

# UMA REVISÃO DAS INVESTIGAÇÕES CIENTÍFICAS REALIZADAS NAS PINTURAS DE VICTOR MEIRELLES

*Renato Pereira de Freitas*

*Professor associado de Física do Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ), LISCOMP laboratório, 26600-000, Paracambi, Brasil. Coordenador do laboratório móvel do IFRJ de análise de artefatos do patrimônio histórico-cultural. homepage: <https://liscomp.github.io/laboratorio-movel>; e-mail: [renato.freitas@ifrj.edu.br](mailto:renato.freitas@ifrj.edu.br); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6011-0920>*

(Recebido em: 30/05/2023 \* Revisado em: 06/06/2023)

**RESUMO:** Este trabalho tem como um dos objetivos reunir informações de análises físico-químicas de diferentes obras do pintor Victor Meirelles. A partir de trabalhos, que constam na literatura, serão revistas análises das obras “*Passagem de Humaitá*” (1872) e “*Primeira Missa no Brasil*” (1861). Também serão apresentados resultados inéditos de análises realizadas na pintura “*Vista parcial da cidade de Nossa Senhora do Desterro*” (atual Florianópolis) (1851 circa). A partir dos resultados será possível discutir a paleta de pigmentos utilizada por Victor Meirelles e o processo de criação do artista. O trabalho também tem como objetivo, mostrar a evolução das técnicas de análise físico-químicas, que atualmente permitem realizar exames de imagem como o macro mapeamento elementar por Fluorescência de Raios X (MA-XRF). Destaca-se, que essas técnicas que proporcionam resultados por imagem têm facilitado a compreensão dos resultados das análises, permitindo uma maior integração entre os profissionais envolvidos nestes estudos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Técnicas de análise. Pinturas de Victor Meirelles. Pigmentos históricos.

## *A REVIEW OF THE SCIENTIFIC RESEARCH CARRIED OUT ON PAINTINGS BY VICTOR MEIRELLES*

**ABSTRACT:** One of the objectives of this work is collected information from physicochemical analyzes of different artworks by the painter Victor Meirelles. Based on manuscripts that appear in the literature, analyses of the paintings “*Passagem de Humaitá*” (1872) and “*Primeira Missa no Brasil*” (1861) will be reviewed. Unpublished results of analyzes carried out on the painting “*Vista parcial da cidade de Nossa Senhora do Desterro*” (circa 1851) will also be presented. From the results it will be possible to discuss the palette of pigments used by Victor Meirelles and the artist's creation process. The work also aims to show the evolution of physicochemical techniques, which currently allow performing imaging tests such as elemental macro X-ray fluorescence scanning (MA-XRF). It is noteworthy that these techniques that provide imaging results have facilitated the understanding of the analysis results, allowing greater integration between the professionals involved in these studies.

**KEYWORDS:** Analysis techniques. Paintings by Victor Meirelles. Historical pigments.

# UMA REVISÃO DAS INVESTIGAÇÕES CIENTÍFICAS REALIZADAS NAS PINTURAS DE VICTOR MEIRELLES

## INTRODUÇÃO

A ciência do patrimônio histórico cultural é um campo científico, que combina princípios de diferentes áreas como artes, física, química, ciência dos materiais e arqueologia para investigar artefatos de valor histórico cultural. Essa abordagem multidisciplinar permite obter informações detalhadas sobre diferentes aspectos desses artefatos. Sendo a investigação da composição química uma das principais ferramentas utilizadas na ciência do patrimônio cultural, pois permite determinar a composição dos materiais utilizados na fabricação dos artefatos. Essas informações podem ajudar a identificar a origem dos materiais, as técnicas de produção utilizadas e até mesmo revelar imitações ou falsificações (C.CALZA, 2007; FREITAS, 2014; FREITAS et al., 2016; PEREIRA DE FREITAS, 2021; SANCHES et al., 2020; THAUMATURGO et al., 2023a, 2023b).

Ao longo da história, os pigmentos desempenharam um papel fundamental nas expressões artísticas humanas, desde as mais primitivas, como pinturas rupestres em cavernas, até as pinceladas de gênios da pintura, como Leonardo da Vinci. Além de serem utilizados em pinturas, esses pigmentos também encontram aplicação em esculturas, manuscritos, mapas, selos, decoração de cerâmicas, porcelanas, sarcófagos e uma ampla variedade de artefatos. A utilização extensiva dos pigmentos ao longo da história, em diferentes formas de arte e artefatos, transformou-os em ferramentas essenciais para estudos de artefatos do patrimônio cultural. Essa análise dos pigmentos fornece informações valiosas sobre sua composição química, origem histórica e técnicas de fabricação, contribuindo para a compreensão dos artefatos e sua autenticidade (FREITAS, 2014).

A análise de pigmentos sobre substratos como telas e esculturas policromadas é de fundamental importância para a compreensão da história e da forma de execução de uma obra de arte, além de auxiliar na resolução de problemas relacionados com sua conservação, restauração e datação (DE FARIA; PUGLIERI, 2011; MONICO et al., 2020). Estas análises também auxiliam verificar a autenticidade de uma pintura, sendo um elemento importante nesta investigação a caracterização da paleta do pintor, que revela os pigmentos que o artista utilizava de forma mais comum no processo de criação de suas obras (CALZA et al., 2010b). Tomando como base essa repetição da paleta por parte do artista em diferentes obras, a investigação forense de uma pintura suspeita é realizada comparando resultados da caracterização dos pigmentos da pintura suspeita com uma autêntica do mesmo artista (THAUMATURGO et al., 2023b). Um fator relevante na investigação científica de obras de arte é o fato de que se trata de objetos de caráter único, apresentando grande valor artístico e/ou histórico cultural, além de agregarem, muitas vezes, um grande valor monetário, por isso nenhum dano expressivo a

integridade do artefato deve ocorrer. Portanto, apresentar um caráter não-destrutivo é um requisito essencial para os métodos científicos que operam em pesquisas no campo na área de patrimônio cultural (FELIX et al., 2018; MILIANI et al., 2010).

Diferentes técnicas de análise físico-químicas podem ser empregadas na caracterização de pigmentos em obras de arte, sendo a Fluorescência de Raios X (XRF) atualmente uma das técnicas de análise mais empregada neste tipo de investigação. A frequente aplicação desta técnica deve-se especialmente às inovações tecnológicas ocorridas na última década, que possibilitaram a construção de sistemas portáteis de XRF, que permitem análises elementares não destrutivas e *in situ* de obras de arte com boa precisão e acurácia (FELIX et al., 2021, 2018, 2020; SANCHES et al., 2020). A XRF é um método bem estabelecido, que se baseia na ionização dos átomos, que constituem um determinado material, ao ser irradiado por um feixe primário de raios X. Estes átomos ionizados emitem fótons, que contêm informações sobre a natureza e a abundância dos constituintes elementares presentes no material (BECKHOFF et al., 2006; VAN GRIEKEN; MARKOWICZ, 2001). Por ser uma técnica de análise elementar, a caracterização de pigmentos por XRF baseia-se na identificação de determinados elementos-chave nos espectros associados com a cor observada na camada visível da pintura.

Uma das variantes experimentais mais recentes da aplicação da XRF é o mapeamento elementar. Este método, que pode ser empregado para estudar a distribuição elementar em pequenas regiões ( $\mu$ -XRF) ou grandes áreas (MA-XRF) de uma obra de arte, é especialmente importante na investigação de pigmentos aplicados logo abaixo da camada de pintura visível de uma obra, revelando, assim, informações ocultas, como modificações feitas pelo próprio artista, sobreposição de pigmentos e restaurações na superfície. Desta forma, os resultados obtidos pela distribuição dos pigmentos na camada pictórica, fornecem uma perspectiva única sobre o processo criativo do artista e a história da conservação/restauração de uma determinada pintura (ALFELD; BROEKAERT, 2013; ALFELD; DE VIGUERIE, 2017; FREITAS et al., 2019; PIMENTA et al., 2021, 2023).

No Brasil, pesquisas envolvendo obras de arte através de investigações científicas vêm sendo realizada de forma constante. Entretanto, trata-se de um campo ainda em desenvolvimento no país, que possui uma série de desafios para avançar. Por se tratar de um campo multidisciplinar, um dos desafios é a integração de museus, que desejam inserir análises científicas em suas rotinas de trabalho. Outro desafio é tornar os resultados das técnicas de análise físico-química, de compressão mais simples para museólogos e restauradores. Atualmente, o Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ) possui um Laboratório Móvel<sup>1</sup> dedicado a investigação de obras de arte, que possui um acordo de cooperação com o Instituto Brasileiro de Museus (Ibram). As ações em parceria entre o Laboratório Móvel e Ibram tem possibilitado difundir entre museus brasileiros a metodologia de investigação científica de obras de arte.

---

<sup>1</sup> Para conhecer as ações do Laboratório Móvel indicamos duas reportagens, que podem ser acessadas nos links: [globoplay.globo.com/v/10847480](https://globoplay.globo.com/v/10847480), [youtube.com/watch?v=s\\_cgv-tlfas](https://youtube.com/watch?v=s_cgv-tlfas).

Além disso, o Laboratório Móvel tem integrado em seus métodos de análise, exames que proporcionam como resultados imagens como a técnica de MA-XRF. O uso dessas técnicas tem permitido uma maior interação com profissionais de museus, pois os resultados que são imagens são de interpretação mais simples, que os espectros produzidos por técnicas convencionais de análise.

Dentre os pintores brasileiros constantemente estudado por técnicas físico-químicas de análise Victor Meirelles se destaca por já ter tido importantes obras como a “*Primeira Missa no Brasil*” (1861/Acevo Museu Nacional de Belas Artes/RJ) e “*Passagem do Humaitá*” (1868/Acervo Museu Histórico Nacional/RJ) investigadas. Além disso, em dezembro de 2022 o Laboratório Móvel do IFRJ realizou uma campanha de análise no Museu Victor Meirelles em Florianópolis/SC, onde analisou pinturas como “*Vista parcial da cidade de Nossa Senhora do Desterro – atual Florianópolis*” (circa 1851). Diante deste amplo material com dados de análise do pintor Victor Meirelles, este trabalho tem como principal objetivo fazer uma revisão dos trabalhos que já investigaram o pintor por técnicas físico-químicas e apresentar resultados inéditos dos estudos realizados pelo Laboratório Móvel no Museu Victor Meirelles. A partir da discussão do artigo será possível traçar a paleta e o processo de criação do artista. O artigo também vai permitir situar o leitor sobre o estado da arte das técnicas, que são empregadas no exame físico-químico de pinturas.

### Análise da “*Primeira Missa no Brasil*” por XRF



**Fig. 1.** “*A Primeira Missa no Brasil*” Victor Meirelles (1860)/270 cm × 357 cm, acervo Museu Nacional de Belas Artes, Rio de Janeiro. **Fonte:** Google Arts & Culture.

Calza (2007) fez um estudo da obra “A Primeira Missa no Brasil” (Fig. 1) pela técnica de XRF, que, como comentado acima, permite levantar a composição elementar de pontos específicos da obra. A investigação foi realizada em um sistema portátil de XRF, que permitiu realizar estudos *in loco*, no Museu Nacional de Belas, Rio de Janeiro. Destaca-se, que os pontos analisados pelo sistema são da ordem de 1 – 3 cm, logo com objetivo de obter o máximo de informações sobre os pigmentos utilizados na criação da tela, foram realizadas medidas de XRF em diferentes pontos da obra. A Figura 2, apresenta o sistema de XRF utilizado nas análises com detalhe do ponto marcado para análise, enquanto na Figura 3 é apresentado momento da análise.



**Fig. 2.** Sistema portátil de XRF empregado nas análises da obra “A Primeira Missa no Brasil”. Na imagem é possível visualizar uma lança utilizado para indicar o ponto que está sendo analisado. **Fonte:** Calza, (2007).

Como comentado acima, a XRF permite obter a composição elementar do ponto analisado e por isso, a interpretação do pigmento é baseada combinando o resultado da técnica com a tonalidade visível. A Figura 4, mostra o exemplo de um dos resultados obtidos na análise. O ponto investigado possui tonalidade azul, onde foi detectado os elementos chumbo (Pb) e ferro (Fe), também foram caracterizados minoritariamente cobalto (Co) e zinco (Zn). Tomando como base a tonalidade visível azul com o elemento ferro é possível concluir sobre o uso do pigmento azul da Prússia ( $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3 \cdot 14\text{-}16\text{H}_2\text{O}$ ) (BELL; CLARK; GIBBS, 1997). Neste caso, o chumbo não é levado em consideração para a interpretação da tonalidade visível, pois é conhecido que pigmentos como branco de chumbo ( $(\text{PbCO}_3)_2 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$ ) e amarelo massicote (PbO) eram comumente empregados na camada de preparação de pinturas. Essa camada de preparada possui a função de selar o suporte da pintura e atuar na secagem dos pigmentos da policromia, sendo estas ações potencializada por materiais com chumbo (CALZA et al., 2010a, 2010b; FREITAS et al., 2019).



**Fig. 3.** Momento de análise da pintura “A primeira Missa no Brasil” por XRF. **Fonte:** Calza, (2007).

Através do método de interpretação aplicado acima é possível levantar a composição dos pigmentos empregados na pintura. Sendo para isto necessário analisar ao menos um ponto, com determina tonalidade. Como comentado acima a XRF é um dos métodos mais aplicados na investigação na investigação de pinturas. Esse uso extensivo está associado a instrumentos portáteis de simples uso, e o desenvolvimento de softwares que auxiliam a interpretação dos dados que estão sendo registrado. Devido a estas facilidades a XRF se tornou uma técnica básica, que os resultados permitem fazer triagens para realização de estudos mais elaborados. Destaca-se, que a equipe do Laboratório Móvel vem ofertando regularmente cursos de capacitação para profissionais de museus e polícias científicas, que possuem interesse em utilizar a XRF. Um dos exemplos bem-sucedidos desta experiência, foi a capacitação com peritos do Instituto de Criminalística Carlos Éboli da Polícia Civil do estado do Rio de Janeiro<sup>2</sup>, que inseriu na rotina da instituição uma metodologia de investigação forense de obras de arte, que tem como base a aplicação do XRF. Entretanto, apesar da praticidade de uso a XRF possui algumas dificuldades como a interpretação de resultados quando os pigmentos estão misturados.

---

<sup>2</sup> Reportagem da parceria entre o Laboratório Móvel e a Polícia Civil do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/sul-do-rio-costa-verde/noticia/2022/02/12/policia-civil-e-ifrj-promovem-parceria-para-trabalho-de-pericia-em-obras-de-arte.ghtml>

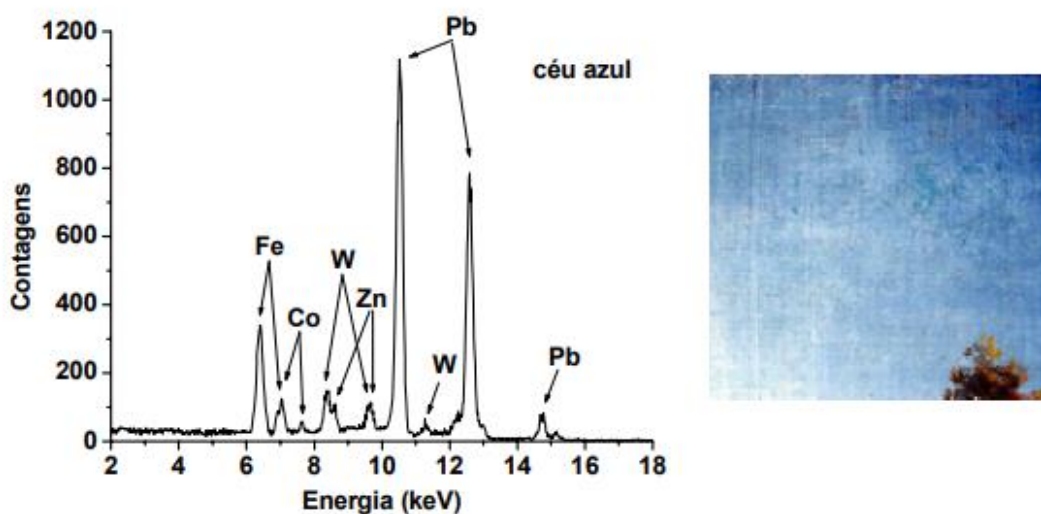


Fig. 4. Resultado da análise da pintura em dois pontos azuis. Ferro (Fe), chumbo (Pb), cobalto (Co) e zinco (Zn).  
**Fonte:** Calza, (2007)

A tabela 1 resume os principais resultados obtidos na tela “*A Primeira Missa do Brasil*” realizado por Calza, (2007). Pela tabela é possível concluir que grande parte dos pigmentos empregados, são a base de ferro como terra verde, marrom ocre e magnetita. Esses pigmentos comumente estão em pinturas brasileiras do século XIX, sendo esta informação evidenciada no trabalho de Pimenta et al., (2023) ao investigar obras do século XIX de Eliseu Visconti, Henrique Bernardelli e Firmino Monteiro.

