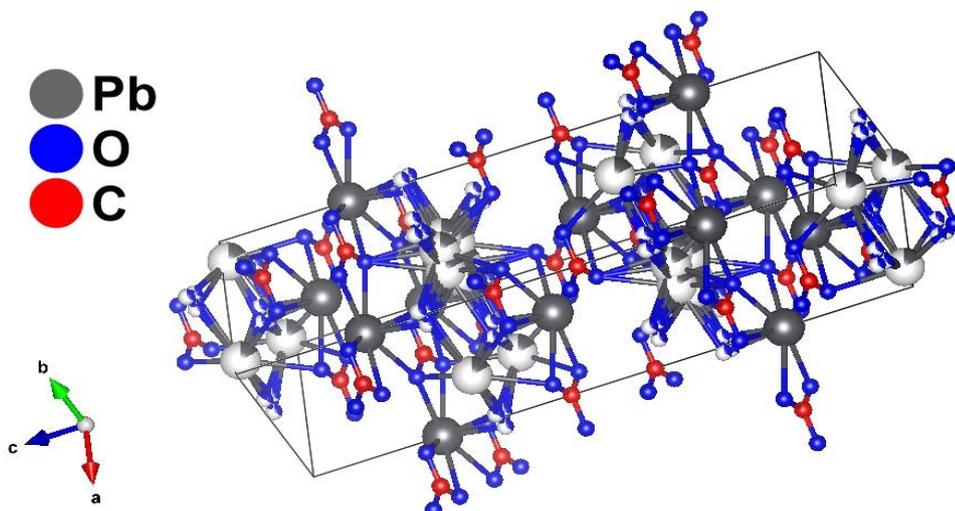


Figura 3: Imagem da célula unitária do branco de chumbo, obtida através do programa *VESTA*.

4. Conclusões

Foi possível identificar um pigmento, cuja datação se mostrou equivalente ao período de vida de Íria, com destaque para presença branco de chumbo e ausência de branco de titânio. A presença do pigmento branco de chumbo na paleta de cores foi confirmada pela técnica de Difração de Raio X (DRX), possibilitando a e indexação dos picos referentes ao branco de chumbo, evidenciando a importância da técnica para análise de materiais sólidos, até mesmo para estudos sobre autenticidade.

Agradecimentos

Ao Museu Paranaense (MuPa) pela disponibilidade do objeto de estudo desse projeto, e pela autorização da realização das análises, em especial à Arqueóloga Dra. Claudia Parellada e à Diretora do MuPa Gabriela Ribeiro Bettega.

Ao Laboratório de Difração de Raios X do Instituto de Física e ao Departamento de Inorgânica do Instituto de Química da UFF por fornecer os equipamentos e reagentes necessários.

Referências

ALVES, Felipe, et al. **Raios-X aplicados à arqueometria**. Cadernos da Graduação, Ciências biológicas e da saúde, v. 1, n.3; p. 59-68. Recife, 2014.

APPOLONI, Carlos Roberto; JUSSIANI, Eduardo Inocente Jussiani. **Arqueometria: O estudo dos bens culturais sob o olhar das Ciências Naturais**. 2018. Disponível em: <<https://culturaeducacaocnbb.com/arqueometria-o-estudo-dos-bens-culturais-sob-o-olhar-das-ciencias-naturais>>. Acessado em 20/10/2020.

V Escola de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio (V EARCAP)
II CONGRESSO BIENAL DA ANTECIPA (ANTECIPA-2020)
(Associação Nacional de Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Patrimônio)
16 e 20 de novembro de 2020, evento on-line, Brasil

ASFORA, Viviane Khoury. **Fluorescência de Raios X por dispersão de energia aplicada à caracterização de tijolos de sítios históricos de Pernambuco.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas Nucleares. Recife, 2010.

BLEICHER, L.; SASAKI, J. M. **Introdução à difração de raio-X em cristais.** Publicação da Universidade Federal do Ceará (UFC), 2000.

COLNAGO, Attílio; BRANDÃO, Joyce. **Tintas: materiais de arte.** Gráfica A1, 1ª edição [S.I.]. Vitória, 2007.

FERREIRA, Maria Alzira Almoester. **A Química e o patrimônio artístico.** Universidade de Lisboa, Rev. Port. Quím., 29, 1. Lisboa, 1987.

LEITE, J, G. **Aplicação das Técnicas de Espectroscopia FTIR e de Micro Espectroscopia Confocal Raman à Preservação do Patrimônio.** Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto. 2008.

LIMA, L. de S. **Química aplicada à Arte: estudo sobre a paleta de cores de Íria Correia.** Monografia final de curso. Universidade Federal Fluminense, Instituto de Química, Niteroi, 2019.

1ª. Edição

Editoração:

Marcia A. Rizzutto
Thais A.B.C. Sanjad
Flávia Olegário Palácios

Projeto Gráfico:

Vitória Falcão Sattler
João Paulo Freitas Daldegan
Willi de Barros Gonçalves

Diagramação:

Juliana Bittencourt

São Paulo, 2021

ANTECIPA

A ANTECIPA (Associação Nacional de Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Patrimônio) foi fundada em 2015 com a finalidade de congregar pesquisadores, apoiar e fomentar a pesquisa transdisciplinar, a produção científica e tecnológica, bem como a sistematização, difusão e intercâmbio de informações e conhecimentos do campo expandido da Ciência do Patrimônio, a cooperação técnica e a capacitação profissional, envolvendo de maneira abrangente os diversos aspectos da preservação e pesquisa do Patrimônio Cultural.

O Segundo Encontro da ANTECIPA foi realizado em conjunto com a V Escola de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio Cultural com o objetivo de ampliar a integração entre áreas complexas e de atuação multidisciplinar, o que representa um desafio para os profissionais que atuam no campo da pesquisa e preservação do Patrimônio Cultural.

PROMOÇÃO:



Escola de Arqueometria e
Ciências Aplicadas ao Patrimônio

REALIZAÇÃO:

LACAPC

Laboratório de Arqueometria e Ciências Aplicadas ao Patrimônio Cultural

LACICOR

Laboratório de Ciências e Conservação - COOP-EBA-USP

USP

IFUSP

UFMG

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MINAS GERAIS

UEMG

ESCOLA DE DESIGN

UFPEL

Universidade Estadual de Londrina

APOIO:

