



UFRJ

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE LETRAS E ARTES
ESCOLA DE BELAS ARTES
DEPARTAMENTO DE ARTES E PRESERVAÇÃO CURSO DE CONSERVAÇÃO E
RESTAURAÇÃO

**O RAIOS X E SEU USO NA REVELAÇÃO DE PINTURAS SUBJACENTES.
ESTUDO DE CASO: PINTURA MARIA E JESUS MENINO**

LUCIA HELENA GOMES ANTONIO

Rio de Janeiro
2022

LUCIA HELENA GOMES ANTONIO

**O RAIOS X E SEU USO NA REVELAÇÃO DE PINTURAS SUBJACENTES.
ESTUDO DE CASO: PINTURA MARIA E JESUS MENINO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Conservação e Restauração da Universidade Federal do Rio de Janeiro como requisito parcial à obtenção do título de Graduado em Conservação e Restauração. Orientadora: Prof.a Dra. Márcia de Mathias Rizzo.

Orientação: Professora Dra. Márcia de Mathias Rizzo (UFRJ)

Rio de Janeiro
2022

CIP - Catalogação na Publicação

Gr Gomes Antonio, Lucia Helena
 O Raio X e seu uso na Revelação de Pinturas
 Subjacentes. Estudo de caso: pintura Maria e Jesus
 Menino. / Lucia Helena Gomes Antonio. -- Rio de
 Janeiro, 2022.
 65 f.

 Orientador: Marcia de Mathias Rizzo.
 Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
 Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de
 Belas Artes, Bacharel em Conservação e Restauração,
 2022.

 1. Raio X. 2. Pintura subjacente. 3. Conservação
 e restauração. 4. MA-XRF. 5. FTIR. I. Rizzo, Marcia
 de Mathias, orient. II. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Conservação e Restauração da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Conservação e Restauração.

Aprovador por:

Profa. Dra. Márcia de Mathias Rizzo UFRJ (orientadora)

Profa. Dra. Neuvânia Curty Ghetti
(Coordenadora do curso CR/UFRJ)
(avaliadora interna)

Professor Dr. Rafael Bteshe
(BAP/EBA/UFRJ)
(avaliador interno)

Dedico ao meu anjo Rafinha, que sempre está comigo, amor eterno.

AGRADECIMENTOS

À minha família, às minhas irmãs Maria Lucia e Sandra Lucia, sobrinhos e cunhados que sempre me incentivaram e apoiaram em todos os momentos nesse caminho, cheio de percalços. Principalmente a minha mãe Jacyra que sempre está do meu lado me encorajando com sua presença de força e acolhimento.

As colegas dentro e fora da universidade, dando força uns ao outros nessa trajetória nada fácil.

A minha orientadora Márcia de Mathias Rizzo que me guiou e inspirou nesse momento final.

Aos professores Davi Ferreira Oliveira e Renato Freitas que mesmo em meio a pandemia se propuseram a me ajudar nas análises da minha obra, mostrando disposição e interesse.

As professoras Ana Paula Corrêa e Monica Dias e aos profissionais da conservação e restauração que encontrei nesse caminho e que foram fundamentais para eu chegar nesse momento através de seus conselhos, motivação e aprendizado.

RESUMO

A presente dissertação trata do uso de raio X no campo da conservação e restauração, mais especificamente na investigação de pinturas subjacentes, passando pela sua descoberta no séc. XIX pelo físico alemão Wilhelm Conrad Roentgen até sua utilização como ferramenta de análise não-destrutiva na conservação e restauração do patrimônio artístico e cultural. O trabalho faz uma análise do raio X e sua aplicação. No centro desse trabalho está um estudo de caso de uma pintura de cavalete onde foi revelada a existência de pintura subjacente e que foi confirmada pela análise com raio X, a partir da descoberta da pintura escondida, foram utilizados métodos de análise por imagens tais como: microscopia, raio X, macro mapeamento (MA-XRF) e espectrometria por infravermelho (FTIR), além de análises feitas no laboratório de conservação de pintura de conservação e restauração da UFRJ.

Palavra-chave: raio X, pintura subjacente, conservação e restauração, MA- XRF, FTIR.

ABSTRACT

The present dissertation deals with the use of X-rays in the field of conservation and restoration, more specifically in the investigation of underlying paintings, including their discovery in the 19th century by the German physicist Wilhelm Conrad Roentgen until its use as a non-destructive analysis tool in the conservation and restoration of artistic and cultural heritage, the work analyzes the X-ray and its application. At the center of this work is a case study of an easel painting where the existence of an underlying painting was revealed, and which was confirmed by X-ray analysis. microscopy, X-ray, macro-mapping (MA-XRF) and infrared spectrometry (FTIR), in addition to analyzes carried out in the UFRJ's conservation and restoration painting conservation laboratory.

Keywords: X-ray, underlying paint, conservation and restoration, MA-XRF, FTIR.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Físico Wilhelm Conrad Röntgen e a radiografia da mão de sua esposa...	18
Figura 2. Escala de radiações eletromagnéticas.....	19
Figura 3. Tubo de Coolidge.....	20
Figura 4. Número anual de fotografias que foram realizadas no período entre 1936 e 1964 no Museu Nacional de Arte Antiga, em Lisboa.....	23
Figura 5. Placa de bainha de punhal romano feito de ferro e estanho.....	24
Figura 6. Broche de cruz romana feito de chumbo e bronze.....	24
Figura 7. “Jack of Plates” do século 16 feito de ferro.....	25
Figura 8. Moedas obscurecidas pela corrosão.....	25
Figura 9. Raio X do mecanismo interno de um cadeado medieval.....	26
Figura 10. Raio X de fragmentos de diferentes cerâmicas.....	27
Figura 11. Pintura: Pentecostes (1534-1535) de Grão Vasco.....	28
Figura 12. Raio X da pintura: Pentecostes de Grão Vasco.....	29
Figura 13. Pintura Pala de São Pedro (1529)	30
Figura 14. Raio X da pintura Pala de São Pedro.....	30
Figura 15. Cópia da pintura de Guido Reni que serviu de modelo para a pintura final.....	32
Figura 16. Obra A virgem com o menino Jesus dormindo (1660-70)	32
Figura 17. Raio X da obra A virgem com o menino Jesus dormindo.....	33
Figura 18. Obra Gioventù- 65 x 49 cm (1898) de Eliseu Visconti.....	34
Figura 19. A radiografia da obra de Gioventù mostra o estudo para a obra Recompensa de São Sebastião (1898)	34
Figura 20. Obra La Miséreuse (1902), Picasso.....	35
Figura 21. Imagem radiográfica da obra La Miséreuse.....	36
Figura 22. Sobreposição digital da pintura subjacente com a pintura superior.....	36
Figura 23. Obra ‘Homem velho em traje militar (1630) e a imagem do homem que está escondida na pintura subjacente.....	37
Figura 24. Pintura Moça lendo uma carta à janela (1657-1659) antes da retirada da repintura que cobria o cupido.....	38
Figura 25. Pintura depois da retirada da repintura que cobria o cupido.....	39
Figura 26. Visão geral da obra: Maria e Jesus menino.....	40
Figura 27. Mapeamento digital colorido de danos.....	42

Figura 28. Lacuna na camada pictórica com exposição da pintura subjacente.....	43
Figura 29. Visualização de várias camadas de pigmentos.....	43
Figura 30. Detalhe de intenso craquelê.....	44
Figura 31. Danos revelados no exame por luz transmitida.....	45
Figura 32. Radiografia em equipamento radiológico de uso hospitalar.....	46
Figura 33. Radiografia retirada em equipamento hospitalar.....	46
Figura 34. Equipamento radiológico laboratório de Instrumentação Nuclear da COPPE.....	47
Figura 35. Scanner da placa de fósforo.....	48
Figura 36. Pintura subjacente em ângulo 180° em relação a pintura superior.....	49
Figura 37. Radiográfica invertida.....	49
Figura 38. Equipamento portátil de MA-XRF. Na foto ao lado a pintura sendo preparada para a análise pelo professor Renato Freitas.....	50
Figura 39. MA-XFR mapeando a pintura.....	51
Figura 40. Quadro de elementos químicos dos pigmentos.....	52
Figura 41. Mapeamento elemento ferro (Fe).....	53
Figura 42. Mapeamento bário (Ba)	54
Figura 43. Mapeamento cromo (Cr)	54
Figura 44. Mapeamento do cálcio (Ca)	54
Figura 45. Mapeamento do titânio (Ti)	55
Figura 46. Mapeamento do zinco (Zn)	55
Figura 47. Mapeamento do manganês (Mn)	56
Figura 48. Mapeamento do mercúrio (Hg)	56
Figura 49. Mapeamento do Chumbo (Pb)	57
Figura 50. Equipamento de FTIR do laboratório Liscomp IFRJ.....	58
Figura 51. Áreas de análises do FTIR.....	59
Figura 52. Espectros resultantes das análises de FTIR.....	60

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Elementos químicos dos pigmentos.....	52
-------------------------------------------------	----

LISTA DE ABREVIACOES E SIGLAS

Ba	Bário
Ca	Cálcio
COPPE	Instituto Alberto Luís Coimbra de Pós-graduao e Pesquisa de Engenharia
Cr	Cromo
DNA	cido desoxirribonucleico EBA- Escola de Belas Artes
Fe	Ferro
FTIR	Espectrometria de infravermelho por Transformada de Courier
ICOM	International Council of Museums INCB- Instituto Newton C. Braga
LIN	Laboratório de Instrumentao Nuclear
LISComp Aplicada	Laboratório de Instrumentao e Simulao Computacional Científica
MA-XRF	Macro mapeamento elementar
Pb	Chumbo
PEN	Programa de Energia Nuclear
Ti	Titânio
XRF	Fluorescência de Raio X
Zn	Zinco

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
1 UMA PASSAGEM SOBRE O RAIOS X	17
1.1 A DESCOBERTA DO RAIOS X	17
1.2. FUNCIONAMENTO DO RAIOS X	19
1.3 USO DO RAIOS X NA CONSERVAÇÃO E RESTAURAÇÃO	21
2. O RAIOS X E A REVELAÇÃO DE PINTURAS SUBJACENTES	31
3. ANÁLISE DA OBRA MARIA E O MENINO JESUS	39
3.1 MAPEAMENTO DIGITAL COLORIDO DE DANOS	41
3.2. EXAMES POR IMAGENS	42
3.2.1. Lupa binocular digital de aumento 500x.	42
3.2.2. Fotografia com luz transmitida.	43
3.2.3. Fotografia com luz rasante	43
3.2.4. Exame por irradiação por raios x	45
3.2.5. Macro Mapeamento Elementar (MA-XRF)	49
3.2.6. Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)	57
CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	63

INTRODUÇÃO

A ideia do TCC nasceu durante o desenvolvimento de um projeto de conservação e restauração de uma pintura na disciplina CR de Pintura II do curso de Conservação e Restauração na UFRJ. A obra em questão é uma pintura de cavalete em que foi analisado seu atual estado de conservação para com isso traçar um diagnóstico dos principais danos sofridos e propor as intervenções mais eficientes.

Durante a análise inicial, no exame organoléptico foi observada a presença de camadas anteriores de tintas, visíveis através das lacunas da camada pictórica superior, isto é, a pintura apresentava uma intensa perda de camada pictórica revelando a camada subjacente. Essa análise despertou o interesse em descobrir o que se “escondia” sob a pintura. Veio então a ideia de radiografar a pintura e se confirmou a presença de outra pintura subjacente. Essa descoberta gerou o objetivo principal deste projeto que é dissertar sobre o uso da radiografia em investigação da imagem encoberta nesta pintura.

A importância de se estudar esse tema é a grande relevância que a radiografia adquiriu no campo da conservação e restauração. Além da análise do uso da radiografia na revelação dessas imagens escondidas será apontado também, o uso dessa ferramenta, com uma visão geral, no campo da conservação e restauração, com alguns exemplos do seu uso em objetos de várias materialidades, mas o foco do presente trabalho é o raio X na pintura e seu auxílio na revelação de pinturas subjacentes. Entender as técnicas, materiais e conhecimentos empregados em cada obra, através de utilização de pesquisa e análises de todo o processo de confecção, confere-nos a possibilidade de firmar o compromisso com a integridade física e moral de um patrimônio. Segundo o Código de Ética do Conservador- Restaurador¹:

¹ Código de Ética do conservador-restaurador de bens culturais é uma publicação conjunta das seguintes associações e entidades representantes de classe: Associação Brasileira de Encadernação e Restauro (Aber); Associação Brasileira de Conservadores e Restauradores de Bens Culturais (Abracor); Associação Paulista de Conservadores e Restauradores (APCR); Associação de Conservadores Restauradores de Bens Culturais do Rio Grande do Sul (ACOR-RS) e Associação de Restauradores e Conservadores de Bens Culturais (Arco.IT, Paraná).

“O papel fundamental do conservador-restaurador é a preservação dos bens culturais para benefício da atual geração e das gerações futuras. Para tal, esse profissional realiza diagnóstico, tratamentos de conservação e restauração dos bens culturais, a respectiva documentação de todos os procedimentos, além do estabelecimento de atividades referentes à conservação preventiva” (p.3,2013).

O trabalho de conservação e restauração começa no diagnóstico do objeto, essa análise determinará qual o melhor caminho para sua preservação, as diretrizes a serem traçadas se basearão neste diagnóstico, pois depois desta análise conheceremos a estrutura, as características intrínsecas e extrínsecas, demandas que permitirão estabelecer como será sua salvaguarda.

O que justifica a realização desse trabalho é apresentar através deste estudo, o papel da radiografia na descoberta de especificidades, no caso, uma pintura subjacente de uma obra. O diagnóstico através da radiografia ajudará a entender a natureza da obra e as questões intrínsecas que o exame organoléptico não pode aprofundar. Essa necessidade mostra o caráter multidisciplinar da conservação em que profissionais de áreas afins como químicos, físicos, historiadores e outros se relacionam para um melhor entendimento da obra (PASCUAL, 2003), o diagnóstico torna-se um documento que acompanhará a obra durante todo o processo antes, durante e depois de qualquer intervenção de restauração.

A metodologia utilizada nesta dissertação foi inicialmente a busca de artigos, teses e periódicos que tratam do uso do raio X na conservação/restauração, assim como, diagnósticos e revelação de pinturas subjacentes. Esses artigos foram publicados em média nos últimos 10 anos em que neles são analisados o uso do raio X nas obras de artes e artefatos. Além de ser realizada a busca de material teórico que atendessem aos critérios de relevância da pesquisa, foram utilizadas também anotações oriundas do estudo de caso da pintura objeto desta monografia, a qual foi analisada no laboratório de conservação de pintura do curso de conservação e restauração da UFRJ com uso de testes, análises organolépticas, registros fotográficos com luz visível, luz rasante, luz transmitida, imagens geradas com radiografias, macro mapeamento elementar (MA-XRF) e espectrometria por infravermelho, lupa de aumento 500x e material textual oriunda deste estudo.

Este trabalho será dividido em 3 partes. No capítulo 1 dissertaremos sobre o raio X e seu uso dentro do campo da conservação e restauração, de que forma essa

ferramenta pode ser uma grande aliada dentro de várias materialidades.

No capítulo 2 trataremos de casos em que o raio X permitiu a revelação de pinturas subjacentes, revelando ideias abandonadas por seus pintores ou alteradas posteriormente e o que isso pode dizer sobre a pintura ou o pintor.

No capítulo 3 apresentaremos a pintura propriamente dita, as análises feitas no Laboratório de Conservação e Restauração de pintura da EBA/UFRJ, as imagens radiológicas reveladas no Laboratório de Instrumentação Nuclear² (LIN) da PEN/COPPE/UFRJ com o prof. Davi Ferreira de Oliveira e as imagens geradas no laboratório LISComp³ no IFRJ com o prof. Renato Freitas que ratificam a existência da pintura subjacente e complementam através de suas análises, informações a respeito das camadas pictóricas.

² Atua em quatro grandes áreas de pesquisa: imagem por radiações ionizantes; fluorescência de raios X; espectrometria de radiações ionizantes; e dosimetria. O laboratório é vinculado ao Programa de Engenharia Nuclear, COPPE/UFRJ.

³ O LISComp atua principalmente nos temas de: física nuclear aplicada à arqueometria, física estatística aplicada à sistemas críticos, estudos de redes complexas, radiações ionizantes, microscopia ótica e eletrônica, estudos de análise de falhas e ciências dos materiais. Instituto Federal de Educação e Tecnologia do Rio de Janeiro/IFRJ. Campus Paracambi. <https://liscomp.github.io/>

1 UMA PASSAGEM SOBRE O RAIOS X

1.1 A DESCOBERTA DO RAIOS X

O Raio X foi descoberto em 1895 pelo físico alemão Wilhelm Conrad Roentgen⁴ (1845-1923), o qual durante experimentos feitos com um tubo de Crookes e um filamento, que quando ligado ao lado negativo de uma bateria, aquecia, emitindo elétrons (raios catódicos) em direção ao ânodo, ele observou que uma radiação saía do tubo de Crookes; atravessava o papel preto que o envolvia e incidia sobre um material fluorescente que se encontrava longe, fazendo-o brilhar, a essa radiação misteriosa deu o nome de raio X (INCB, 2012). Hoje se sabe que essa radiação são ondas eletromagnéticas de curtíssimo comprimento e isso torna os raios mais penetrantes, e que são produzidos quando elétrons emitidos pelo cátodo incidem no ânodo (INCB, 2012). Essa descoberta deixou Roentgen intrigado: expôs diversos materiais de densidades diferentes a fim de observar seu poder de penetração e com auxílio de um detetor fluorescente, fez uma importante observação: segurando um disco de chumbo com a mão na intenção de verificar o poder de penetração dos raios naquele metal, viu que, além da sombra do disco, apareceu a sombra dos ossos da sua mão (LIMA; AFONSO; PIMENTEL 2009).

Em 22 de dezembro de 1895, durante estudos para suas publicações, fez a radiação atravessar a mão de sua esposa Anna Bertha Roentgen por 15 minutos revelando a imagem dos ossos e aliança sobre uma placa fotográfica (LIMA; AFONSO; PIMENTEL, 2009), essa descoberta revolucionou a medicina e garantiu ao físico o Nobel de Física em 1901. O raio X se tornou precursor em diagnóstico por imagem, permitindo observar estruturas anatômicas como ossos e órgãos sem cortes, mantendo o corpo intacto. Porém é importante frisar que a radiação X traz efeito

⁴ Roentgen registrou a primeira radiografia em 22 de dezembro de 1895 quando posicionou a mão de sua esposa, Anna Bertha Roentgen, em um chassi e o revelou em um filme, escreveu um artigo intitulado "Sobre uma nova espécie de raio" em que descreve o uso do RX para visualizar partes internas do corpo.

acumulativo ao nosso corpo (INCB, 2012), no início só os benefícios do raio X foram considerados, mas usado sem a proteção correta pode trazer sérios malefícios ao corpo humano. Com alto poder de penetração, as frequências ionizantes são prejudiciais à saúde (MORSCH, 2020). Os equipamentos desenvolvidos inicialmente (final do século XIX e início do XX) emitem grandes doses de radiação de forma descontrolada (LIMA; AFONSO; PIMENTEL 2009), os riscos da radiação logo foram percebidos devido ao grande número de casos de queimaduras graves, amputação de membros superiores e mortes entre pesquisadores que buscavam sua aplicação.

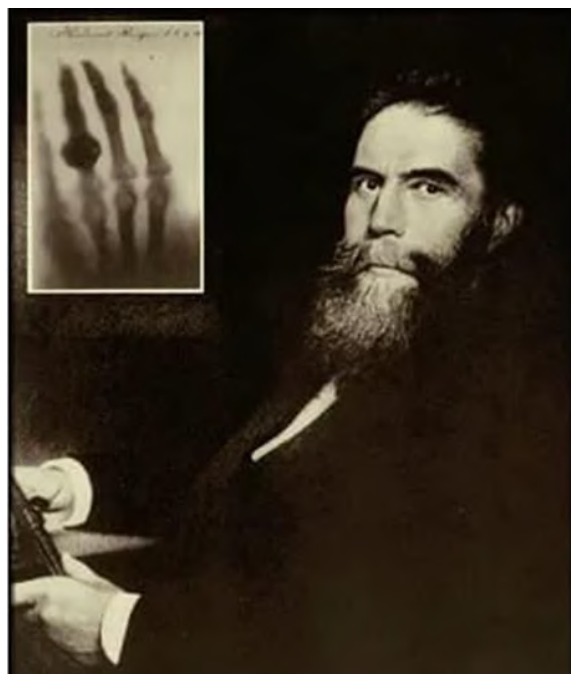


Figura 1. Físico Wilhelm Conrad Röntgen e a radiografia da mão de sua esposa.

Fonte: encurtador.com.br/sBE05

1.2. FUNCIONAMENTO DO RAIOS X

Dentro de um tubo, é aplicada alta energia em um circuito de filamento de tungstênio (circuito de corrente elétrica) chamado de cátodo-, que libera uma nuvem de elétrons acelerados, essa energia é convertida em calor, esses elétrons são atraídos para o outro filamento de pouca energia chamado ânodo produzindo radiação X. Esse processo gera 99% de calor e 1% de raio X, com isso o uso de tungstênio se torna ideal pois esse metal tem ponto de fusão alto podendo aguentar 3.000°C e tem boa condutividade térmica sendo mais eficiente na produção de raio X. Este processo provoca dois fenômenos: frenagem (bremsstrahlung) e radiação característica (MORSCH, 2020). Na Frenagem o elétron passa bem próximo ao núcleo do átomo, como o elétron tem carga negativa (-) e o núcleo do átomo tem carga positiva (+), isso faz com que o elétron desvie sua trajetória causando uma desaceleração, transformando energia cinética em fótons de raio X (LIMA, 2009). Na Radiação Característica um elétron entra na órbita de um átomo e colide com um elétron orbital desse átomo deslocando-o de sua órbita deixando a posição do elétron vago com isso um elétron de uma camada orbital mais externa desloca para esse orbital vago, a perda de energia provocada pelo deslocamento do elétron é o raio X (CAMPO, 2015).

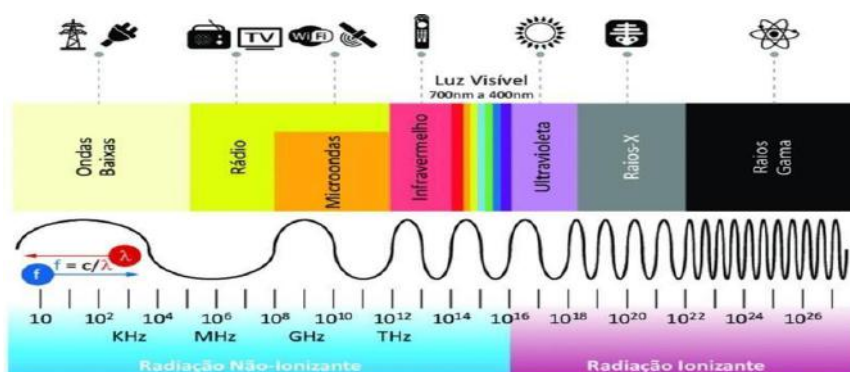


Figura 2. Escala de radiações eletromagnéticas. 7 tipos de ondas: raios gama, raio x, ultravioleta, luz visível, raios infravermelhos, micro-ondas e ondas de rádio. Fonte: encurtador.com.br/hmsSY

No raio X o comprimento de onda é tão pequeno que uma boa parte pode passar por entre os átomos de quase qualquer material. A radiação X tem alta energia e seus raios atravessam as partes menos densas e são absorvidas pelas partes mais densas reveladas em imagens através de tons de cinzas. Estruturas mais densas

aparecem mais claras, pois absorvem mais raio X e pouca quantidade chega à placa sensível do equipamento de radiografia. Porém a estrutura pouco densa absorve pouca radiação chegando mais intensamente a placa, queimando-a.

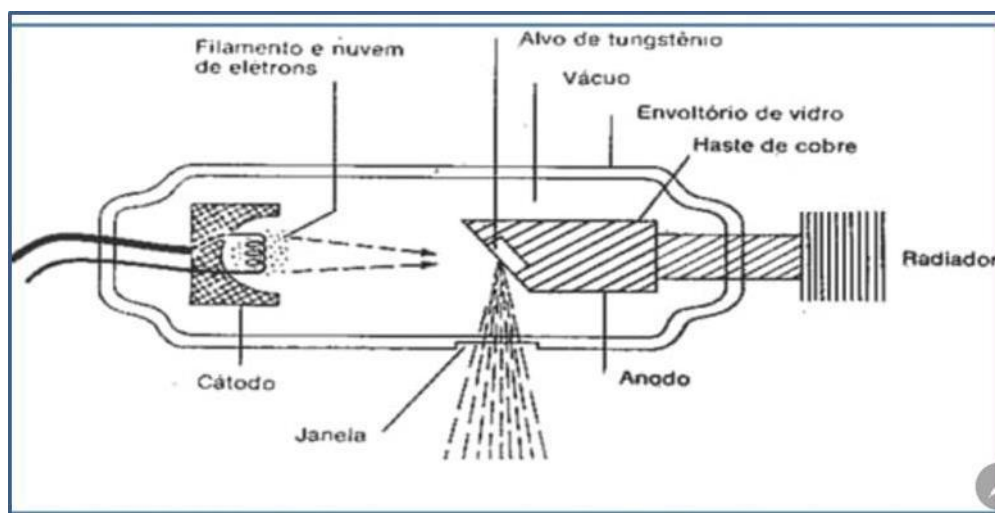


Fig. 3- Tubo de Coolidge onde elétrons acelerados partem do cátodo atraídos pelo anodo, onde ocorre perda de elétron orbital e com isso movimento para o preenchimento da vacância orbital que gerará a emissão de raio X. Fonte: <https://sites.google.com/site/atcompcer/producao-do-raio-x>.

O equipamento de raio X sofreu muitas melhorias no decorrer dos anos, hoje em dia, temos o convencional e o digital. O equipamento de radiografia convencional capta as imagens, através da gravação em um filme, composto por sais de halogeneto de prata, que depois é revelado (MORSCH, 2020). O raio X digital capta os dados por meio de uma placa sensível à radiação e, em seguida, forma as imagens em pixels em conexão direta ou indireta com o computador. Na conexão indireta, usa-se uma placa em que a imagem é escaneada para o computador, na conexão direta a imagem que está na placa vai direto para o software próprio para raio X que está no computador. Nesse tipo de equipamento a exposição à radiação é feita por menor tempo. Como foi mencionado anteriormente, a radiação X pode ser perigosa para a saúde humana, sua capacidade de penetrar nos nossos tecidos torna sua exposição prolongada, nociva podendo fazer alteração no DNA formando células cancerígenas (VELUDO, 2011). Por isso, pessoas que trabalham com radiografias de alta frequência usam aventais de chumbo (que não permitem que essas radiações atravessem) e se mantêm longe no momento do disparo.

1.3 USO DO RAIOS X NA CONSERVAÇÃO E RESTAURAÇÃO

A radiologia desde sua descoberta, revolucionou a medicina, com inúmeras aplicações dentro da área de saúde, servindo como base de diagnósticos de muitas doenças e enfermidades como tumores, doenças pulmonares, identificação de fraturas e diagnósticos forenses (JUNIOR, 2012), mas também em várias outras áreas da vida humana, como segurança pública e privada em aeroportos e controle de acesso humano e de objetos, na indústria no controle de qualidades como defeitos ou pequenas rachaduras e em outras áreas, e no mundo das artes não foi diferente. Hoje agrega-se ao processo de análises e de diagnóstico como uma ferramenta importantíssima na revelação de informação e especificidades de obras e objetos (ALVES, 2014; JUNIOR, 2012).

Tem se mostrado fundamental no processo de conservação de bens materiais através da demonstração da estrutura do objeto, na diferenciação entre peças originais e elementos adicionados posteriormente em restaurações ou na identificação de falsificações devido a sua capacidade de atravessar os suportes e seus pigmentos, a densidade desse material determinará o nível de penetração do raio X. Como foi dito por Prates, "o raio X é uma poderosa ferramenta que possibilita obter informações como composição, métodos de construção, podendo dar indícios de onde, quando e por quem um objeto terá sido feito" (PRATES, 2016). Ou como no caso da obra que é fonte destes estudos, a revelação de ideias abandonadas e alteradas pelo autor da obra ou alterações feitas por restauradores ou por outros artistas.

Muitos pesquisadores apaixonados por artes abraçaram a missão de analisar obras em busca de alterações feitas posteriormente em pinturas de acervos particulares ou de museus, o pesquisador e restaurador Antônio Cruz cita como exemplo, em seu artigo, dois médicos radiologistas Roberto de Carvalho e Pedro Vitorino, estudiosos das artes, que em Portugal em 1928 concluíram em seus estudos feitos em obras de arte, que o raio X possibilita descobrir a "idade" dos pigmentos utilizados em uma pintura pelo fato de que a diferença da composição dos elementos utilizados em pigmentos de tempos diferentes apresentavam número atômico e massa diferenciada (RIZZUTTO, 2015) pois com o tempo esses elementos se modificam, essas variações dão ao pigmento densidade distinta gerando imagens radiológicas com contrastes significativos demonstrando que a pintura foi alterada, ajudando dessa

forma a atestar a autenticidade, como revelando repintes feitos por restauradores, contando assim a história dessa obra no decorrer dos anos (ALVES, 2014).

A relevância do raio X nas artes foi percebida logo após sua descoberta, já que em 1896, na Alemanha, W. König e A. Toplex estudaram a possibilidade do seu uso para avaliar o estado de conservação e avaliar autenticidade (CRUZ, 2010). Essa percepção fez o pesquisador Alexander Faber, em 1930, também na Alemanha, patentear o uso do raio X na detecção de repinturas e similares em pinturas antigas. Vários países pelo mundo se interessaram por essa nova ferramenta, houve um projeto desenvolvido no EUA pelo Fogg Art Museum junto com o Alan Burroughs que já estava radiografando pinturas pelo país, de criar um arquivo de radiografia de pinturas (CRUZ, 2010). Esse arquivo teria também pinturas da Europa, essa iniciativa e outros projetos similares gerou a Conferência Internacional para Estudos dos Métodos Científicos Aplicados ao Exame e a Conservação de Obras de Arte em Roma em 1930.

Nesta conferência organizada pelo Office Internationale des Musées, antecessor do ICOM (International Council of Museums), conservadores discutiram métodos de exames e análises de pinturas trazendo a radiografia como um método concreto de análise para a conservação. No final dessa década, após algumas discussões sobre o possível malefício que a exposição de uma obra a radiografia poderia trazer a mesma e a conclusão após muitas pesquisas reveladas em vários artigos que a radiação não causaria danos às telas, cresce o número de museus com equipamentos para radiografias, essa demanda fez a empresa Siemens (empresa industrial originalmente alemã voltada para desenvolvimento tecnológico) desenvolver equipamentos de radiografias voltados para esse fim.

Com o passar do tempo, esse método de análise se tornou comum no mundo das artes (CRUZ, 2010) como mostra o gráfico do Museu Nacional de Arte Antiga, em Portugal, contabilizando o número de radiografias feitas em um período de quase 30 anos.

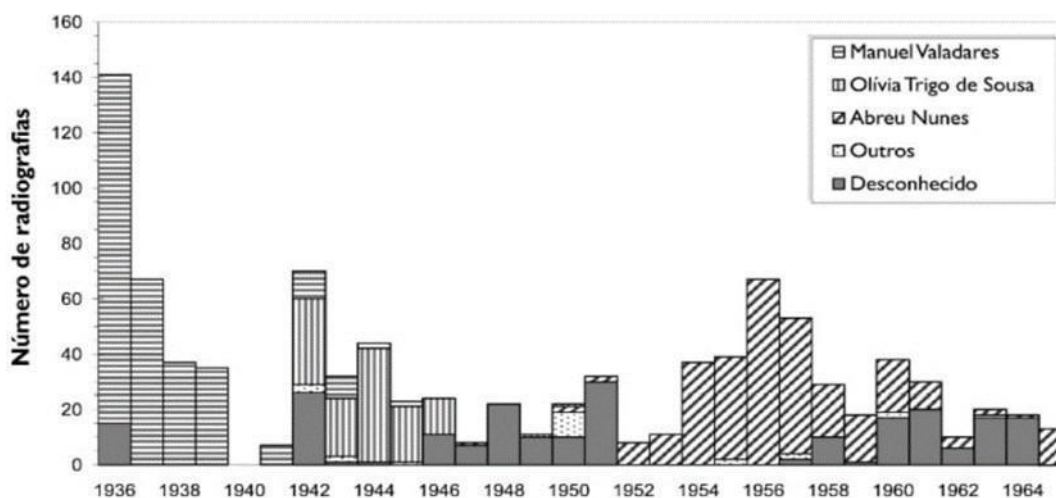


Figura 4. Número anual de fotografias que foram realizadas no período entre 1936 e 1964 no Museu Nacional de Arte Antiga, em Lisboa, Portugal. Fonte: Joao Cruz ,2010.

Desde então, em vários campos da conservação, a radiografia tem sido usada como ferramenta de diagnóstico. A arqueologia tem na radiografia um grande aliado, ela tem ajudado arqueólogos, conservadores e historiadores a identificar o período histórico e origem a que pertence o artefato através da identificação dos elementos que a compõem sua estrutura (ALVES, 2014). Além disso, é usado como instrumento auxiliar na elaboração das diretrizes que nortearam a abordagem de conservação e restauração de seus objetos. Técnica investigativa não destrutiva, seu uso é rápido e econômico e beneficia no entendimento da materialidade do objeto favorecendo a compreensão de sua constituição.

Permite a forma e estrutura de um objeto obscurecido sob camadas de corrosão e acréscimos de enterro a serem visualizados sem qualquer intervenção física para isso objeto (HERITAGE, 2006). Além de diagnosticar o estado estrutural do objeto, atua como elemento de registro de estado inicial após escavação, haja visto, que muitos objetos têm seu processo de degradação acelerado depois de desenterrados, permite comparações futuras entre o estado das escavações com o estado atual, principalmente em objetos metálicos.

As avaliações dos objetos radiografados (HERITAGE, 2006) podem contribuir para a interpretação do sítio e, portanto, gerar informações para as ações futuras. Existem casos em que acréscimos adquiridos pelo objeto depois de muito tempo tornam-se tão densos que a forma original fica difícil de ser observada a olho nu

(PRATES, 2016), a radiografia traz a possibilidade de dimensionar o volume real do objeto detectando onde é incrustação, como é visto na figura 7, e caso se pretenda remover os acréscimos, oferece maior segurança na manutenção da integridade do artefato.

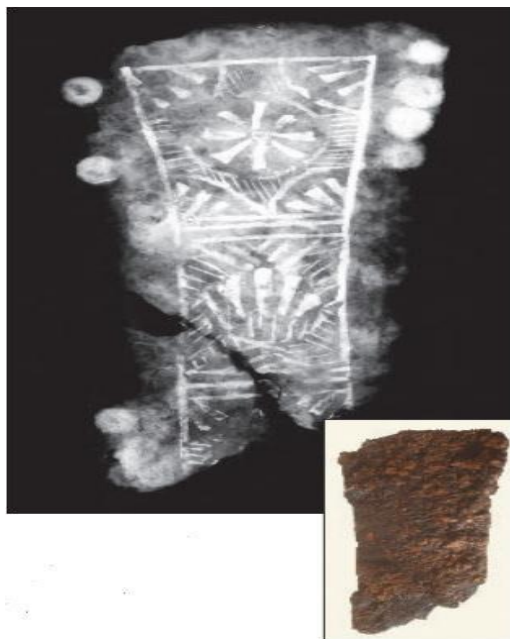


Figura 5. Placa da bainha de punhal feito de ferro e estanho. A radiografia mostra a decoração que é evidenciada devido a diferença de radiopacidade dos elementos do artefato. Fonte: HERITAGE,2006.



Figura 6. Broche de cruz romana feito de chumbo e bronze. A radiografia mostra a delimitação do artefato de incrustação. Fonte: HERITAGE, 2006.

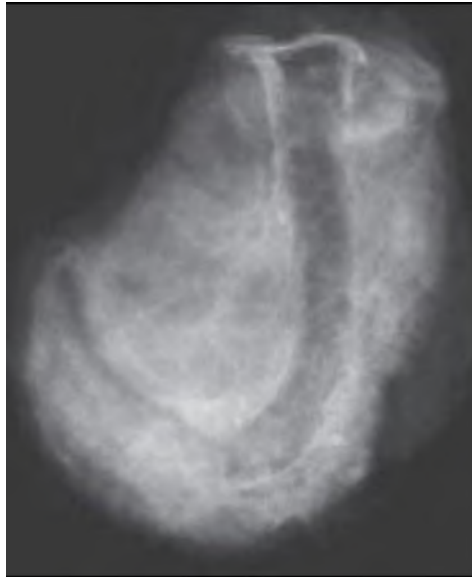


Figura 7." Jack of Plates" (cavalete náutico) do final do século 16, feito de folha de ferro reciclada. O detalhe mostra as placas com furos para rebites característicos do brigandine do final do século XV.
Fonte: HERITAGE, 2006.

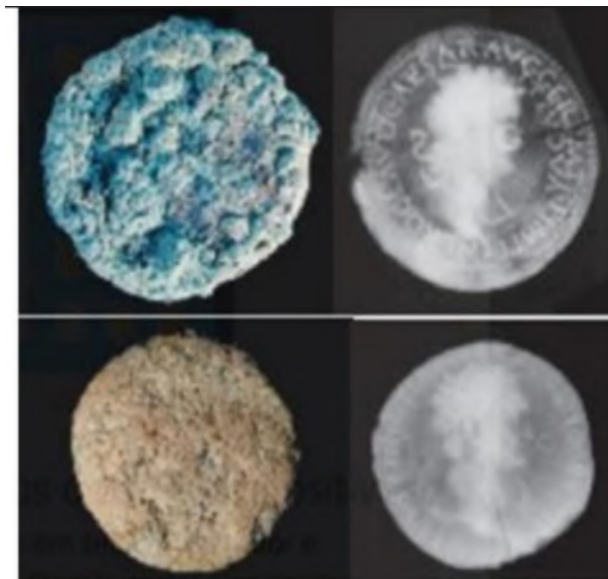


Figura 8. Moedas obscurecidas por camadas de corrosão e acréscimos por enterramento.
Fonte: HERITAGE,2006.

Tamanho, forma e detalhes de sua estrutura poderão ser analisados, é possível diferenciar metais ferrosos de não ferrosos, elementos de composição como esmalte, ossos, couro e outros ajudando na identificação, bem como contribuir para a sua

caracterização, descrição, técnica e classificação (HERITAGE, 2006). Revelar informações de um objeto como a estrutura de ligas e metais utilizados, além de informações sutis sobre presença de soldas ou marcas deixadas pelas ferramentas na confecção do objeto e mecanismos internos do artefato.



Figura 9. Mecanismo interno de funcionamento de um cadeado medieval revelado pelo RX.

Fonte: HERITAGE,2006.

Na criação de diretrizes de conservação e restauração, a radiografia atua como ferramenta orientadora em várias materialidades como a cerâmica, por exemplo. A análise de fragmentos de cerâmicas possibilita identificar sua origem (CARR, 1993). O raio X ajudou a organizar os fragmentos e estilhaços de cerâmicas, analisando seus vários padrões de abrasões, fraturas, através de resíduos encontrados e elementos de composição (figura 10).

Há muito tempo o raio X é utilizado como recurso de diagnóstico na cerâmica arqueológica, muito usado com petrologia geológica como forma de analisar as características estruturais, as famílias de minerais e com isso na análise da composição de cerâmicas (CARR, 1993) é possível documentar a forma, o tamanho das partículas, ver as diferenças no tipo de materiais. Objetos feitos pelo mesmo oleiro ou feitos para a mesma funcionalidade podem apresentar características semelhantes na sua constituição interna, também na distinção de cerâmicas fragmentadas, misturadas em que a olho nu fica difícil descobrir a procedência dos fragmentos. As imagens resultantes variam de acordo com coeficientes de absorção de raio X, a argila tem coeficiente mais alto e com isso bloqueia mais raio X gerando menos pontos de luz no filme em comparação a outros tipos de partículas de minerais.

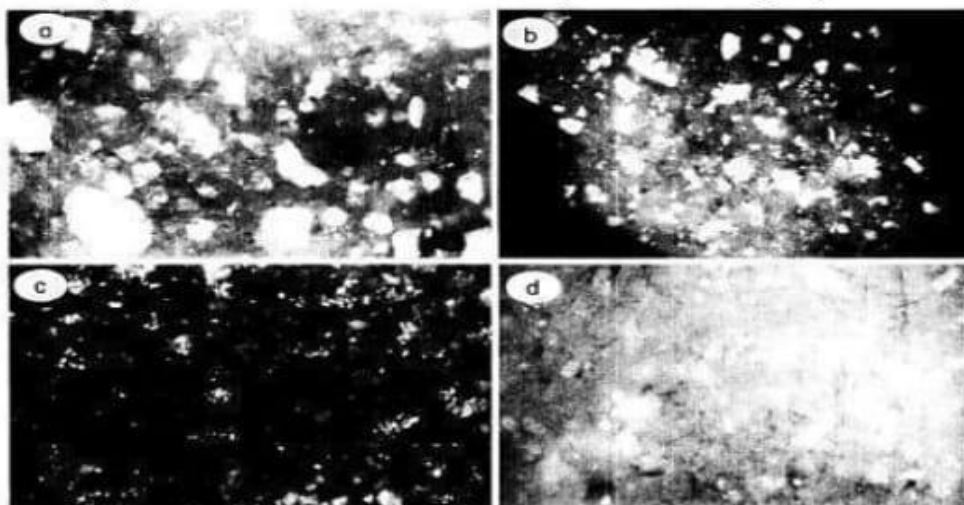


Figura 10. Os fragmentos (a, b, c, d) são de cerâmicas diferentes, os minerais que os compõem têm forma, tamanho e apresentação diferentes. No fragmento (a), as partículas são maiores em relação aos outros fragmentos, no (c) são bem menores e dispostos em pequenos grupos e como o (b) contrastam com a argila do fundo, o (d) é composto por minerais que contrastam pouco com a argila, conforme Identifying Individual Vessels with X-Radiography. Fonte: CARR, 1993.

Fatores como espessura, densidade, composição química do objeto e os elementos que tiverem agregados a ele interferem no resultado da imagem, isto é, as características do objeto interferiram na imagem obtida, além da qualidade do equipamento e duração e intensidade da exposição ao raio X. Exemplo, em material de baixa densidade o raio X penetrará com certa facilidade enquanto materiais de alta densidade, como pigmentos com chumbo o absorverá gerando imagens claras ou brancas. O tipo de filme também interfere, existem filmes que apresentam alto contraste e definição.

Outro exemplo de materialidade que usa a radiografia em grande escala é em obras de suporte madeira, um levantamento realizado para compreender a técnica construtiva da pintura sobre madeira intitulada Pentecostes (1534- 1535), do pintor português Vasco Fernandes “Grão Vasco” (1475-1542) localizada no mosteiro de Santa Cruz em Coimbra, usou várias ferramentas diagnósticas entre elas a radiografia (SALGUEIRO; CARVALHO, 2013).

Com o auxílio da radiografia pôde-se visualizar o processo de construção do

suporte, desvendando seu sistema de ensamblagem⁵ e sua distribuição, as dimensões e disposição das cavilhas, essas descobertas permitiram entender a opção construtiva do pintor ao conceber o painel, revelando inclusive a presença de uma talha dourada não visível a olho nu, no qual relacionou a técnica utilizada com a técnica usada no século VI de influência flamenga. A presença de materiais radiopacos também revelou intervenções de conservação como consolidação de galerias provocada por xilófagos.



Figura 11. Pentecostes (1534-1535), 166,5 x 165 cm de Grão Vasco. Fonte: (SALGUEIRO; CARVALHO, 2013).

⁵ A ensambladura, samblagem ou ainda por vezes referida como entalhe, é a área da carpintaria que envolve a união de peças de madeira de forma a produzir objetos mais complexos. Alguns tipos de ensambladura recorrem apenas a métodos de encaixe, enquanto outras recorrem a métodos mecânicos de fixação, com cavilhas ou tornos, ou adesivos químicos. As propriedades físicas do encaixe – resistência, flexibilidade, durabilidade etc. – dependem em grande parte das propriedades dos materiais e das formas como são usados na união, pelo que se usam várias técnicas consoante os requisitos, embora uma série de conceitos sejam comuns a várias delas.

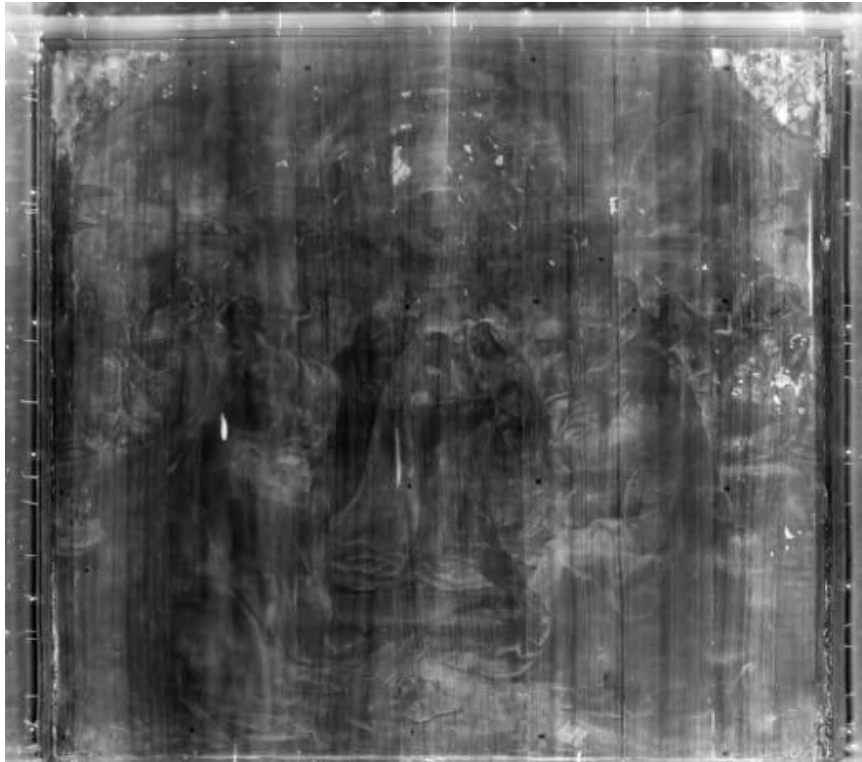


Figura 12. Radiografia do Pentecostes de Grão Vasco. Manchas de material opaco nas extremidades superiores, evidencia presença de talha dourada não visível a olho nu. Radiografia in situ do Pentecostes do mosteiro de Santa Cruz de Coimbra. Fonte: (SALGUEIRO; CARVALHO, 2013).

No caso específico do suporte em madeira, o raio X permite entender a complexidade e a historicidade do suporte já que ele reflete o pensamento e o modo de agir de uma época, isso também foi observado no estudo de outra obra de Grão Vasco intitulado A Pala de São Pedro (1529), a radiografia ajudou a reconhecer as características do modo construtivo do pintor (MAIA; SALGUEIRO; ALVES, 2016), demonstrou também adaptações da forma construtiva ao espaço a ela destinada como acréscimo de madeira para adequação ao local, além de marcas dos instrumentos de construção foi possível conhecer a estrutura interna da obra sem violar sua integridade física. Molduras originais perdidas são percebidas e identificadas com suas diferentes oficinas (SALGUEIRO; CARVALHO, 2013), no caso da pintura em madeira; é comum observar o veio da madeira impresso na camada pictórica, fazendo parte dela, suporte e camada pictórica se complementam e se entrelaçam. Não é possível compreender uma pintura sobre madeira na sua totalidade, sem o devido conhecimento do seu suporte, geralmente visto como

secundário, porém detentor de valiosa informação. Trata-se de uma testemunha “muda” oculta pelo significado artístico e estético da camada pictórica (SALGUEIRO; CARVALHO, 2013).



Figura 13. Pala de São Pedro (1529), 215x233,3 cm. Fonte: (MAIA; SALGUEIRO; ALVES; 2016).

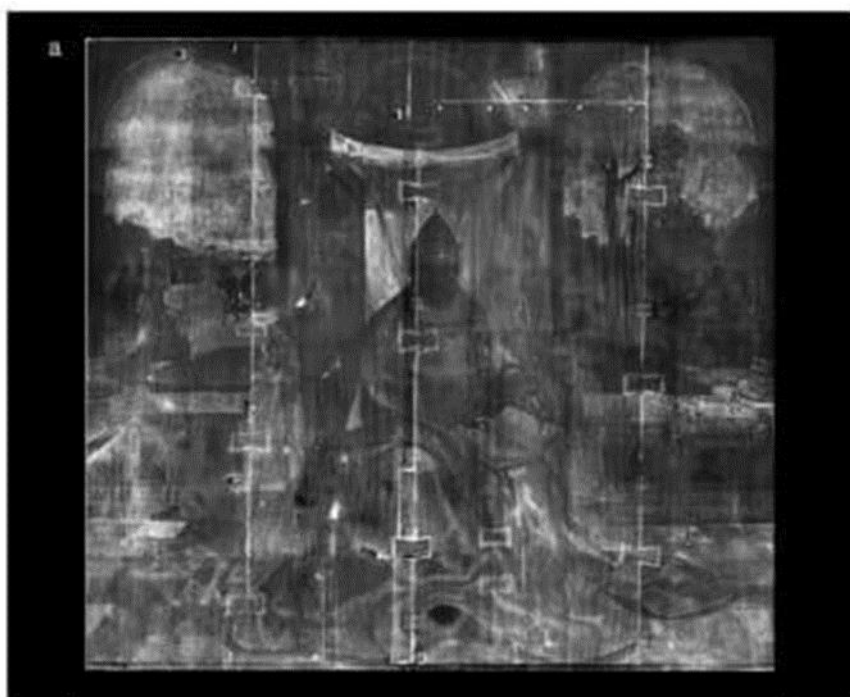


Fig. 14. Radiografia da Pala de São Pedro. Fonte: (MAIA; SALGUEIRO; ALVES; 2016).

2. O RAIOS X E A REVELAÇÃO DE PINTURAS SUBJACENTES

Na busca pela preservação de bens culturais e artefatos de valor histórico, artístico e cultural, conservadores restauradores têm se aliado cada vez mais a métodos científicos de pesquisa. A arqueometria nasce dessa necessidade, conjugando várias áreas da ciência e assim desenvolvendo métodos científicos (RIZZUTTO, 2015) com objetivo de analisar e identificar as especificidades da materialidade de diversos objetos e assim desenvolver metodologias e ações para sua conservação.

Arqueometria é uma área de pesquisa interdisciplinar que envolve o desenvolvimento e uso de métodos científicos físico-químicos, a fim de responder a questões específicas para o conhecimento dos objetos produzidos pelas diferentes sociedades e, assim, permitir revelar e identificar os materiais e tecnologias utilizadas no passado para um melhor entendimento da história, dos processos migratórios, das características culturais e ainda também ter parâmetros mais embasados para preservação e conservação do patrimônio cultural. (RIZZUTTO, 2015)

O raio X é um instrumento de diagnóstico de imagem. Muitas informações intrínsecas a obras foram descobertas e ou confirmadas por radiografias, essas ferramentas servem, além de ponto de partida na revelação de pinturas subjacentes em várias obras de artes, mas também um caminho para compreensão do processo de criação do autor, se o artista mudou de ideia durante a elaboração da composição (CALVO, 2019). Na pintura A virgem com o menino Jesus dormindo (datada por volta de 1660-70) da Diocese de Salamanca, durante a restauração feita na Faculdade de Belas Artes da Universidade de Madri, foi descoberto uma pintura subjacente aparentemente com o mesmo tema (CALVO, 2019).

Na remoção da repintura foi observado uma segunda camada pictórica, foi feito então uma análise com radiografia digital, resultando em nove placas que unidas compuseram uma imagem, era o mesmo tema, Maria e Jesus criança, mas com o sentido invertido horizontalmente, as radiografias permitiram ver a grande semelhança entre a composição sobreposta e a final. Pinturas com Jesus criança, passam a ser muito fortes a partir do século XVI e é um tema muito representado na obra de Guido Reni (1575-1642), a obra da Diocese de Salamanca, de autor desconhecido, teve como modelo a representação deste artista. As radiografias detectaram indícios de

que a obra sofreu um acidente, provocando perda pictórica, conclui-se que essa perda motivou a realização de uma nova pintura conservando o tema, a pintura foi realizada por outro pintor. A análise dos pigmentos delimitou a obra no final do séc. XVII e início do séc. XVIII por conta do uso de esmalte, muito comum neste período, as duas pinturas são do mesmo período.



Figura 15. Cópia da pintura de Guido Reni que serviu de modelo para a pintura final. Encontra-se na Real Academia Catalana de Belas Artes de Sant Jordi, Barcelona. Fonte: (CALVO, 2019)



Figura 16. A virgem com o menino Jesus dormindo (1660-70) da Diocese de Salamanca. Fonte: (CALVO, 2019).



Figura 17. Montagem das 9 radiografias revelaram que a pintura subjacente trata do mesmo tema que a pintura superior, mas com a figura em posições invertidas. Fonte: (CALVO, 2019).

Outra descoberta interessante foi a pintura subjacente encontrada na pintura Gioventú (1898), 65x49 cm de Eliseu Visconti (1866-1944), durante radiografia computadorizada e fluorescência de raio X (XRF), análises feitas por Cristiane Calza e Davi F. Oliveira descobriu-se uma outra versão da pintura Recompensa de São Sebastião - 218,8 x 133,9 (1898). A imagem de raios X, mostra um estudo em que o santo aparece coroado por um anjo com uma coroa de louros. Na pintura realizada posteriormente por Eliseu Visconti em outra tela, o pintor troca a coroa de louros por uma auréola e muda a aparência do anjo.



Figura 18. Gioventù (1898), 65 x49 cm de Eliseu Visconti. Fonte: cedida pelo prof. Davi F. de Oliveira.

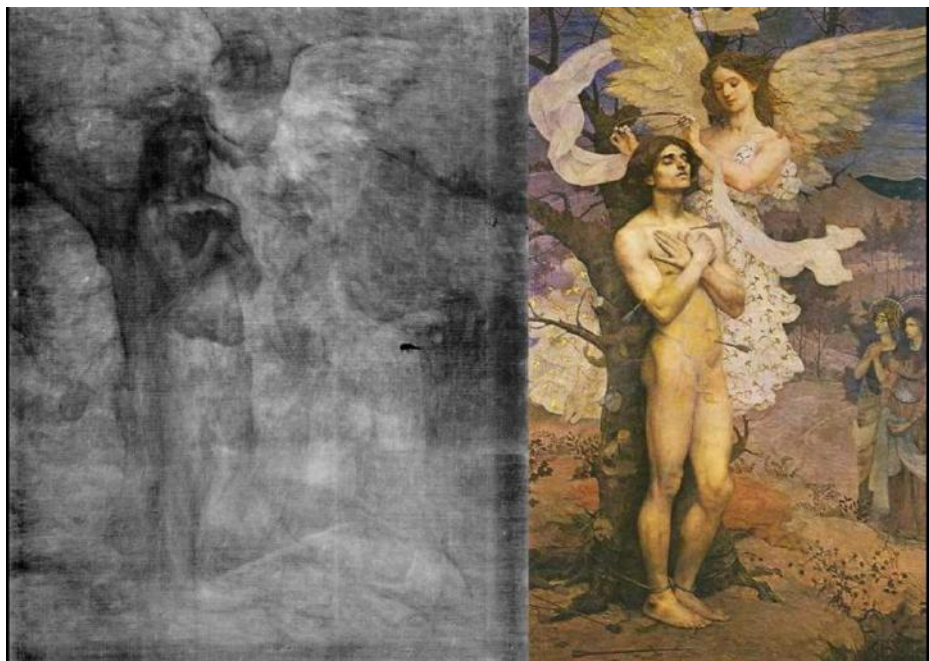


Figura 19. A radiografia de Gioventù mostra o estudo para a Recompensa de São Sebastião (1898) 218,8x133,9 cm, do lado da pintura finalizada. Fonte: cedida pelo prof. Davi F. de Oliveira.

Auxiliando no entendimento do processo criativo do artista (CALVO, 2019), a radiografia já vem há algum tempo fornecendo importantes respostas, na década de 90 foi radiografada a obra *La Miséreuse* datada de 1902 de Picasso (1881-1973), devido a presença de cor no fundo em áreas com perda pictórica, percebeu-se uma pintura subjacente (POUYET et. Al., 2020), uma paisagem em ângulo de 90° sob a pintura superior. Picasso aproveitou as linhas e ângulos do cenário da pintura subjacente e pintou sua composição a partir dessas formas pré-existentes que serviram de base para o corpo da mulher, exames feitos mais recentemente ajudaram a desvendar a pintura.

A pintura é do período azul (1901-1904) de Picasso em que as pinturas têm tons de azul ou azul esverdeado. Nesse período o pintor utilizava telas antigas, pintando diretamente sobre pintura anterior sem preparação da tela, nessa fase da vida do artista a reutilização tinha caráter econômico, mas com o passar do tempo, Picasso utilizava pinturas abandonadas como ponto de partida para novos trabalhos, devido a isso não tentava apagá-los.



Figura 20. *La Miséreuse* (1902), 101,3x66 cm, Picasso. Fonte: POUYET et. al., 2020.

Pesquisadores em colaboração com a Art Gallery of Ontario (Canadá), e a Galeria Nacional de Arte, Washington, o Centro de Estudos Científicos das Artes realizaram o estudo da pintura. A radiografia revelou um cenário montanhoso com um templo quase centralizado com abóbada com montanhas altas ao fundo, uma coluna branca à direita e céu ao fundo. As análises concluíram que a pintura subjacente não foi feita por Picasso, mas sua forma serviu de inspiração para a composição do artista. A figura 22 mostra as composições que estão sobrepostas na tela.



Figura 21. Imagem radiografada (pintura subjacente). Fonte: POUYET et. al., 2020.

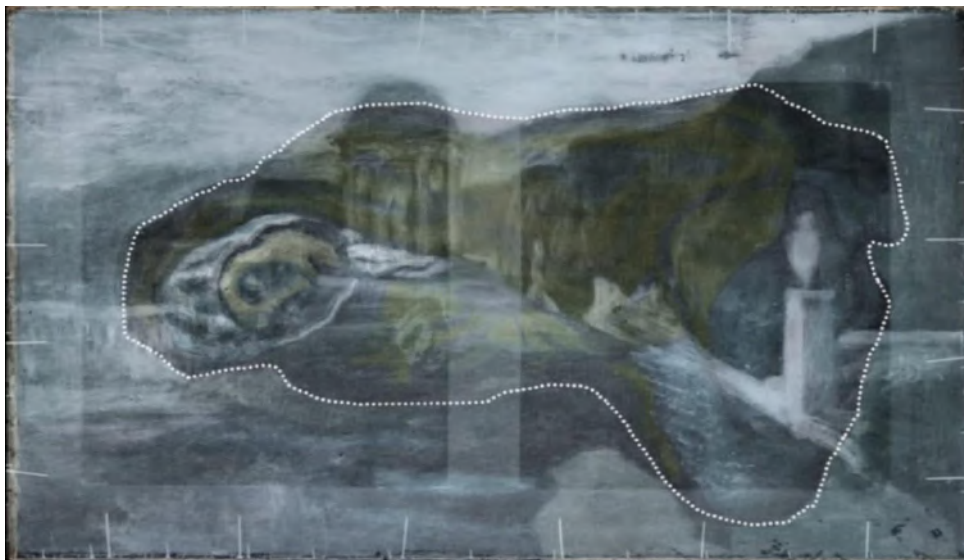


Figura 22. sobreposição digital da pintura subjacente com a pintura superior.

Na pintura o Homem velho em traje militar (1630) de Rembrandt, também houve reaproveitamento de tela, segundo historiadores era uma prática comum do artista, essa pintura foi radiografada em 1968, onde foi revelada a existência da pintura subjacente mas só mais tarde com o avanço tecnológico dos raios X, pesquisadores do Getty Museum utilizando a ferramenta MA-XRF (MACLENNAN et. al., 2019) mapearam os elementos químicos da pintura e conseguiram definir a composição da figura; um jovem homem com colarinho e uma capa verde oliva e que está invertida sobre a pintura superior.



Figura 23. Obra 'Homem velho em traje militar' (1630), 66,5x50,8 cm. À direita a imagem do homem que está escondida na pintura subjacente. Fonte: Gemäldegalerie, 2021.

A revelação através da radiografia, da figura subjacente na pintura *Moça lendo uma carta à janela* (1657-1659) foi em 1979 na Gemäldegalerie Alte Meister (Galeria de Pinturas dos Mestres Antigos) de Dresden, Alemanha. Na época acreditou-se que o pintor Johannes Vermeer tivesse se arrependido e coberto o cupido nu. Em 2017 foi iniciado o projeto de avaliação e restauração da pintura, novas radiografias, exames de microscopias e de espectroscopia em infravermelho revelaram que o cupido foi encoberto muitos anos depois da morte do pintor (GEMALDEGALERIE, 2021). As análises constataram também que entre a pintura feita por Vermeer e a cobertura existia uma camada de verniz e de sujeira que comprovaram que a cobertura foi adicionada muito tempo depois do quadro finalizado.



Figura 24. Pintura “Moça lendo uma carta à janela” (1657-1659), 83 x64 cm. Pintura antes e depois da retirada da repintura que cobria o cupido. Fonte: Staatliche Kunstsammlungen Dresden, Gemäldegalerie Alte Meister, Wolfgang Kreishe.

O cupido nu aparece de pé com arco e flecha, pisando em máscaras lateralmente encobertas por uma cortina. O motivo que levou a encobrir o cupido, se foi por uma questão de gosto ou para tirar o erotismo da composição, não saberemos (VENTURA, 2021). Com essa revelação, a atmosfera do quadro muda, a representação do cupido apesar de grande, harmoniza com a menina e traz uma carga amorosa para a composição (GEMALDEGALERIE, 2021). Diante da discussão sobre o possível conteúdo da carta, a descoberta do cupido direciona a pintura para uma temática romântica, a presença do deus do amor ressignifica a obra, para o historiador da arte Norbert Schneider, a presença do cupido pisando em máscaras, trata do amor verdadeiro, mas proibido, obscurecido pela hipocrisia (VENTURA, 2021). Essa nova sensação faz com que a pintura seja chamada de “O novo Vermeer”. São inúmeros os casos em que a radiografia auxiliou na análise da historicidade de uma pintura.



Figura 25. Pintura depois da retirada da repintura que cobria o cupido. Fonte: Staatliche Kunstsammlungen Dresden, Gemäldegalerie Alte Meister, Wolfgang Kreische.

3. ANÁLISE DA OBRA MARIA E O JESUS MENINO



Figura 26. Visão geral da obra. Fonte: acervo Lucia Helena,2020.

Identificação da obra

Título: Sem título (está sendo chamada de Maria e Jesus menino)

Assinatura da Pintura: Dalmo

Origem: Coleção de acervo particular

Técnica: Tinta acrílica sobre tela

Dimensão: Alt.: 55 cm. Larg.: 46 cm.

Época: Datada de 1982.

A composição representa uma mulher e um menino, aparentemente Nossa Senhora e o menino Jesus em estilo contemporâneo. A obra é na técnica de tinta acrílica sobre tela, datada de 1982. É uma pintura contemporânea, o pintor utilizou de formas simplificadas e geométricas principalmente nas sombras e no cenário, fez uso de cores frias e sem brilho. Dando um aspecto suave e apático. Nenhum histórico foi encontrado sobre o pintor, acredita-se se tratar de um pintor amador.

Durante a análise foram usados exames não destrutivos, sem retiradas de fragmentos, preservando a integridade física da obra (PASCUAL, 2003) que observaram os pormenores da pintura, exames de superfície tais como: exame organoléptico, observação por lupa binocular digital aumentada 500x, fotografia com luz visível, luz transmitida, luz rasante, foram usados exames por radiação eletromagnéticas geradoras de imagens: radiografia por raios X, macro mapeamento elementar (MA-XRF) e espectroscopia com infravermelho (FTIR). Em que foi observado que a obra apresenta lacunas na camada pictórica por toda a extensão da pintura.

Além da perda de camada pictórica em suas bordas, há uma perda mais extensa no véu e no rosto, revelando outra camada pictórica subjacente (arrendimento ou reaproveitamento da tela).