**Tabela 1.** Resumo dos resultados levantados por Calza, (2007) na investigação da pintura “*A Primeira Missa no Brasil*”.

Tonalidade	Elementos detectados <sup>3</sup>	Pigmentos
Azul	Fe, Co, Pb	Azul da Prússia $[\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3 \cdot 14\text{-}16\text{H}_2\text{O}]$ e azul cobalto $[\text{CoO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3]$
Verde	Cr, Fe e Pb	Verde de Cromo $[\text{Cr}_2\text{O}_3 / \text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ e terra verde $[\text{K}[(\text{Al}, \text{Fe}^{3+}), (\text{Fe}^{2+}, \text{Mg})(\text{AlSi}_3, \text{Si}_4)\text{O}_{10}(\text{OH})_2]]$
Marrom	Fe e Pb	Marrom ocre $[\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}]$
Vermelho	Hg e Pb	Vermelhão $[\text{HgS}]$
Preto	Fe e Pb	Magnetita $(\text{Fe}_3\text{O}_4)$

<sup>3</sup> Ferro (Fe), Cromo (Cr), mercúrio (Hg) e chumbo (Pb).

Os pigmentos possuem uma linha de utilização ao longo da história sendo esta informação bem conhecida, por exemplo, pigmentos com chumbo foram utilizados até o início do século XX, sendo substituído por pigmento com zinco e titânio (BELL; CLARK; GIBBS, 1997; EASTAUGH et al., 2004). Os pigmentos levantados, estão de acordo com o período de criação da obra (século XIX). Destaca-se, que em alguns dados de XRF foram caracterizados zinco (Zn), indicando a utilização do pigmento como zinco em atividades de restauração da dela.

### Análise da “Passagem de Humaitá” por XRF

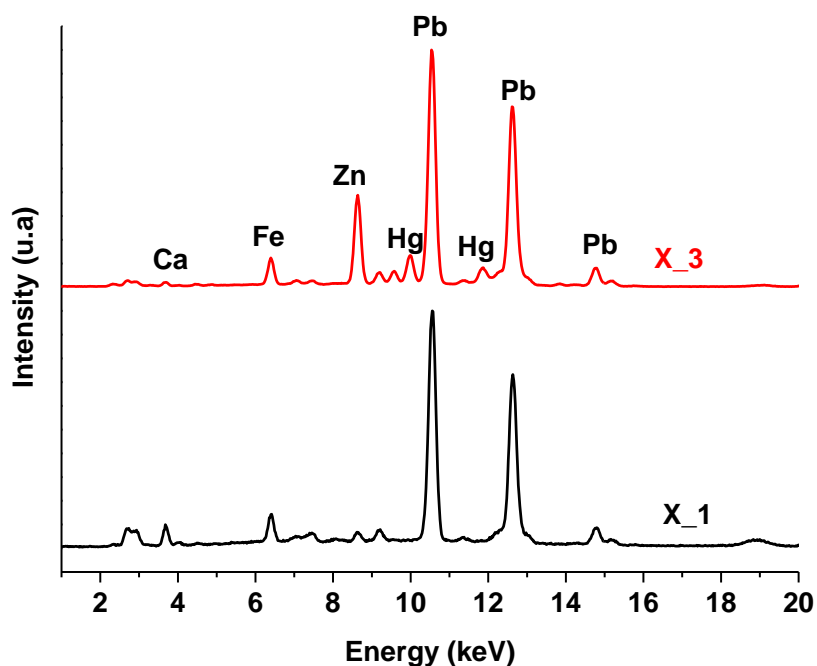
Felix et al., (2021) realizou um estudo por XRF da obra “Passagem de Humaitá”<sup>4</sup>, que pertence ao acervo do Museu Histórico Nacional (MHN)/RJ e possui dimensões 268 cm × 435 cm. Neste trabalho foi empregado um sistema portátil comercial da Bruker modelo TRACER SD IV. Para obter a paleta dos pigmentos empregados na criação da obra foi levantado a composição elementar de 83 pontos, que estão sinalizados na Figura 5.



Fig. 5. Pontos onde foram registrados dados de XRF na obra “Passagem de Humaitá”. Fonte: Felix et al., (2021).

<sup>4</sup> [Vide imagem da obra.](#)





**Fig. 6.** Elementos detectados nos pontos X\_1 e X\_3, coletados na borda e em uma região distante da borda, respectivamente. **Fonte:** Felix et al., (2021).

A partir dos resultados foi verificado uma uniformidade na composição elemental levantada em todos os pontos, tendo sido detectado na maioria dos pontos cálcio (Ca), cromo (Cr), ferro (Fe), zinco (Zn) e mercúrio (Hg) e chumbo (Pb). Com a presença dos mesmos elementos, a principal distinção entre as tonalidades dos pontos foi realizada a partir da concentração do pigmento empregado. Essa diferença pode ser vista, comparando espectros de dois pontos X\_1 e X\_3 (Figura 6), que apesar de apresentarem os mesmos elementos se distinguem pela intensidade dos picos, que está associado a concentração do material no ponto. Os elementos Ca, Fe, Zn e Pb, podem ser relacionados, respectivamente, aos pigmentos de calcita [CaCO<sub>3</sub>], vermelho ocre [Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>], branco de zinco [ZnO] e pigmentos à base de chumbo como branco de chumbo [2PbCO<sub>3</sub>.Pb(OH)<sub>2</sub>] e/ou amarelo massicote [PbO] (CAMPOS, 2015). A pintura apresenta grande parte com tonalidade vermelha, que pode estar correlacionada aos pigmentos vermelho [HgS] e vermelho ocre [Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>] (FREITAS et al., 2016). Já em determinados pontos marrons foram observados uma mistura dos pigmentos com verde cromo e marrom ocre, sendo esta uma combinação observada nos resultados da obra a “*A Primeira Missa no Brasil*”. Estes resultados indicam que essa é uma marca do artista empregada para atingir tonalidades específicas de marrom em suas obras. Destaca-se que, com exceção do pigmento com zinco, cuja utilização começou a partir do século XX, todos os demais estão dentro da temporalização de criação da pintura.

## Análises da pintura “*Vista parcial da cidade de Nossa Senhora do Desterro (atual Florianópolis)*” por MA-XRF

O Laboratório Móvel do IFRJ foi implementado em 2019, sendo composto de técnicos e equipamentos portáteis, que são trasladados até museus brasileiros para realizar exames *in loco*. Atualmente o Laboratório Móvel possui acordos de cooperação vigente com o Instituto Brasileiro de Museus (IBRAM) e Instituto de Criminalística Carlos Éboli da Polícia Civil do estado do Rio de Janeiro e em pouco tempo de existência se tornou uma ferramenta suporte para museus e polícias científicas brasileiras, que necessitam realizar exames científicos em obras de arte. Um dos instrumentos, que o Laboratório Móvel tem aplicado nas companhias de análise dos museus é o instrumento MA-XRF da Bruker modelo Crono, que pode ser visto na Figura 7. Como trata-se de uma inovação tecnológica recente uma das dificuldades de operar o equipamento são recursos humanos qualificados, pois o processo de reconstrução de imagens necessita operação de softwares específicos (PIMENTA et al., 2021, 2023). Entretanto, diferente da operação do equipamento de XRF que é manual, a utilização do MA-XRF é automática, facilitando mais ainda a operação.



**Fig. 7.** Instrumento de MA-XRF operando no Museu Victor Meirelles Florianópolis/SC. **Fonte:** Autor.

A imagem de mapeamento elementar deve ser interpretada como uma radiografia, que é reconstruída na escala de cinza, sendo a tonalidade cinza onde tem o elemento químico enquanto a parte escura indica ausência do elemento. A análise da obra “*Vista parcial da cidade de Nossa Senhora do Desterro* –

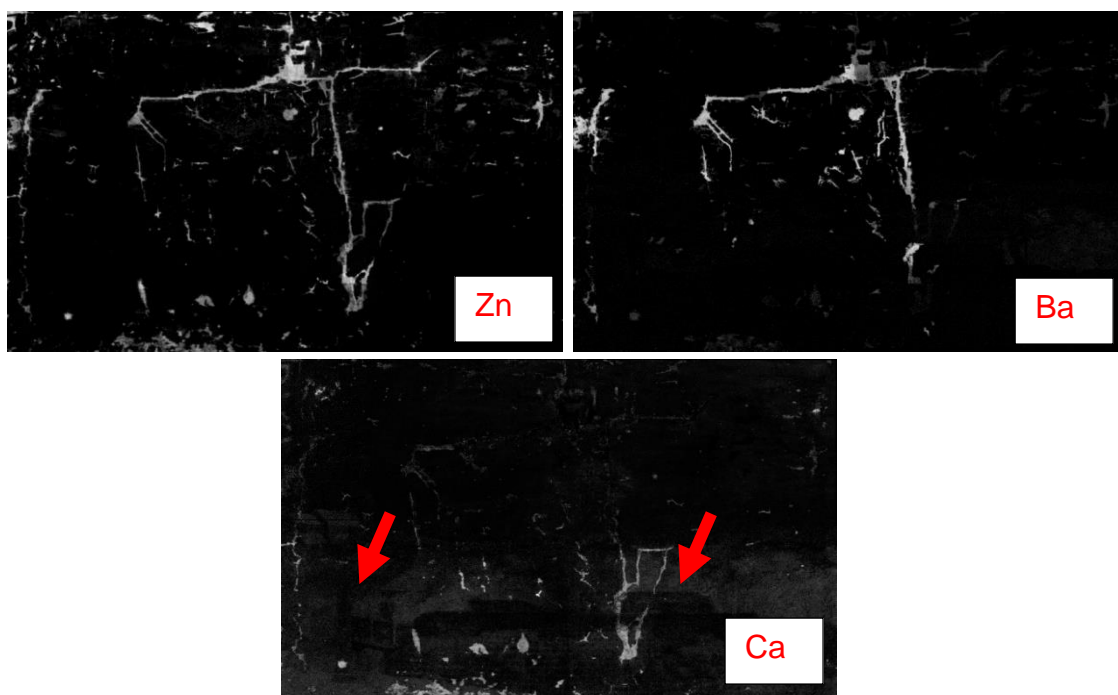
atual Florianópolis”, (circa 1851)<sup>5</sup> por MA-XRF, indica o chumbo (Pb) em toda a tela, como visto na Figura 8. Essa imagem confirma a utilização do pigmento com chumbo como camada preparação da obra, sendo este um resultado evidenciado pelas análises de XRF pontual. Também é visto reforço no contraste das imagens em pontos de tonalidade branca indicando o uso do pigmento branco de chumbo na composição da obra. Na imagem são destacadas algumas regiões pretas, que indicam ausência do pigmento com chumbo. Devido ao formato dessa região é possível concluir que se trata de uma região que sofreu intensa perda da camada de preparação. Destaca-se, que esse resultado corrobora informações históricas, que relatam que essa pintura foi encontrada rasgada.



**Fig. 8.** Imagem do chumbo (Pb) obtido pela análise por MA-XRF. **Fonte:** Autor.

As imagens dos materiais com zinco (Zn), bário (Ba) e cálcio (Ca), mostram o uso dos pigmentos com Zn, Ba e Ca de forma localizada (Fig. 9). Essas imagens podem ser associados à presença de materiais como os pigmentos branco de zinco (ZnO), sulfato de bário (BaSO<sub>4</sub>)/litopone (BaSO<sub>4</sub> + ZnO) e Carbonato de Cálcio (CaCO<sub>3</sub>). Comparando com a imagem do chumbo é possível concluir, que esses pigmentos com zinco, bário e cálcio foram aplicados nas regiões de perda do chumbo. Logo é possível concluir, que os pigmentos brancos com zinco, bário e cálcio foram empregados nos processos de intervenção da pintura. É importante ressaltar, que esse resultado também tinha sido evidenciado nas análises XRF pontual, entretanto com as imagens de MA-XRF é possível evidenciar com exatidão os locais das atividades de restauro.

<sup>5</sup> Esta obra possui dimensões 78 cm x 120 cm e sua imagem pode ser vista no [link](#).

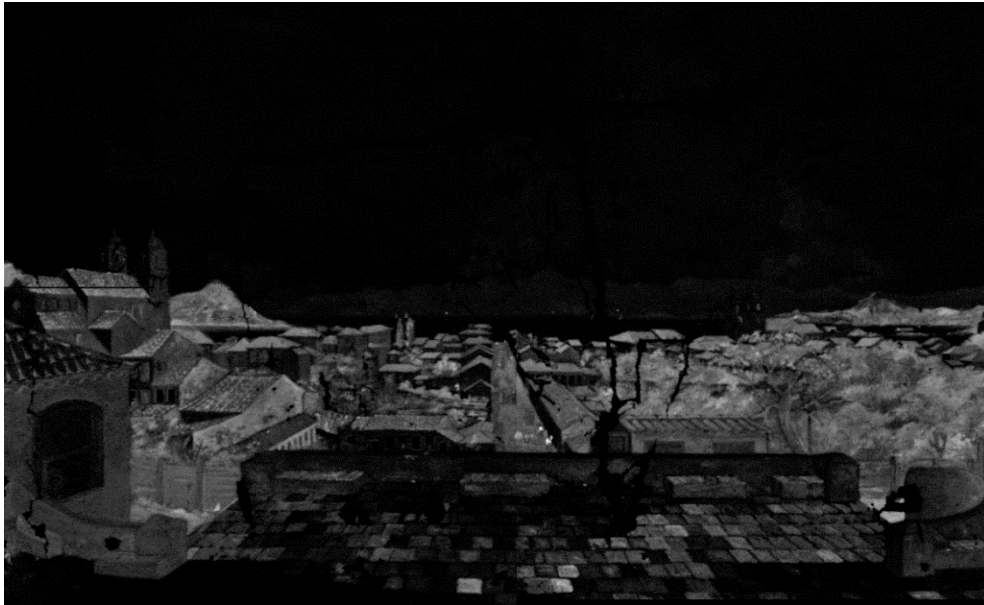


**Fig. 9.** Mapas elementares do zinco (Zn), bário (Ba) e cálcio (Ca). **Fonte:** Autor.

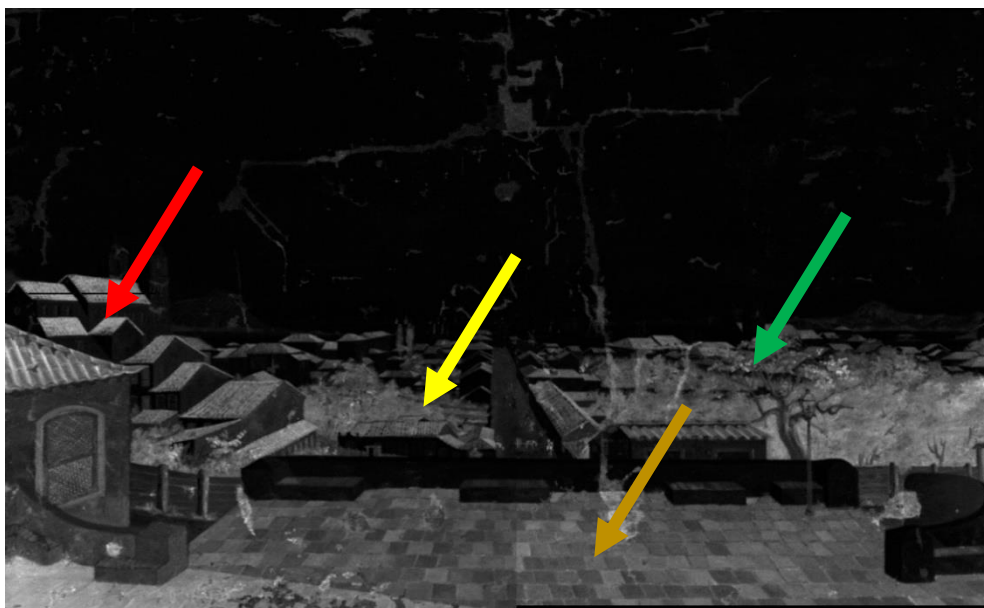
Pelo histórico da obra, é conhecido que ela sofreu danos que necessitaram intervenção, entretanto, na ficha da obra não é descrito esses materiais. Além disso, é possível visualizar pelas imagens do Zinco, Bário e Cálcio, que as intervenções realizadas com esses materiais são diferentes, sendo provável que tenham sido realizadas em momentos distintos. Pois o zinco e o bário aparecem em todas as regiões que o chumbo estava ausente, enquanto o material com o cálcio aparece em outras áreas, inclusive nas regiões da policromia (setas vermelhas).

Conforme visto nas análises de “*A Primeira Missa no Brasil*” e “*Passagem de Humaitá*”, o pigmento vermelhão (HgS) foi encontrado em todas as obras. Além de ser aplicado para atingir tonalidades vermelhas, a imagem do mapa elementar do mercúrio (Hg) (Fig. 10) revela a presença desse material nas regiões da vegetação e nas casas brancas. Através desse resultado é possível concluir que na criação da pintura foi empregado uma *velatura* onde o pigmento com mercúrio é a camada base.

Já a imagem (Figura 11) do ferro está presente em regiões de tonalidades vermelho, verde, marrom e amarelo indicando a presença de pigmentos como vermelho ocre ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), terra verde ( $\text{K}[(\text{Al}, \text{Fe}^{3+}), (\text{Fe}^{2+}, \text{Mg}) (\text{AlSi}^3, \text{Si}^4) \text{O}_{10} (\text{OH})_2$ ), marrom ocre ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) e amarelo ocre ( $\text{F}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}_3$ ). Logo é possível concluir, que na composição da pintura foi empregado extensivamente os pigmentos a base de ferro.

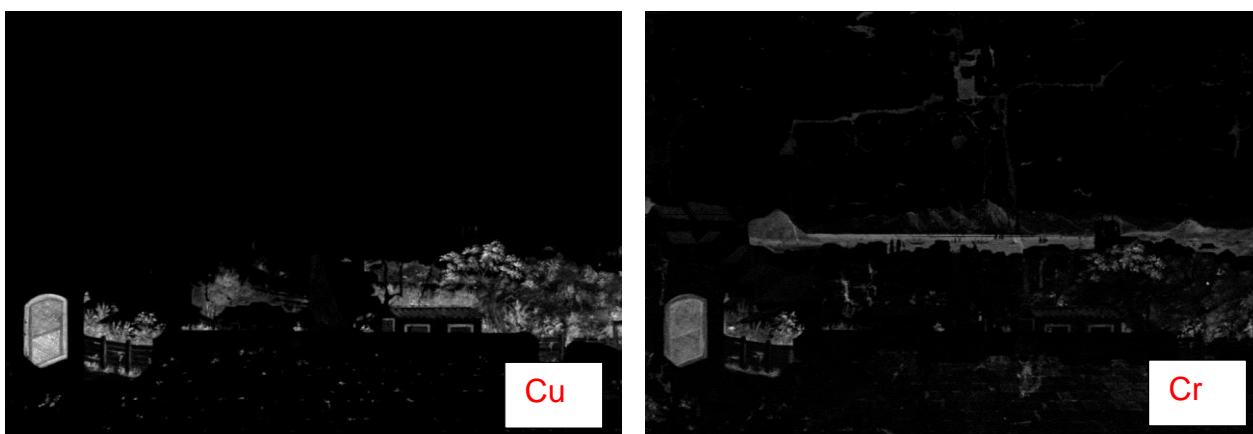


**Fig. 10.** Imagem do mercúrio (Hg) obtido pela análise por MA-XRF. **Fonte:** Autor.



**Fig. 11.** Imagem do ferro (Fe) obtido pela análise por MA-XRF. As setas indicam regiões de tonalidades vermelhas, amarela, marrom e verde. **Fonte:** Autor.

Os elementos com cobre (Cu) e cromo (Cr) podem ser associados aos pigmentos verdes Malaquita ( $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ ), ftalocianina de cobre ( $\text{C}_{32}\text{H}_{16}\text{CuN}_8$ ) e óxido de cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ). Pelas imagens dos mapas elementares (Figura 12) é possível visualizar que esses pigmentos aparecem em regiões de tonalidade verde específicas da pintura, indicando o uso em atividades de restauro. Além disso, a imagem do cromo possui uma linha reta na região do mar, que destoa do processo artístico.



**Fig. 12.** Imagem dos elementos cobre (Cu) e cromo (Cr) obtidos pela análise por MA-XRF. **Fonte:** Autor.

### Conclusões

A tabela 2 apresenta uma revisão dos principais pigmentos detectados nas pinturas discutidas acima. Pela tabela é possível observar que grande parte dos pigmentos se encontra nas três obras, como vermelhão, marrom ocre e a preparação com chumbo. A partir dos resultados é possível verificar a utilidade e eficácia dos exames pontuais por XRF, pois os pigmentos levantados na investigação das obras “*A Primeira Missa no Brasil*” e “*Passagem de Humaitá*” são semelhantes aos levantados na investigação “*Vista parcial da cidade de Nossa Senhora do Desterro – atual Florianópolis*” por MA-XRF. Logo, este trabalho traz uma reflexão de como seria útil profissionais de museus terem acesso a um sistema portátil de XRF para introduzirem a análise na sua rotina diária. Esta ação iria ampliar as pesquisas em patrimônio cultural brasileiro e auxiliar em processos de restauração de artefatos históricos. Além disso, o XRF como técnica base seria aplicada como exame inicial e permitiria fazer a triagem de casos, que necessitam de exames mais elaborados como o MA-XRF.

No caso do MA-XRF, além de permitir verificar os pigmentos, foi possível investigar o processo de criação da obra, como a velatura na obra “*Vista parcial da cidade de Nossa Senhora do Desterro – atual Florianópolis*” empregando o pigmento vermelhão. Destaca-se, que na região azul da obra não foram evidenciados mapas elementares. Esse resultado pode ser interpretado como um azul composto de pigmentos orgânicos ou ultramarino  $[\text{Na}_8(\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24})\text{S}_n]$ , cujos elementos são de difícil detecção pela XRF e MA-XRF.

