

Métodos analíticos não destrutivos para análise de obras de arte

Márcia de Almeida Rizzutto*
Nemitala Added
Manfredo Harri Tabacniks
Jéssica Fleury Curado
Paulo Reginaldo Pascholati

RIZZUTTO, M. A.; ADDED, N.; TABACNIKS, M. H.; CURADO, J. F.; PASCHOLATI, P. R. Métodos analíticos não destrutivos para análise de obras de arte. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*, São Paulo, Suplemento 8: 177-188, 2009.

Resumo: A caracterização de objetos de arte e, ou, arqueológicos, por meio de métodos de análise elementar não destrutiva com feixes iônicos busca a identificação de elementos químicos presentes nas amostras por técnicas nucleares. Os métodos físicos e químicos estão na interface entre a ciência pura e as aplicações diretas para caracterização de bens culturais e é uma área interdisciplinar que demanda uma forte interação, que cresce a cada dia, entre especialistas. Nas pesquisas internacionais o uso destes métodos físicos e químicos, em especial as técnicas atômico-nucleares não destrutivas para o estudo de objetos arqueológicos, de arte e do patrimônio cultural está estabelecido há algumas décadas, mas na América Latina a utilização destas técnicas é relativamente recente, iniciada a partir da década de 1990 [1-11].

As técnicas físicas atômico-nucleares podem ser utilizadas em diferentes aplicações como, por exemplo, caracterizar as modificações introduzidas na morfologia e composição elementar pelos processos de corrosão de metais expostos aos efeitos do meio ambiente, bem como para o exame de pinturas, pois a identificação dos elementos presentes nas camadas pictóricas por estas técnicas pode dar indicação dos pigmentos utilizados nas tintas. A aplicação destas técnicas ao estudo de materiais cerâmicos permite identificar elementos traço que podem contribuir para indicar a origem do material utilizado e características dos processos de fabricação de uma obra de arte, e, ou, os elementos presentes nas tintas de uma determinada pintura.

Palavras-chaves: Análise não destrutiva – PIXE – Obras de arte – Composição elementar

Introdução

A potencialidade de utilização de técnicas física e químicas para análise de obras de arte vem crescendo a cada ano e cada vez mais pesquisadores da área de arqueologia, arte e preservação do patrimônio cultural interagem com físicos e químicos buscando um maior intercâmbio dos conhecimentos existentes. Existe um aumento nas investigações utilizando

métodos físicos como de análise estrutural e molecular (difração de raio X, espectrometria com infravermelho), técnicas de datação (termoluminescência e espectrometria de massa com aceleradores ^{14}C) e técnicas de análise elementares como fluorescência de raio X, espectrometria de emissão atômica, ativação neutrônica e técnicas baseadas em feixes iônicos como Emissão Induzida de Radiação X por partículas (PIXE Particle Induced X-Ray Emission) e Emissão Induzida de Radiação gama por partículas (PIGE - Particle Induced γ -Ray Emission) e Espalhamento Rutherford em ângulos traseiros (RBS Rutherford Back-Scattering).

(*) rizzutto@if.usp.br. Instituto de Física - Universidade de São Paulo.

Dentre as várias metodologias empregadas para o estudo de objetos arqueológicos e de arte, as que mais se destacam são as não destrutivas, como a Fluorescência de Raios X (EDXRF Energy Dispersive X-Ray Fluorescence), PIXE e PIGE, sendo que estas duas últimas técnicas utilizam os feixes iônicos provenientes de aceleradores nucleares. Encontramos vários trabalhos na literatura internacional com estas metodologias para a caracterização de pigmentos nos vários tipos de objetos [12], estudos de proveniência de cerâmicas [13] e outros materiais, a análise de autenticidade [14] até questões relativas à conservação de objetos [15], ou outros trabalhos [16]. Como a variedade de técnicas e metodologias empregadas neste campo de arte e arqueologia é bastante ampla, envolvendo várias áreas do conhecimento e tipos diferentes de aplicações, fica evidente a necessidade de uma interação mais ampla entre os pesquisadores e a comunidade de restauradores, conservadores, historiadores e profissionais envolvidos na área de arte e arqueologia e preservação do patrimônio cultural.

No caso de metais, o ouro, o ferro e o cobre já eram utilizados pelas civilizações ancestrais e é, até hoje, um elemento muito utilizado na confecção de peças metálicas. As ligas metálicas também possuem um papel muito importante no avanço tecnológico da humanidade. A identificação dos elementos metálicos presentes nas amostras permite identificar o grau de mistura e pureza dos metais na confecção das obras, bem como pode fornecer informações sobre os processos de fabricação das peças.

Cerâmicas arqueológicas representam rico patrimônio cultural tanto do ponto de vista sociocultural como de informações arqueológicas. Os estilos cerâmicos variam de comunidade para comunidade e contêm grandes informações das atividades sociais bem como da posição social destas. A caracterização multielementar das peças permite a classificação das cerâmicas e também correlacioná-las com os grupos produtores. O entendimento e a caracterização destes objetos permitem também investigar padrões culturais e deste modo contribuir para os estudos arqueológicos e etnológicos

As pinturas de cavaletes são obras de arte que revelam características artísticas dos pintores. O estudo e caracterização de pigmentos utilizados pelos diferentes artistas permitem a construção de um banco de dados sobre pigmentos e técnicas

dos pintores, buscando determinar os elementos principais e os elementos traços que caracterizam os pigmentos das obras analisadas.

Técnicas com feixes iônicos

Na interação do feixe de íons de energia de MeV (Milhões de elétrons-Volts, $1\text{MeV} = 1,6 \times 10^{-13}\text{J}$) com a matéria vários processos podem acontecer desde a transmissão do feixe pela amostra caso esta seja fina até emissão de elétrons secundários, núcleos do alvo em recuo, o próprio íon retroespalhado e a emissão de radiação eletromagnética como luz, radiação X ou gama (γ). A figura 1 mostra um desenho esquemático das diferentes interações produzidas quando um feixe iônico interage com um material.

É de particular interesse as radiações eletromagnéticas X (PIXE) e gama (PIGE), pois permitem a identificação dos componentes principais e secundários presentes nas amostras e são técnicas comumente empregadas na caracterização de materiais realizadas no LAMFI.

O método PIXE [17-19] destaca-se pela sua alta sensibilidade e especificidade e é um método físico de análise quantitativa multielementar, não destrutivo e de alta sensibilidade. Este método consiste em irradiar por feixe de íons leves (H^+ He^+ etc) a amostra a ser analisada, visando à emissão do espectro de raios X característicos, cuja detecção é feita com detector de Si(Li). O método é limitado pela absorção na janela do detector, detectando e quantificando elementos com $Z > 10$, sendo mais sensível na faixa $20 < Z < 40$ e $Z > 70$, onde pode atingir limite de detecção da ordem de ppm (10^{-6}g/g).

O método PIXE baseia-se essencialmente na espectroscopia de raios X em que o feixe de íons incidente é usado para ionizar camadas eletrônicas internas (K ou L) dos átomos na amostra induzindo a emissão de raios X característicos do elemento irradiado (figura 2). Esta interação resulta na criação de pelo menos uma vacância na camada eletrônica interna do átomo alvo, ficando este em estado excitado. Quando as vacâncias resultantes são preenchidas espontaneamente por elétrons mais periféricos ocorre a emissão de raios X característicos.

Em particular, a técnica PIXE é adequada para o exame pigmentos de pinturas devido ao baixo nível de fundo (“background”) produzido pelos componentes orgânicos presentes na tela,

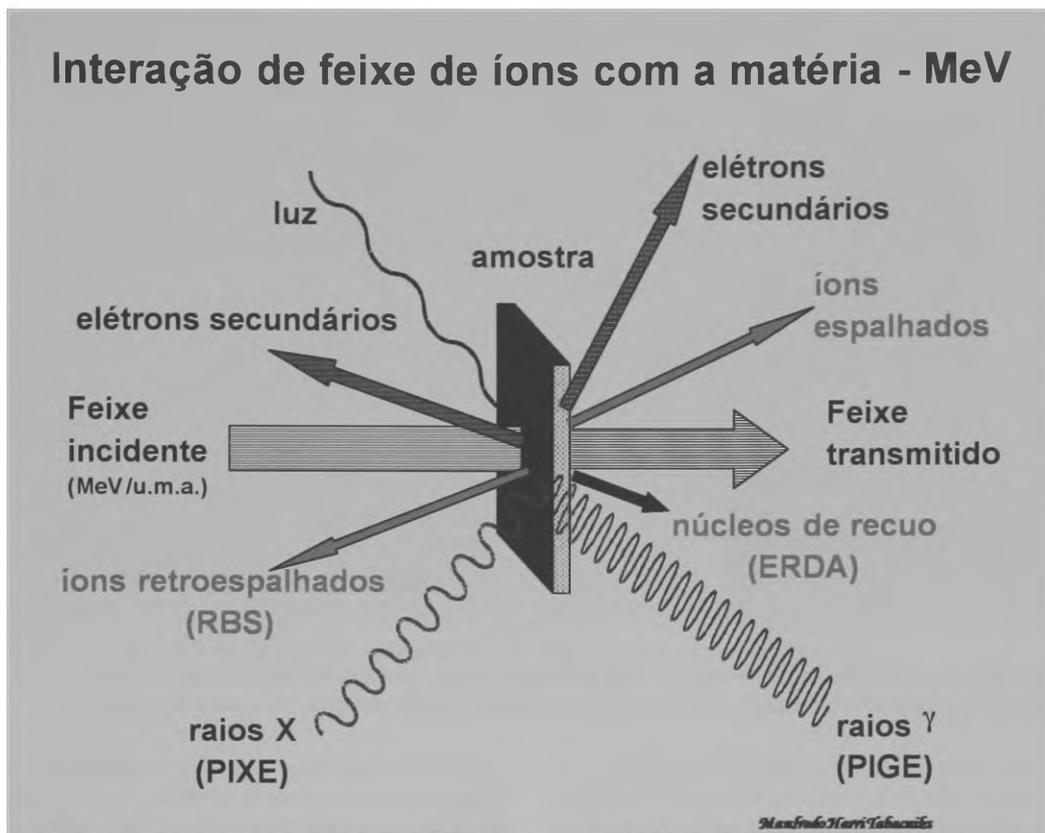


Fig.1. Desenho esquemático dos possíveis processos de interação de feixes iônicos com a matéria.

chassi, cola, vernizes etc. Assim, elementos de pigmentos depositados nas camadas pictóricas podem ser identificados por esta técnica. Além disso, ela pode fornecer os elementos químicos presentes na tinta utilizada, a qual é um dado importante para a identificação de época ou autoria da pintura desde que existam informações na literatura.

O método PIGE é outra técnica de análise elementar de materiais, baseada na espectroscopia de raios gama. A produção de raios γ [20] se dá através da interação de um feixe de íons (prótons, por exemplo) que excita os núcleos dos átomos do alvo através de reações nucleares. O núcleo residual excitado emite raios γ característicos ao se desexcitar, permitindo a identificação do núcleo inicial da amostra (figura 3).

Esta técnica é bastante eficiente para elementos leves como Li, B, F, Na, Mg, Al, Si, P, pois estes elementos possuem um espectro de decaimento simples, facilitando a sua identificação.

Uma das vantagens do método PIGE sobre o método PIXE é o fato que os raios gama de alta energia sofrem baixa absorção ao passarem através do ar e nas janelas dos detectores que é um fator limitante na técnica PIXE.

As técnicas nucleares como PIXE e PIGE levam grandes vantagens sobre as técnicas de

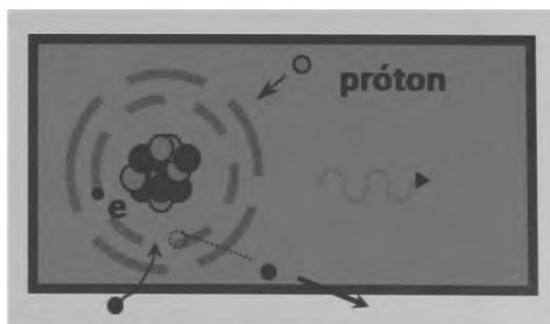


Fig. 2a. Desenho esquemático do método PIXE mostrando a ionização das camadas internas do átomo.

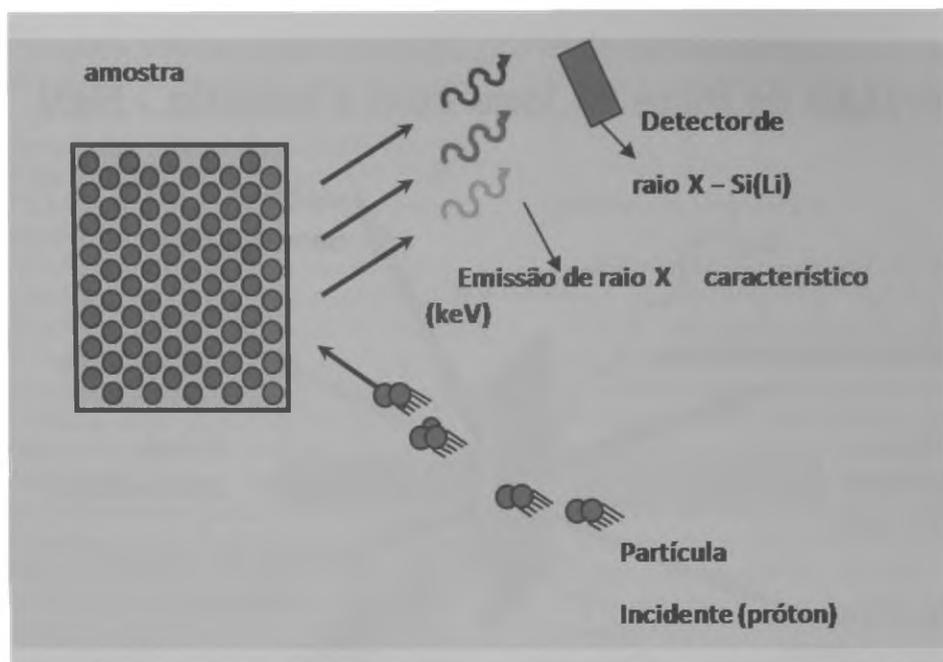


Fig. 2b. Desenho esquemático do método PIXE mostrando a interação do feixe de partículas com uma amostra e as respectivas emissões de radiação X característica de cada elemento presente na amostra.

análises químicas, principalmente, por serem técnicas não destrutivas e pelo tempo de obtenção de dados, da ordem de alguns minutos. As medidas podem ser absolutas em átomos/cm² e possuem alta sensibilidade, conseguindo níveis de concentrações da ordem de ppm (parte por milhão).

O Laboratório LAMFI

O Laboratório de Análise de Materiais por feixes iônicos (LAMFI - www.if.usp.br/lamfi/) possui um acelerador eletrostático e duas estações de análise, projetadas especificamente para análise de materiais por feixes iônicos. Na atual

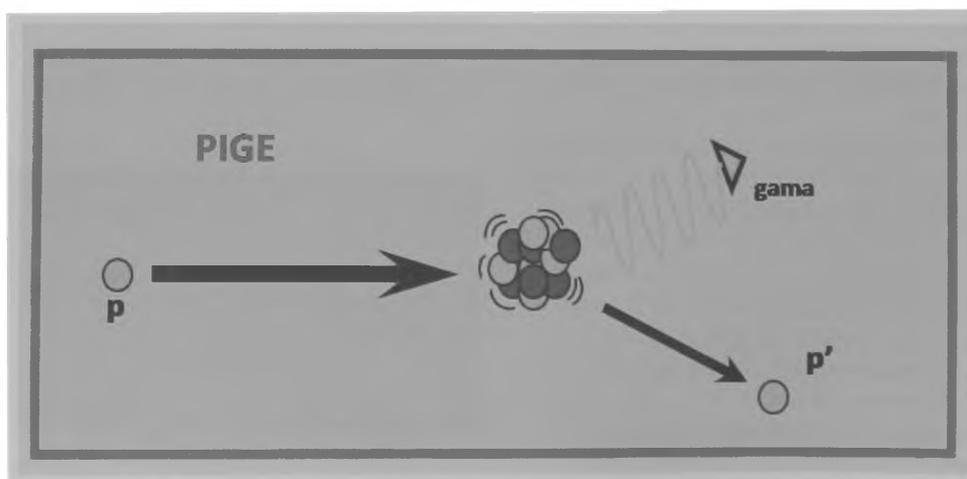


Fig. 3a. Desenho esquemático do método PIGE mostrando a emissão de radiação gama pelo núcleo atômico.

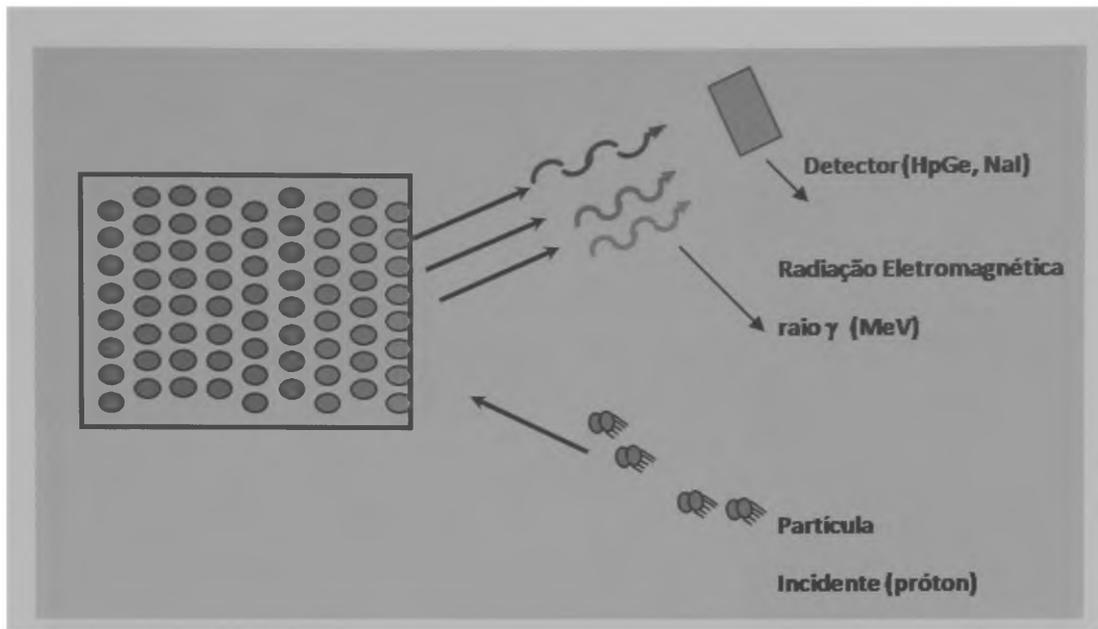


Fig.3b. Desenho esquemático do método PIGE mostrando a interação do feixe de partículas com uma amostra e as respectivas emissões de radiação γ característica de cada elemento presente na amostra.

configuração, o acelerador pode fornecer feixes de prótons e partículas alfa respectivamente com energias entre 0,6 e 3,4 MeV, e 0,6 e 5,1 MeV. As técnicas analíticas disponíveis são o espalhamento Rutherford em ângulos traseiros (RBS), PIXE e PIGE.

Para as aplicações na área de arte e arqueologia o laboratório possui um arranjo de feixe externo onde, nesta montagem, o feixe termina em uma janela fina de Kapton de alguns microns e o feixe de íons é extraído para a atmosfera, fazendo com que o feixe atravesse uma faixa de ar antes de atingir o material que será analisado. O feixe de prótons (^1H) de 2,4 MeV ao atravessar a janela de Kapton e alguns milímetros de ar perde energia e alcança a amostra com energias inferiores ao valor presente no vácuo. A figura 4 mostra um diagrama esquemático do arranjo experimental.

As vantagens do uso do arranjo de feixe externo estão nas medidas imediatas, pois não há necessidade de preparação das amostras, bem como de medidas de objetos de diferentes tamanhos e formas e de fácil manuseio para análise. Nestas medidas, por serem realizadas em ar, não há problemas de ressecar a amostra e há a possibilidade de medidas de pequenas áreas da ordem de 3-4 mm²

O uso do feixe externo de íons acoplado as técnicas PIXE e PIGE permitira uma identificação completa de elementos presentes nas obras de arte. Estas técnicas nucleares levam grandes vantagens sobre as técnicas de análises químicas, principalmente, por serem técnicas não destrutivas, por utilizarem pouco material para análise e pelo tempo de obtenção de dados, da ordem de alguns minutos para irradiação.

O uso do arranjo de feixe externo tem sido utilizado em diferentes aplicações entre elas podemos citar a análise de materiais de corrosão de estatueta metálica da coleção africana do MAE-USP (Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo) [21-22], que visavam a estabelecer novos padrões para a restauração e conservação das coleções metálicas do museu, surgindo a necessidade de um trabalho sistemático de caracterização dos elementos principais das peças e qual o seu estado de conservação. O trabalho também envolveu a análise de peças metálicas da coleção pré-colombiana visando à identificação dos elementos-traço associados aos produtos de corrosão, bem como determinar os elementos principais das amostras para uma possível correlação com a sua procedência. A identificação dos elementos responsáveis pela corrosão presente nas amostras possibilita aos

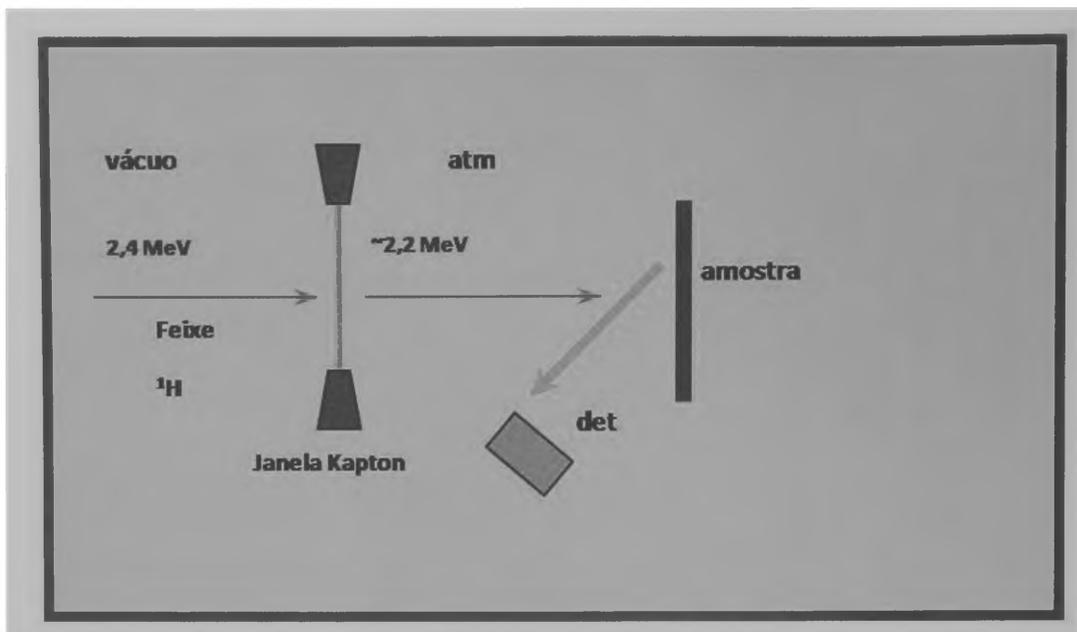


Fig. 4. Desenho esquemático do arranjo de feixe externo. O feixe de 2,4 MeV prótons ao atravessar a janela de Kapton de 8,5 μ m e ~10mm de ar o feixe perde energia e atinge a amostra com 2,2MeV.

restauradores o melhor procedimento para a conservação e restauração das peças em estudo.

A figura 5 mostra em detalhes o arranjo experimental de feixe externo, bem como este sendo utilizado na análise de materiais de corrosão de peças metálicas africanas do Museu de Arqueologia e Etnologia da USP (MAE) [21].

O arranjo experimental de feixe externo do LAMFI foi também utilizado para obter a composição de elementos químicos de uma

pintura de cavalete do início do século passado [23] conforme figura 6.

Em uma análise qualitativa deste quadro foi possível identificar a presença de Pb, Fe, Ca, Ti, Cr, Cu e Zn com intensidades relativas diferentes para várias cores da pintura. Nos espectros PIXE da figura 7 as medidas feitas em tons de azul mostrou que estas são compostas por elementos como Ca, Ti (menor concentração), Fe, Zn e Pb (grande concentração). Com as variações de tons

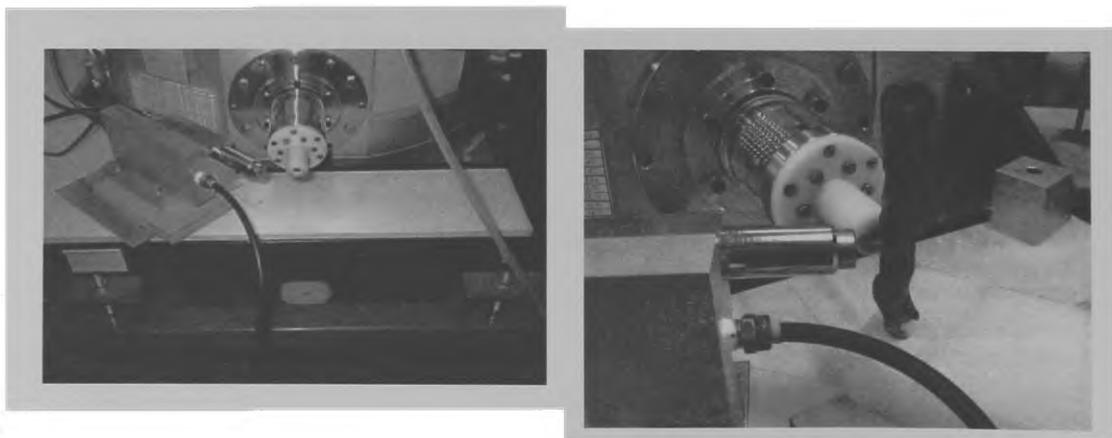


Fig. 5. Esquerda: fotografia do arranjo de feixe externo com o detector SI-PIN de raios X. Direita: arranjo de feixe externo em uma análise de uma estatueta africana.



Fig. 6. Esquerda: disposição do arranjo experimental do feixe externo utilizado para medida de uma pintura do início do século XX. Direita: pintura a óleo sobre madeira. 30cm x 70cm, pintor brasileiro.

é possível observar que o tom azul-claro, obtido na pintura, possui um pico de Pb maior do que no caso dos dois outros tons e revela, então, que a mistura feita pelo autor deve ter sido feita com o pigmento branco de Pb, que é bastante intenso neste espectro. Outro elemento observado foi o ferro, que mostra maior concentração nos pigmentos de tons de marrons utilizados pelo autor.

O pigmento branco de chumbo é utilizado desde a antiguidade. Em 1850 surgiu o branco de zinco e, posteriormente, em torno de 1920, surgiu o branco de titânio [24]. Assim a identificação de um destes elementos presentes no pigmento branco permite localizar uma obra em uma determinada época.

O azul-ultramarino (Lápis Lazuli) é um composto formado por Na, Ca, silicato de alumínio $(\text{AlSiO}_4)_6$, e está associado ainda ao SO_4 , S ou Cl, que é na realidade um complexo de enxofre contendo silicato de alumínio e sódio. Este pigmento era usado por artistas desde o século XIV até XVI e a sua origem é de Badakshan no hoje Afeganistão. A Azurita, que é um carbonato básico de cobre, é conhecida desde os egípcios e utilizada até o último quarto do século XIX $(2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2)$. Em nossa análise não se observa o Cu e sim a presença de Fe, sugerindo, deste modo, que o azul utilizado pelo autor não é azurita e talvez sim o azul da Prússia $(\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3)$ usado depois de 1704 [24].

Como nesta obra analisada há predominância de Pb, principalmente para produzir tons mais



claros, isto indica que o branco utilizado pelo autor é o branco de chumbo. Em princípio não se pode obter alguma conclusão acerca da época da obra porque esse pigmento ainda se encontra disponível até hoje, embora seja pouco usado devido a sua toxidez.

Outro trabalho também realizado com este arranjo de feixe externo foi a caracterização de elementos químicos presentes na palheta de pintura do artista brasileiro Almeida Júnior (1850-1889), material este pertencente à coleção da Pinacoteca do Estado de São Paulo [25,26]. O interesse deste trabalho é caracterizar algumas obras de pintores brasileiros buscando elementos principais e elementos traço que caracterizam os pigmentos utilizados pelos artistas brasileiros.

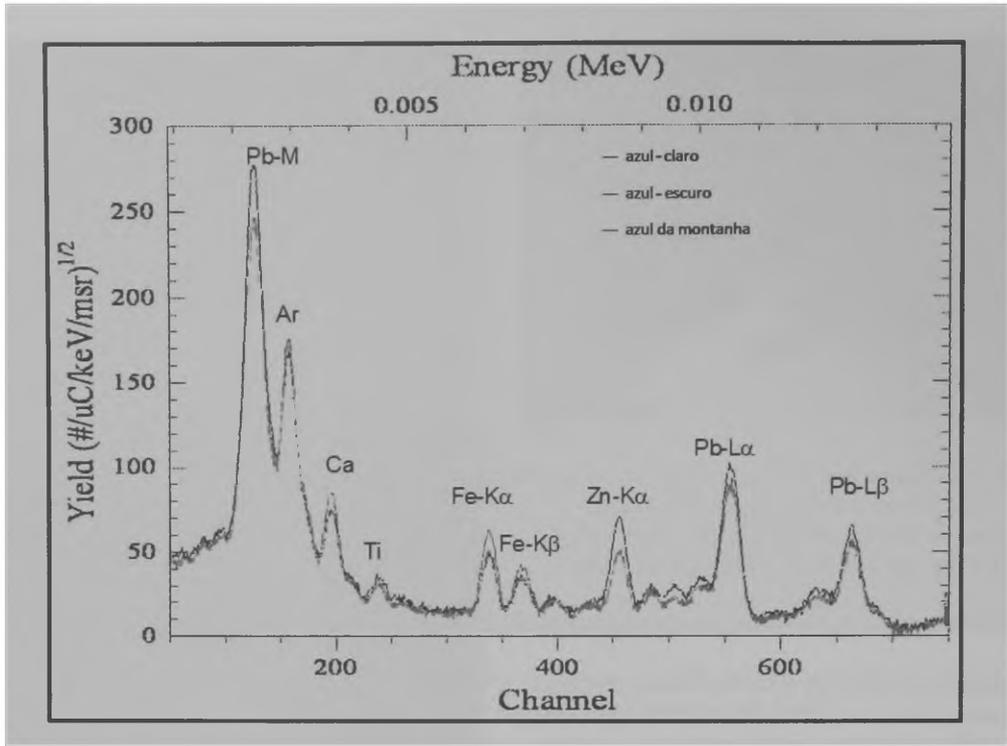


Fig. 7. Espectro PIXE de diferentes tons e pigmentos azuis medidos na pintura a óleo.

Na figura 8 temos a paleta do artista Almeida Júnior analisada pela técnica PIXE. Os pontos amarelos na figura 8, da esquerda, referem-se aos pontos medidos com a técnica PIXE. Os espectros PIXE característicos de medidas em duas posições na paleta são apresentados na figura 9.

Nos espectros PIXE da figura 9 temos elementos característicos do pigmento vermelho,

como Hg, Fe, Zn, Ca e S. Já o pigmento branco é composto, principalmente, pelo Pb (branco de Pb). Nestes espectros também temos elementos característicos dos tubos de tintas utilizados por este autor que foram também irradiados durante o experimento, neste caso elementos como Ti, Cr e Cu.

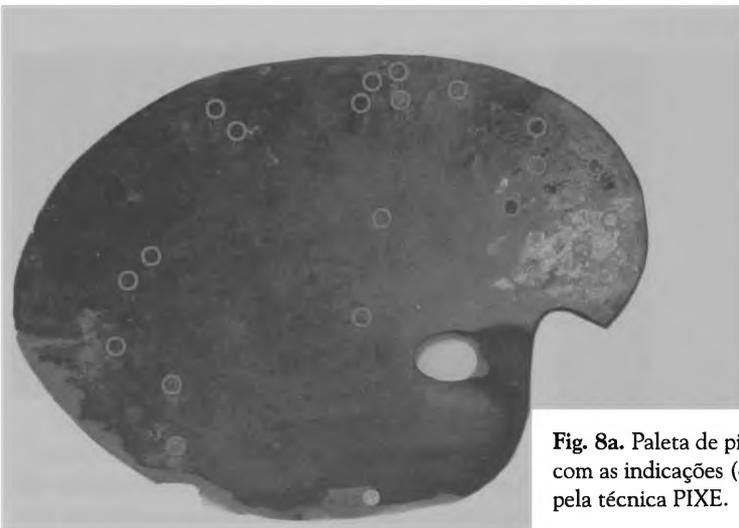


Fig. 8a. Paleta de pintura do artista Almeida Júnior com as indicações (em amarelo) dos pontos medidos pela técnica PIXE.



Fig. 8b. Disposição do arranjo experimental do feixe externo utilizado para medida desta palheta.

Fig. 9a. Paleta de pintura do artista Almeida Júnior.

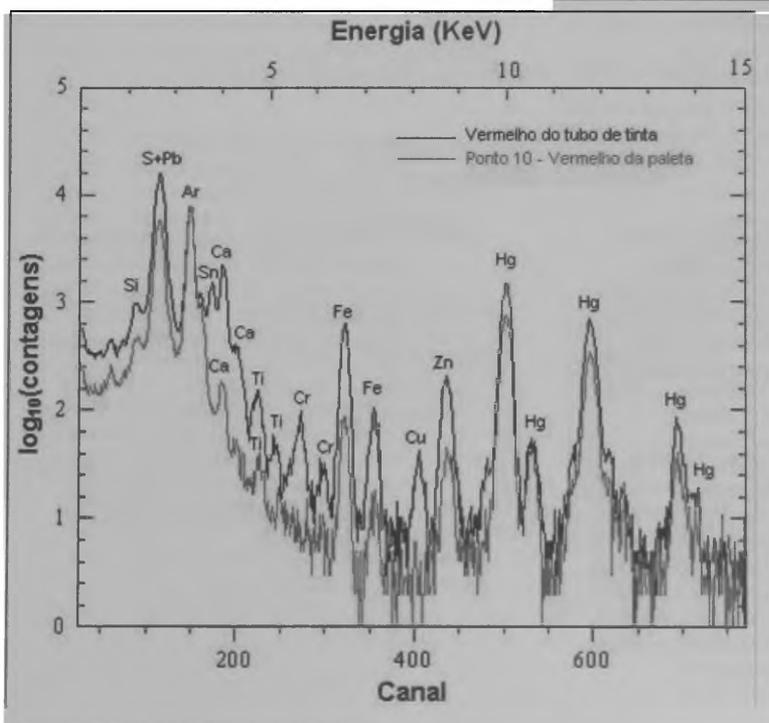


Fig. 9b. Espectros PIXE obtidos nas posições de pigmento vermelho (acima) e pigmento branco (abaixo) em comparação com o tubo de tinta utilizado pelo pintor.

Agradecimentos

MAR gostaria de agradecer a S. C. Lima (MAE- USP) e V. Mendonça (Pinacoteca-SP) pelas valiosas colaborações, M.D.L.Barbosa e M.R.Antonio pelas medidas no LAMFL.

RIZZUTTO, M. A.; ADDED, N.; TABACNIKS, M. H.; CURADO, J. F.; PASCHOLATI, P. R. Métodos analíticos não destrutivos para análise de obras de arte. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*, São Paulo, Suplemento 800: 177-188, 2009.

Abstract: The characterizations of art and/or archaeological objects with non destructive elementary analytical methods with ionic beams explore the identification of the chemical elements presents in the samples using nuclear and atomic techniques. The chemical and physics methods are in the interface between pure science and direct application, in the characterization of the cultural heritage objects. They are also an interdisciplinary area which needs one strong interaction between specialists and increase each day. International researchers frequently use these physics and chemicals methods, principally the non-destructive ones, to analyze archaeological, art and cultural heritage objects and all these techniques were established some years ago. In Latin America the use of these techniques is relatively recently and was initialized in the 90 decade [1-11].