Apresenta craqueles generalizados em todas as camadas, provavelmente provocado pela má adesão das camadas pictóricas ao substrato e entre si, existem vincos, abaulamentos, rasgos e mossas.

Há 2 rasgos: um grande rasgo em forma de L deitado que vai do céu até a testa da figura feminina e um menor à direita. Há uma grande lacuna no céu com perda da camada pictórica inclusive da pintura mais antiga como pode ser visto na figura 27.

3.1 MAPEAMENTO DIGITAL COLORIDO DE DANOS



Figura 27. Mapeamento digital dos danos. Fonte: acervo de Lucia Helena, 2020.

 Lacunas na camada pictórica	 Sujidades
 Vincos provocado pelo chassi	 Mossas
 Abaulamentos	 Rasgos

Desprendimento da camada pictórica em toda a extensão da tela provocada por abrasões e provavelmente pela falta de adesão entre a camada pictórica subjacente e a camada superior.



Figura 28. Lacuna na camada pictórica com exposição da pintura subjacente.

3.2. EXAMES POR IMAGENS

3.2.1. Lupa binocular digital de aumento 500x.

É um microscópio digital com grande capacidade de ampliação, ligado através de um cabo USB a um computador em que possibilita verificar as imagens e salvá-las, esse exame mostra as várias camadas de tinta (fig. 28), colocadas no suporte. Este exame registrou além de deteriorações, uma camada pictórica subjacente a camada distinta. Reforçando a suspeita de que a pintura foi feita sobre um arrependimento ou reaproveitamento de suporte. É possível notar cores, pinceladas e estrutura das fibras, em algumas imagens da camada de preparação sob as camadas pictóricas.

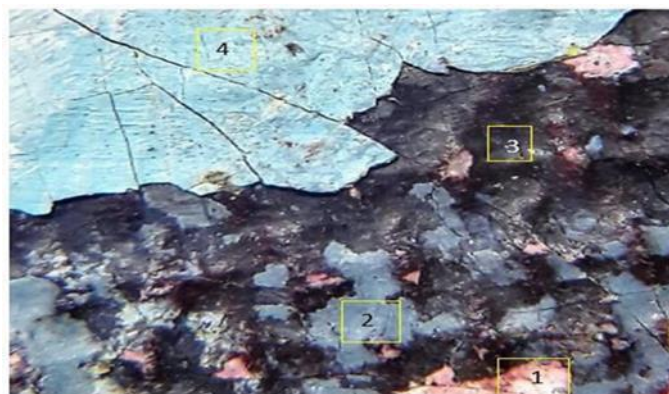


Figura 29. Visualização de várias camadas de pigmentos. (1) camada rosada mais interna, parece ser a camada de preparação; (2) e (3) depois uma camada bem escura (3) são da pintura subjacente, acima de todas uma camada de azul mais claro da pintura superior (4). Dá para ver a textura do suporte. Fonte: acervo de Lucia Helena, 2021.

3.2.2. Fotografia com luz transmitida.

Neste exame a luz direcionada é empregada perpendicular à tela revelando os danos do suporte da camada pictórica. A tela é fotografada registrando as alterações apresentadas. Essa análise apresentou perda de camada pictórica e de suporte, rasgo e intensos craqueles, na figura 29.

3.2.3. Fotografia com luz rasante

Também foi feito exame com luz rasante, nessa técnica a luz direcionada por um foco tangencia a tela em um ângulo de 5 a 30 °. Essa angulação permite perceber as irregularidades da superfície da tela. É possível ver deformidades, abaulamentos, mossas e vincos no suporte na figura 30.



Figura 30. Detalhe do intenso craqueles, rasgo e perda de camada pictórica na fotografia com luz transmitida. Fonte: acervo de Lucia Helena,2020.



Figura 31 Abaulamentos, rasgos, vincos e mossas evidenciadas pela fotografia com luz rasante.
Fonte: acervo de Lucia Helena,2020.

3.2.4. Exame por irradiação por raio x

Com os indícios de existência de imagem subjacente foi utilizado o recurso irradiação por raio X na pintura. Inicialmente foi feita a primeira radiografia em equipamento hospitalar que confirmou a existência de uma pintura subjacente (fig. 31), a radiografia gerada no equipamento hospitalar apresentou poucos detalhes devido ao fato do equipamento não ser voltado para material de pouca densidade como a tela.



Figura 32. Radiografia da obra em equipamento radiológico de uso hospitalar. Fonte: acervo Lucia Helena,2021.



Figura 33. Radiografia retirada em equipamento hospitalar. Voltado para maior densidade captou poucos detalhes. Fonte: acervo Lucia Helena,2021.

Posteriormente, para melhorar a qualidade da imagem e conseqüentemente permitir uma melhor análise da obra, foram feitas outras radiografias com equipamento mais adequado para telas pelo professor e pesquisador Davi Ferreira de Oliveira e por Bruno Bazi no laboratório de Instrumentação Nuclear na COPPE. Foi utilizado o equipamento de radiografia computadorizada modelo CR 50 P, Tubo de Raios X-modelo Apogee 5500. Parâmetros do equipamento: tensão - 23Kv, CORRENTE - 0,5 Ma com tempo de exposição de 30 segundos, distância fonte detector - 1500mm.

No processo, uma placa de fósforo é foto estimulada por um feixe de energia que interage com o material que está na tela criando atenuações, que serão captadas e registradas na placa, a qual em seguida irá para um scanner que lerá essas atenuações nela contidas e enviará para o computador. O resultado dessa interação gerou imagens contrastantes em tons de cinza. Esse exame confirmou na tela em questão, que há existência de pintura subjacente - uma figura masculina, aparentemente em um cenário árido lembrando o fundo da pintura superior, mostrou também a trama do suporte, manchas e alterações abaixo da camada pictórica. O nível de penetração da radiação depende da densidade e espessura do material a ser irradiado. As radiografias foram digitalizadas. Foi utilizada placa de fósforo de 430 x 350 mm. Tamanho de pixel da imagem: 0,2 mm.

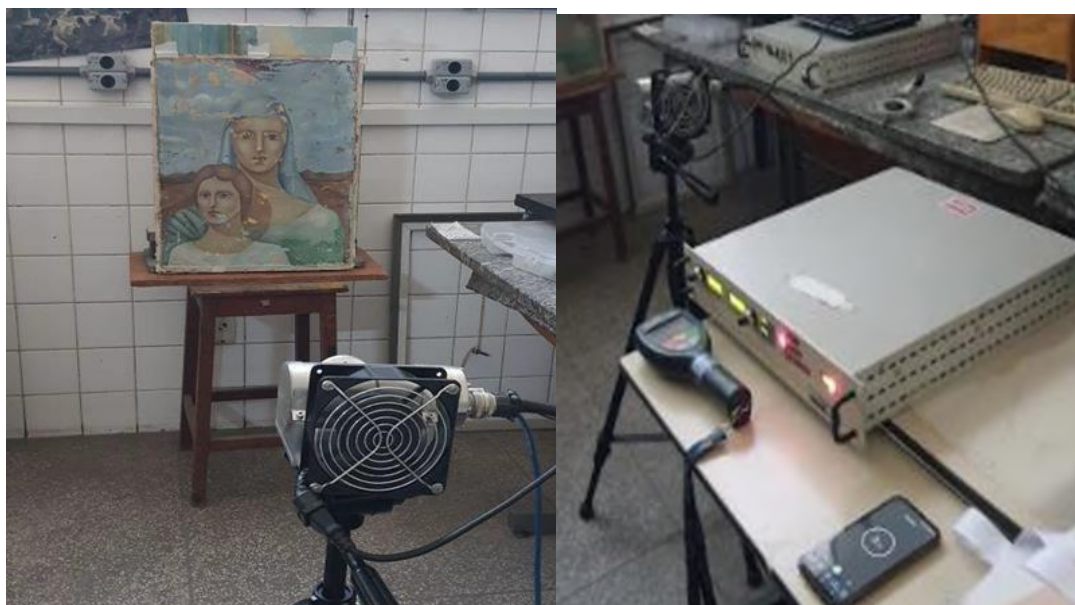


Figura 34. Equipamento radiológico do laboratório de Instrumentação Nuclear da COPPE.

Fonte: acervo de Lucia Helena,2022.

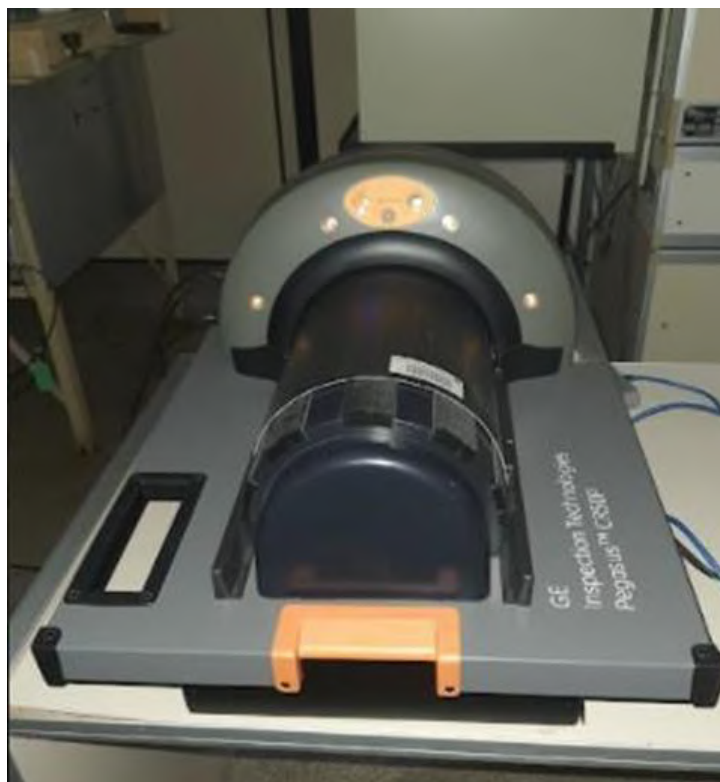


Figura 35. Scanner da placa de fósforo. Fonte: acervo de Lucia Helena,2022.

A exposição ao equipamento do laboratório nuclear é segura porque a frequência utilizada é baixa, o detector de radiação registrou valor desprezível de radiação dispersa, não sendo prejudicial à saúde, diferente do equipamento hospitalar que por ser de alta frequência necessita de equipamento de proteção como colete e cabine de chumbo.

A pintura subjacente está invertida e centralizada em relação a pintura superior como pode ser visto na figura 35. Foram necessárias 4 radiografias para compor a imagem completa, a imagem foi digitalizada pelo prof. Davi F. de Oliveira, na figura 36, a radiografia foi girada em 180 graus para melhor visualização. Confirmando uma figura masculina, testa longa com um longo cabelo partido ao meio, de bigode, com algo em torno da cabeça, com um adorno em volta do pescoço, visto na figura 37. No fundo um chão geometrizado em losango com uma pequena árvore à esquerda e céu com nuvens.

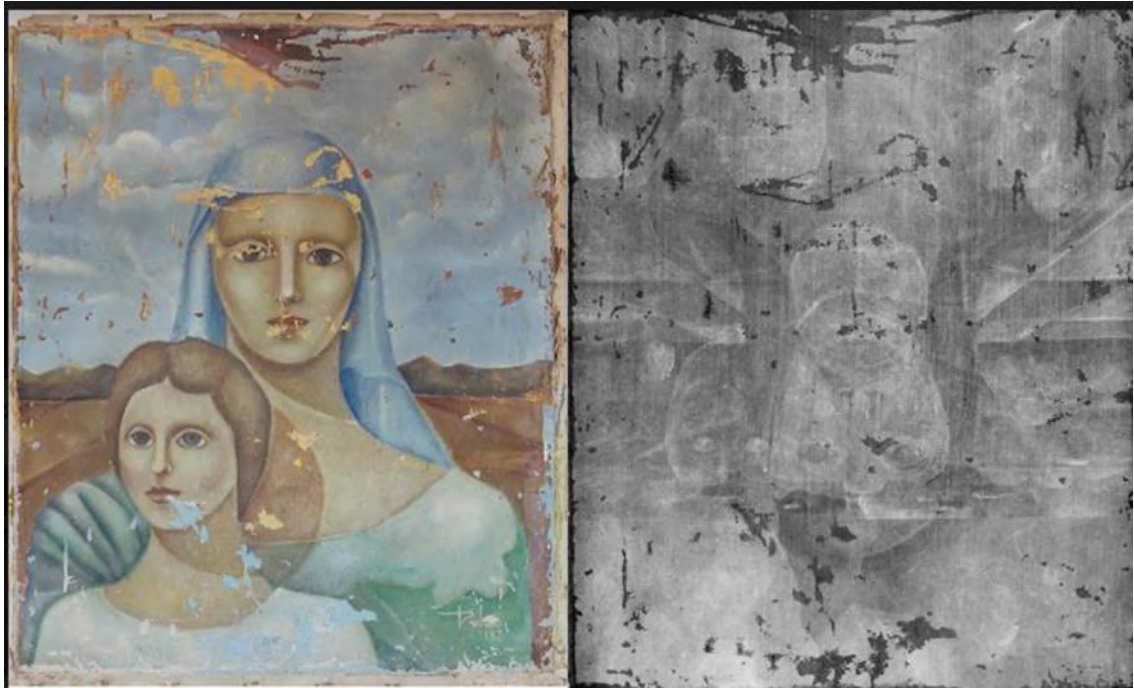


Figura 36. Pintura subjacente está em ângulo 180° em relação a pintura superior.