**Tabela 2.** Revisão dos pigmentos destacados nas pinturas discutidas.

<b>Tonalidade</b>	<b>A Primeira Missa no Brasil</b>	<b>Passagem de Humaitá</b>	<b>Vista parcial da cidade de Nossa Senhora do Desterro</b>
Azul	Azul da Prússia Azul cobalto	-	? (possivelmente ultramarino)
Verde	Verde de Cromo Terra verde	-	Terra verde
Marrom <sup>6</sup>	Marrom ocre	Marrom ocre	Marrom ocre
Vermelho	Vermelhão	Vermelhão	Vermelhão Vermelho ocre
Preto	Magnetita	Magnetita	-
Camada de preparação	Pigmentos com chumbo	Pigmentos com chumbo	Pigmentos com chumbo
Restauração	Pigmentos com zinco	Pigmentos com zinco e bários	Pigmentos com zinco, bário, cálcio, cromo e cobre.

## REFERÊNCIAS

BECKHOFF, B. et al. **Handbook of Practical X-Ray Fluorescence Analysis**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2006.

BELL, I. M.; CLARK, R. J. H.; GIBBS, P. J. Raman spectroscopic library of natural and synthetic pigments (pre-~ 1850 AD). **Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, 1997.

C.CALZA. **Desenvolvimento de sistema portátil de fluorescência de raios x com aplicações em arqueometria**. [s.l.] Programa de Engenharia Nuclear, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.

CALZA, C. et al. Analysis of the painting “Gioventù” (Eliseu Visconti) using EDXRF and computed radiography. **Applied Radiation and Isotopes**, v. 68, n. 4–5, p. 861–865, 2010a.

<sup>6</sup> Como comentado acima nas pinturas “A Primeira Missa no Brasil” e “Passagem de Humaitá” é possível visualizar uma mistura de pigmentos com cromo e ferro nas regiões marrons.

- CALZA, C. et al. Characterization of Brazilian artists' palette from the XIX century using EDXRF portable system. **Applied Radiation and Isotopes**, v. 68, n. 4–5, p. 866–870, 1 abr. 2010b.
- CAMPOS, P. H. O. V. DE. **Caracterização de pinturas da artista Anita Malfatti por meio de técnicas não destrutivas**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1 out. 2015.
- DE FARIA, D. L. A.; PUGLIERI, T. S. UM EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA MICROSCOPIA RAMAN NA AUTENTICAÇÃO DE OBRAS DE ARTE. **Química Nova**, v. 34, n. 8, p. 1323–1327, 2011.
- EASTAUGH, N. et al. **The Pigment Compendium**. 1. ed. Oxford: Elsevier, 2004.
- FELIX, V. et al. Analysis of painting Victor Meirelles' "Passagem de Humaitá" by XRF. **Brazilian Journal of Radiation Sciences**, v. 9, n. 1A, p. 1–0, 30 abr. 2021.
- FELIX, V. S. et al. Analysis of a European cupboard by XRF, Raman and FT-IR. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 151, p. 198–204, 2018.
- FELIX, V. S. et al. Analysis of silver coins from colonial Brazil by hand held XRF and micro-XRF. **Applied Radiation and Isotopes**, v. 166, p. 109409, 2020.
- FREITAS, R. P. **Aplicações de Técnicas Nucleares e Espectroscopia Molecular em Arqueometria**. [s.l.] Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.
- FREITAS, R. P. et al. Analysis of a Brazilian baroque sculpture using Raman spectroscopy and FT-IR. **Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, v. 154, p. 67–71, fev. 2016.
- FREITAS, R. P. et al. Micro-XRF analysis of a Brazilian polychrome sculpture. **Microchemical Journal**, v. 149, p. 104020, set. 2019.
- MILIANI, C. et al. In Situ Noninvasive Study of Artworks: The MOLAB Multitechnique Approach. **Accounts of Chemical Research**, v. 43, n. 6, p. 728–738, 15 jun. 2010.
- MONICO, L. et al. Probing the chemistry of CdS paints in The Scream by in situ noninvasive spectroscopies and synchrotron radiation x-ray techniques. **Science Advances**, v. 6, n. 20, p. 1–11, 15 maio 2020.
- PEREIRA DE FREITAS, R. O Uso de técnicas físico-químicas de análise como suporte na conservação, catalogação e investigação forense de acervos museológicos. **Museologia & Interdisciplinaridade**, v. 10, n. Especial SE-Dossiê Acervos Museológicos em Ambiente Digital, p. 182–195, 8 set. 2021.
- PIMENTA, A. et al. EXEMPLIFICANDO O USO DO MACRO MAPEAMENTO ELEMENTAR POR XRF (MA-XRF) NA INVESTIGAÇÃO FORENSE DE OBRAS DE ARTE. **Química Nova**, 2021.
- PIMENTA, A. et al. Investigating Brazilian Paintings from the 19th Century by MA-XRF. **Quantum Beam Science**, v. 7, n. 1, p. 9, 8 mar. 2023.
- SANCHES, F. A. C. R. DE A. et al. Characterization of a sacred statuette replica of "Nossa Senhora da Conceição Aparecida" using X-ray spectrometry techniques. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 167, p. 108266, 12 abr. 2020.
- THAUMATURGO, N. et al. Análises forenses de autenticidade e avaliação em distintivos de guerra nazistas apreendidos pela Polícia Civil/RJ. **Revista Brasileira de Criminalística**, v. 12, n. 1, p. 7–12, 13 jan. 2023a.
- THAUMATURGO, N. et al. Exame forense de obras de artes do pintor Ivan Serpa. **Revista Brasileira de Criminalística**, v. 12, n. 2, p. 91–98, 26 abr. 2023b.
- VAN GRIEKEN, R.; MARKOWICZ, A. **Handbook of X-Ray Spectrometry**. [s.l.] CRC Press, 2001.