Figura 37. Radiografia invertida. Fonte: acervo de Lucia Helena, 2022.

3.2.5. Macro Mapeamento Elementar (MA-XRF)

Optou-se por utilizar técnicas complementares aos raios X que pudessem trazer mais informações sobre as pinturas, com isso foram utilizados os exames MA-XRF e FTIR que analisam os pigmentos utilizados nas pinturas. Essa análise é uma inovação da técnica de fluorescência de raios X voltada para a investigação de pigmentos e camadas subjacentes, ela mede a intensidade de energia emitida pela área que foi estimulada, com isso, identifica e mostra a distribuição dos elementos químicos que compõem um pigmento, os elementos que se encontram em maior concentração serão revelados em imagens.



Figura 38. Equipamento portátil de MA-XRF. Fonte: acervo pessoal da autora. Na foto ao lado, a pintura sendo preparada para a análise pelo prof. Renato Freitas. Fonte: acervo Lucia Helena, 2022.



Figura 39. MA-XRF mapeando a pintura. Fonte: acervo Lucia Helena,2022.

As análises de MA-XRF ocorreram no sistema modelo CRONO 34 da Bruker, que permite obter mapas elementares de uma região de 450 mm x 600 mm. Sendo o sistema equipado com uma cabeça que contém um detector derivado de silício e um tubo de raios X com ânodo de Rh, que pode operar com potência de 50 kV e corrente de 200 μ A (PIMENTA et. al. 2021). O mapeamento foi feito em duas partes, superior e inferior, e foi realizado pelo prof. Renato Freitas⁶no laboratório-Liscomp no IFRJ de Paracambi.

Nessa técnica um tubo de raios x de baixa frequência emite raios x que encontram os elementos químicos que se encontram no pigmento, arrancando elétrons de cada elemento químico, com isso outro elétron de outra camada desse

⁶ Renato Pereira de Freitas. Professor e pesquisador no Instituto Federal de Educação e Tecnologia do Rio de Janeiro/IFRJ, Laboratório de Instrumentação e Simulação Computacional Científica Aplicada/LISComp. Rua Sebastião Lacerda S^on, Paracambi, Rio de Janeiro, 26600-000.

elemento químico se desloca para ocupar essa vacância, esse fenômeno de deslocamento de elétrons gera os raios X característicos que serão detectados pelo detector. Cada elemento químico que estiver no pigmento terá seus raios X característicos capturados gerando espectros à medida que mapeia a composição. Essa coleta de espectros foi processada em imagens. Elementos químicos que compõem os pigmentos geraram imagens, sendo possível ver qual deles predomina em cada pintura.

Figura 40. Quadro de elementos químicos dos pigmentos. Fonte: Cruz, 2000.

Pigmento	Composição	Período de utilização
Pigmentos brancos		
Branco de chumbo	$2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$	Antiguidade – Presente
Barite	BaSO_4	Antiguidade – presente
Cré	CaCO_3	Antiguidade – Presente
Branco de zinco	Zn O	1834 – Presente
Branco de titânio	TiO_2	1918 – Presente
Pigmentos azuis		
Azul da Prússia	$\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$	1704 – Presente
Pigmentos vermelhos e alaranjados		
Ocre vermelho	Fe_2O_3	Antiguidade – presente
Vermelhão	HgS	Antiguidade – Presente
Vermelho de chumbo	Pb_3O_4	Antiguidade – Séc. XIX
Pigmentos amarelos		
Ocre amarelo	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Antiguidade – Presente
Pigmento verde		
Verde de óxido de crômio	Cr_2O_3	1809 – Presente
Pigmento castanho		
Úmbria	Óxido de Fe, Mn, Al	Séc. XVI – presente

3.2.5.1- Mapeamento dos elementos químicos encontrados nos pigmentos

Na pintura superior, há predominância de ferro (Fe), bário (Ba), cálcio (Ca), cromo (Cr) e titânio (Ti). O zinco (Zn) é comum nas duas pinturas. O ferro está distribuído em toda a composição final (superior) pois faz parte de vários tons de pigmentos, azuis, amarelo, castanho, ocre, vermelho. É possível ver ferro também no pigmento da composição subjacente, mas com bem menos intensidade, na silhueta do homem, aparece um quadrado na parte superior que faz parte da pintura subjacente.



Figura 41. Mapeamento elemento ferro (Fe). Fonte: acervo Lucia Helena,2022.

O Ba- Elemento bastante presente na composição superior, que é muito utilizado na produção da cor branca também é usado para dar densidade a vários pigmentos, aparece distribuído em quase toda a composição com destaque no rosto do menino e da mulher e no lado direito da composição, assim como o cromo (figura 43). Há cromo no verde da vestimenta indicando o pigmento verde de óxido de cromo.



Figura 42. Mapeamento bário (Ba).



Figura 43. Mapeamento cromo (Cr).

Ca - na parte mais inferior da tela, aparece nas vestimentas e no cabelo, o cálcio, aparece nas bordas sinalizando que faz parte da camada de preparação da tela e compõe alguns pigmentos verdes e azuis.



Figura 44. Mapeamento do cálcio. Fonte: acervo Lucia Helena, 2022.

Ti - O titânio domina a composição superior é o elemento mais predominante e está nas roupas, cenário, mas não aparece na pintura subjacente. É utilizado na

pintura desde 1918. O branco de titânio é usado como substituto do branco de chumbo é tóxico. A carnação é composta por vermelho ocre e branco de titânio.



Figura 45. Mapeamento do titânio (Ti). Fonte: acervo Lucia Helena,2022.

Zn - aparece em ambas as composições fazendo com que as imagens se fundem, o zinco aparece também na área do suporte sem pigmento como bordas e áreas com desprendimentos, sugerindo fazer parte da camada de preparação. O branco de zinco é utilizado desde do séc. XIX até hoje.



Figura 46. Mapeamento do zinco (Zn). Fonte: acervo Lucia Helena,2022.

Na pintura subjacente, sobressai a presença dos elementos manganês (Mn), mercúrio (Hg), chumbo (Pb) e zinco (Zn) nos pigmentos. O manganês (Mn) provavelmente pigmento úmbria, surgido no séc. XVI, aparece no cenário atrás, e evidencia a presença de um quadrado na frente do homem que não aparece nos raios X, também evidencia que a figura tem bigode. O mercúrio (Hg) aparece de forma parecida, há bastante mercúrio na carnação com o pigmento vermelhão (HgS), usado desde a Antiguidade, hoje é pouco usado por causa da toxicidade, a roupa do homem aparece bem nítida.

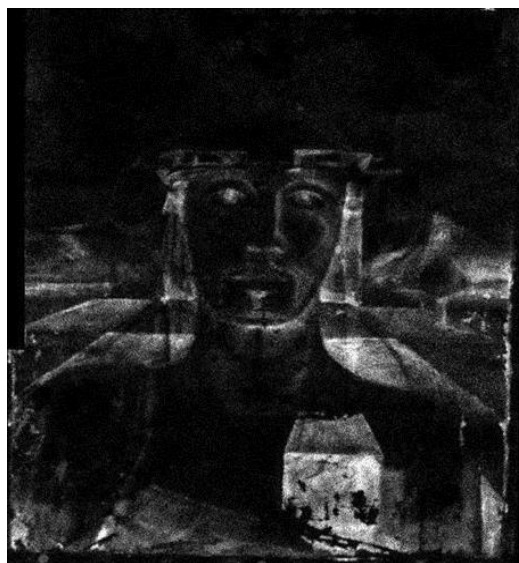


Figura 47. Mapeamento do elemento manganês (Mn). Fonte: acervo Lucia Helena,2022.



Figura 48. Mapeamento do elemento mercúrio (Hg). Fonte: acervo Lucia Helena,2022.

Chumbo (Pb) - é o elemento que mais predomina na composição da camada subjacente, está em toda parte e mostra a imagem de algo tipo um chapéu e um objeto arredondado no lado esquerdo que não aparece nos raios X sinalizando que a pintura subjacente pode ter sofrido alteração, uma pequena árvore a direita no fundo e o chão geométrico ficaram mais evidenciados.

Há presença de muito chumbo nos pigmentos na pintura subjacente, esse elemento foi muito usado pigmentos em pinturas antigas, como o branco de chumbo, e seu uso é datado desde a antiguidade, provavelmente por causa de sua toxicidade (CRUZ,2000) é pouco usado no pigmento moderno. Por sua vez na pintura superior predomina o titânio, no branco de titânio, essa diferença no uso do chumbo e titânio nas pinturas, sinaliza que houve um grande intervalo de tempo entre elas. A composição subjacente parece ter sofrido alterações durante sua elaboração, objetos foram modificados ou removidos como o objeto que parece uma maçã a esquerda da pintura e o colar no homem não aparecem na radiografia.



Figura 49. Mapeamento do chumbo (Pb). Fonte: acervo Lucia Helena,2022.

3.2.6. Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

O equipamento utilizado é o modelo Vertex 70 da Bruker (fig. 49), que possui uma fonte de infravermelho e um fotodetector que registra os espectros. Essa técnica identifica compostos, pode analisar pigmentos, aglutinantes e vernizes. É mais utilizada para analisar componentes orgânicos, detectando elementos de baixo número atômico registrando em forma de espectros. Essa ferramenta permite registrar espectros de FTIR pelos métodos da reflectância total atenuada (ATR) (FREITAS, 2014). Nesse processo as moléculas da área analisada absorvem a radiação de infravermelho e se excitam atingindo um estado de maior energia. Cada tipo de ligação tem vibração diferente gerando espectros distintos. Através de pontos de análises, ela identifica os componentes orgânicos complementando o MA-XRF (FREITAS, 2014).



Figura 50. Equipamento de FTIR do laboratório Liscomp IFRJ. Fonte: acervo. Fonte: acervo Lucia Helena, 2022.

O resultado é demonstrado através de espectro de FTIR onde se corresponde a cada banda um grupo funcional. A análise foi feita no laboratório-Liscomp no IFRJ no campus de Paracambi pelo prof. Renato Freitas. Algumas áreas foram selecionadas na pintura para fazer a análise dos espectros.

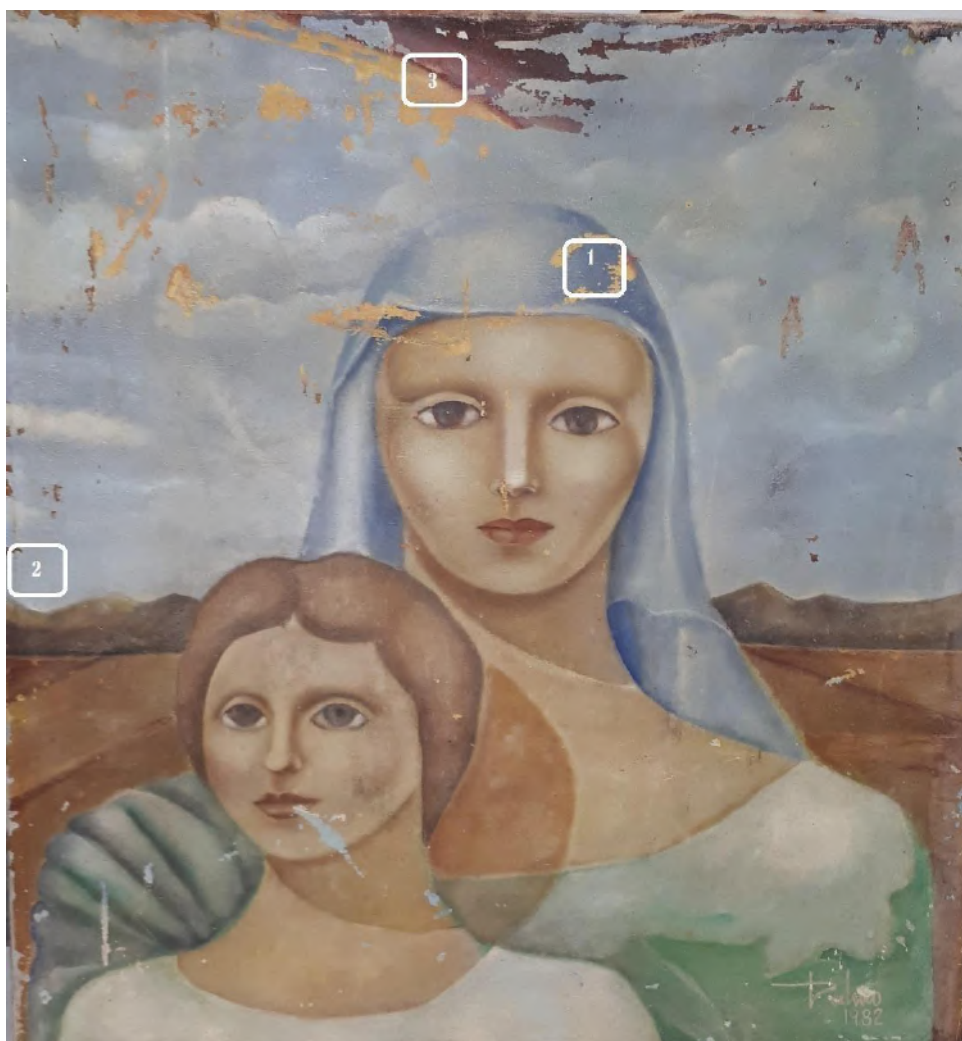


Figura 51. Áreas de análises do FTIR. Fonte: acervo Lucia Helena,2022.

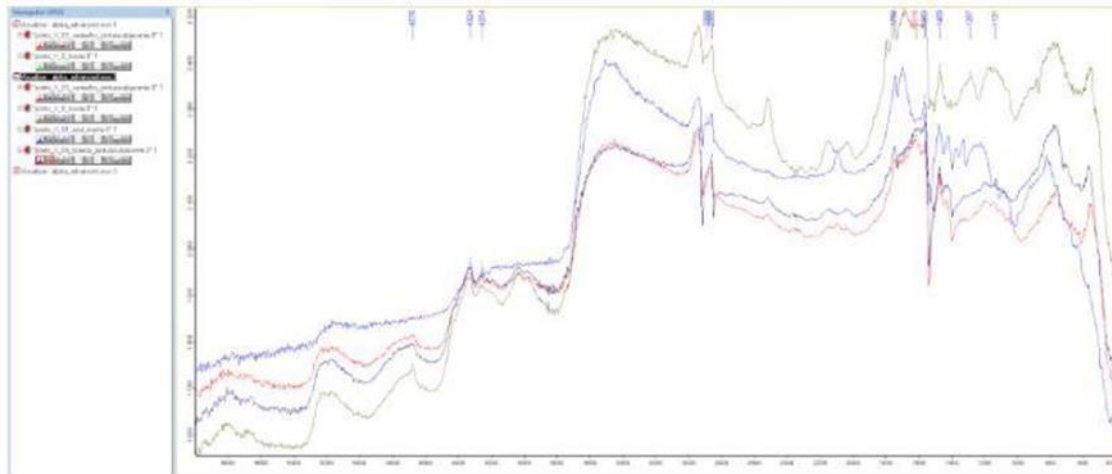


Figura 52. Espectros resultados nas análises do FTIR. Fonte: Renato Freitas

Espectros:

1. Manto azul da policromia: bandas 1745, 2915, 2840, 4322, 4252, 4676 cm⁻¹ referentes a bandas de alquídicos.
2. Borda azul: bandas 1287, 1460, 1745, 2931, 2836, 4322, 4252, 4676 cm⁻¹ referente a banda de acrílico.
3. Pintura subjacente vermelha e amarela: bandas 1560, 1616, 2836, 2931 cm⁻¹, bandas referentes a estruturas proteicas.

A pintura superior é em tinta acrílica, mas a banda alquídica sinaliza a presença de resina sintética, talvez um verniz sintético. Os ligantes das pinturas são diferentes, a uma distinção de tratamento entre as duas pinturas, componentes de origem animal aparece na pintura subjacente e de sintético na pintura superior. Sugerido a utilização de um adesivo de origem animal, que está sobre a pintura subjacente, são de natureza proteica, na camada de preparação entre as duas pinturas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse estudo tem como objetivo mostrar como o raio X, método de análise não-destrutivo, pode ser um grande aliado na conservação e restauração e na compreensão de uma obra. Hoje se tem equipamentos portáteis que viabilizam a realização de exames in situ, evitando deslocamento de obras fragilizadas ou de difícil traslado. Diferente do equipamento hospitalar, que trabalha com alta radiação, os equipamentos voltados para obras e peças artísticas são seguros aos profissionais, e podem responder questões que nortearam o tratamento ou dar os primeiros indícios do que está intrínseco, revelando danos como galerias em suporte em madeiras, rachaduras internas, e outros assim como alterações e adições posteriores.

O raio X como mencionado anteriormente ajuda a elaborar proposta de intervenção para suporte de diversas materialidades, não só os suportes tratados na dissertação, mas também esculturas, bens agregados à arquitetura e outros.

As técnicas analíticas utilizadas (raio X, MA-XRF e FTIR) mostram como a interdisciplinaridade dentro do campo da conservação e restauração se torna cada vez mais importante, gerando mais informação e com isso ampliando as possibilidades na tomada de decisões do restaurador/conservador, porém a utilização dessas ferramentas ainda se encontram limitadas, considerando que suas utilizações estão relacionadas mais estreitamente a museus e instituições e não a restauradores de modo geral.

Os exames complementares de imagem foram de grande importância, e trouxeram informações muito positivas, enquanto os raios X geraram as imagens dos componentes da pintura de maior densidade, a MA-XRF e a FTIR deram informações dos elementos químicos e dos compostos que mostraram que apesar de similaridades de traços, as pinturas foram pintadas em épocas diferentes.

A radiografia X e outros exames nucleares confirmaram o que ficou evidenciado a olho nu pelas lacunas pictóricas, não só confirmando, mas definindo a presença de uma figura masculina, invertida em relação à figura superior. Aparentava inicialmente ser uma representação de Jesus, mas imagens dos elementos químicos reveladas pela MA-XRF mostram que o homem em dado momento teve um chapéu, elemento que não costuma ser representada na figura divina, indicando que a pintura foi modificada, da figura de um homem para a de Jesus Cristo e por isso foi retirado o

chapéu e foi colocado algo que pode ser uma coroa de espinhos, como foi dito, infelizmente nada foi encontrado nenhuma informação a respeito do pintor.

O que se pôde concluir é que as pinturas foram feitas pelo mesmo pintor pelas características dos traços das figuras, as semelhanças na representação dos olhos da mulher, do menino com o do homem da figura subjacente, a semelhança no trato do cenário de fundo com linhas retas e forma geométrica e poucas linhas sinuosas dando à composição paisagístico um aspecto árido em ambas as composições.

O avanço tecnológico fez muitos pigmentos serem substituídos ou alterados, essa evolução ajuda a relacionar o pigmento a uma década ou um artista.

A pintura mais antiga (subjacente) apresenta uma grande quantidade de chumbo e mercúrio, componente mais usado em pigmentos de pinturas mais antigas e nenhum pigmento com titânio, enquanto a pintura superior não apresentou chumbo e teve como predomínio o titânio, elemento mais comum nos pigmentos na pintura contemporânea.

A preparação das tintas também tiveram tratamento diferentes, como a presença de componentes orgânicos só na pintura subjacente. Uma lacuna de tempo entre uma pintura e a outra pode justificar a mudança no tratamento do pigmento entre as pinturas, a mudança na característica dos pigmentos. É possível que se trate de uma pintura mais antiga abandonada em que o artista ainda usava pigmentos mais antigos e que foi reaproveitada muitos anos depois pelo mesmo pintor quando já usava pigmentos mais contemporâneos.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALVES, F. et. al. Raios X aplicados à arqueometria. **Caderno de Graduação – Ciências Biológicas e da Saúde**, Pernambuco, v. 1, n. 3, p. 59-68, 2014.

CALVO, A. et. al. A Virgem com o Menino Jesus Adormecido: um estudo de duas imagens sobrepostas. **Conservar Patrimônio**, p. 73-90, 2019. DOI: <<https://doi.org/10.14568/cp2018006>>.

CALZA, C. F. **Desenvolvimento de Sistema Portátil de Fluorescência de Raios X com Aplicações em Arqueometria**, Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2007.

CAMPO, P. H. O. V. de. **Caracterização de pinturas da artista Anita Malfatti por meio de técnicas não construtivas**, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2015.

CARR, C. Identifying Individual Vessels with X-Radiography. Source: American Antiquity, **Society for American Archaeology**, v. 58, n. 1 p. 96-117, jan. 1993.

CRUZ, A. J. **A matéria de que é feita a cor – Os pigmentos utilizados em pintura e sua identificação e caracterização**. Conferência: 1º Encontro de Conservação e Restauro – Tecnologias, jan. 2000.

CRUZ, A. J. O início da radiografia de obras de arte em Portugal e a relação entre a radiografia, a conservação e a política. **Conservar Patrimônio**, Lisboa, v. 11, p. 13-32, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.14568/cp11_2>. Acesso em: 25 ago. 2021.

DAMIAN LIZUN. **Fine Art Conservation**. Disponível: <<http://fineartconservation.ie/x-radiography-4-4-45.html>>. Acesso em: 04 nov. 2021.

HERITAGE. Guidelines on the X-radiography of archaeological, **English Heritage Publications**, jan. 2006.

FREITAS, R. P. **Aplicações de Técnicas Nucleares e Espectroscopia Molecular em Arqueometria**. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2014, 189 p.

GEMALDEGALERIE-GALERIA DE FOTOS DOS VELHOS MESTRES. **Um novo Vermeer em Dresden**. Disponível em: <<https://gemaeldegalerie.skd.museum/forschung/vermeer/#c16842>>. Acesso em: 04 fev. 2021.

INCB (Instituto Newton C. Braga). **Como funciona o Raio X**. Disponível em: <<https://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/9203-como-funciona-o-raio-x-art1807>>. Acesso em: 08 jan. 2021.

JUNIOR, M. A. V. M.; PEREIRA, J. A. M. **Desvendando a composição química de materiais a partir da técnica de fluorescência de raios-X**. Instituto Federal de

Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ) - Campus Nilópolis, Rio de Janeiro, 2012.

LIMA, R. S.; AFONSO, J. C.; PIMENTEL, L. C. F. **Raios-x: fascinação, medo e ciência**, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000100044>>.

MAIA, Bárbara. SALQUEIRO, Joana. ALVES, Stefan. **O invisível no S. Pedro de Grão Vasco**: estudo material e técnico dos estratos pictóricos e suporte. 2016.

MACLENNAN, D. et. al. Rembrandt's An Old Man in Military Costume: Combining hyperspectral and MA-XRF imaging to understand how two paintings were painted on a single panel. **Journal of the American Institute for Conservation**, v. 58, p. 54-68, 2019.

MORSCH TELEMEDICINA, **Tipos de equipamentos de Raio X**. Disponível em: <<https://telemedicinamorsch.com.br/blog/equipamento-de-raio-x>>. Acesso em: set. 2021.

PASCUAL, E.; PATIÑO, M. O restauro da pintura. **Coleção Artes e Ofícios**, 1 Ed., Editora Estampa, Lisboa, 2003.

PIMENTA, A. et. al. Exemplificando o uso do macro mapeamento elementar por xrf (MA-XRF) na investigação forense de obras de arte. **Química Nova**, v. XY, p. 1-7, 2021.

POUYET, E. et. al. Novos insights sobre La Miséreuse accouplée de Pablo Picasso (Barcelona, 1902) usando imagens de fluorescência de raios-X e espectroscopias de refletância combinadas com micro-análises de amostras. **SN Applied Sciences**, v. 2, n. 1408, 2020. DOI: <<https://doi.org/10.1007/s42452-020-3130-4>>.

PRATES, C. Um raio invisível entre a medicina e a arte. **Acta Radiológica Portuguesa**, v. XXVIII 45-46, n. 109, 2016.

RIZZUTTO, M. A. Métodos físicos e químicos para estudo de bens culturais. **Cadernos do CEOM – Arqueometria para Bens Culturais**, v. 28, n. 43, 2015.

SALGUEIRO, J. CARVALHO, S. de. (2009). **Radiografia in situ do Pentecostes do mosteiro de Santa Cruz de Coimbra**: estudo técnico do suporte e sua relevância na história da conservação e restauro da pintura sobre madeira em Portugal. *Estudos De Conservação E Restauro*, (1), 113-127. <https://doi.org/10.34618/ecr.1.3169>

SANTOS, M. C. O.; JUNIOR, G. P. M. **Arqueometria**. Disponível em: <<https://arqueologiaeprehistoria.com/subareas-da-arqueologia/arqueometria/>>.

VELUDO, P. C. **Efeitos da Radiação X e Níveis de Exposição em Exames Imagiológicos**. Inquéritos a Clínicos Gerais. Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra, Coimbra, 2011.

VENTURA, D. A surpreendente descoberta que muda o significado de uma obra de um dos maiores artistas da história, 2021. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/geral-58539911>>. Acesso em: 10 jan. 2022.

Análise de MA-XRF com o professor e pesquisador Renato Pereira de Freitas no Instituto Federal de Educação e Tecnologia do Rio de Janeiro/IFRJ, Laboratório de Instrumentação e Simulação Computacional Científica Aplicada/LISComp. Rua Sebastião Lacerda s/N, Paracambi, Rio de Janeiro, fevereiro de 2022.

Análise de raio X com o professor e pesquisador Davi Ferreira de Oliveira e o mestrando Bruno Bazi. Laboratório de Instrumentação Nuclear - PEN/COPPE/UFRJ. Av. Horácio Macedo, 2030, Bloco I - Sala 133 - Ilha do Fundão, janeiro de 2022.