The atomic-nuclear techniques can be used on different applications as for example the characterization of the introduced modification in the morphology and the elementary composition in the metal due to the corrosion process as effect of the environmental exposition. As well as the pictures analysis thought the identification of the elements presents in the different multilayer pigments. The application of these techniques in ceramics analyses allows the identification of trace elements that can be contribute to identify the material origin used to fabricate this art object plus the elements in the pigments present on the ceramics.

Keywords: Non destructive analyses – PIXE – Art objects – Elemental composition.

Referências bibliográficas

- | | | | |
|------|--|------|--|
| 1997 | Análises Físicas e Químicas no Estudo de Material Arqueológico. <i>Simpósio Internacional</i> . Universidade de São Paulo, São Paulo, SP Outubro, 1996 Trabalhos completos publicados na Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia da USP, Suplemento 2. | 1998 | Workshop <i>Design e Uso de Espectrômetro de Energia Dispersiva (Fluorescência Por Raios X) para Análise de Materiais Artísticos</i> . Museu Paulista da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP , Maio de 1998, IPT , São Paulo |
| 1996 | Curso: <i>Métodos de Análises Científicas para Conservação e Restauro</i> . Centro Universitário Maria Antonia, São Paulo, SP , 11 a 18 de novembro de 1996. (40 horas), Prof. Marco Ferreti (ENEA IN ART/ROMA) Organização: Comissão de Patrimônio Cultural (CPC) da USP e Centro Universitário Maria Antonia/USP (CEUMA-USP), São Paulo. | 2002 | I <i>Simpósio de Técnicas Avançadas em Conservação de Bens Culturais</i> . Convento de São Francisco. Pernambuco, 8 a 12 de dezembro de 2002. Olinda http://www.physics.ncsu.edu:8380/courses/pv299sa/olinda/index1.ht |

RIZZO, M., ADDED, N.

2002 *Seminário Especial do Laboratório do Acelerador Linear "Arte & Ciência"* Auditório Sul do IF/USP 19 de Dezembro de 2002 Marcia Rizzo (MRizzo Laboratório de Conservação e Restauração de Bens Culturais) e Prof. Dr. Nemitala Added (IF/USP). São Paulo.

2003 *Workshop Métodos Não Destrutivos Em Arte, História E Arqueologia*. Hotel Carlton, SP, 26 de maio de 2003 Pré-evento da 26ª Reunião Anual da SBQ. Poços de Caldas. <http://www.dlafaria.hpg.ig.com.br>.

2003 *Simpósio Métodos Não Destrutivos De Análise E Patrimônio Histórico-Cultural: "Construindo uma Interfase"* Instituto de Química da USPSP, 28 de maio de 2003. São Paulo. <http://www.dlafaria.hpg.ig.com.br/simposio.htm>.

2004 *"II Simpósio de Técnicas Avançadas de Conservação-Restauração de Bens Culturais - Citecor Belo Horizonte, 1 a 3 de dezembro de 2004 Dentro da programação do I Fórum Brasileiro do Patrimônio Cultural*. Belo Horizonte. <http://www.patrimoniocultural.org/default.asp>.

2005 *Workshop Sobre Métodos Atômico-Nucleares Para Análise não Destrutiva Em Arte, Arqueologia e Conservação*. Instituto de Física da USP, Auditório Abraão de Moraes, SP 6 de junho de 2005. São Paulo. <http://www.dfn.if.usp.br/pesq/faa/workshop/fisicarte.html>.

2006 *III Simpósio de Técnicas Avançadas em Conservação de Bens Culturais*. Academia Santa Gertrudes, PE 14 a 18 de março de 2006. Olinda. <http://www.patrimoniocultural.org/>

2007 *Iº Simpósio Latino-Americano sobre Métodos Físicos e Químicos em Arqueologia, Arte e Conservação do Patrimônio Cultural*, MASP, SP, 11 a 16 de junho de 2007. São Paulo. <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/extras/lasmac/>

FERRERO, J. L ET AL.

1999 *X-Ray Fluorescence Analysis of Yellow Pigments in Altarpieces by Valencian Artists of the XV and XVI Centuries*, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A422* (1999) 868-873.

LABRECQUE, J.J. ET AL.

1998 *A simple radioisotope X-ray fluorescence method for provenance studies of archaeological ceramics employing principal components analysis*. *Spectrochimica Acta Part B53* (1998) 95-100.

KLOCKENKAMPER, R. ET AL.

1990 *Genuine and counterfeit German Reichsgoldmünzen*. *Spectrochimica Acta, B45* (1990) 1043-1050.

SCOTT, D.A.; DODD, L. S.

2002 *Examination, conservation and analysis of a gilded Egyptian bronze Osiris*. *Journal of Cultural Heritage*, 3: 333-345.

2000 *Modern Analytical Methods in Art and Archaeology*, Enrico Ciliberto and Giuseppe Spoto – Editors. Wiley-Interscience.

JOHANSSON, S. A. E.; CAMPBELL, J. L.

1988 *PIXE, A Novel Technique for Elemental Analysis*. John Wiley and Sons.

TABACNIKS, M. H.

1983 *Calibração do Sistema PIXE-SP de Análise Elementar* Tese de Mestrado. Instituto de Física, Universidade de São Paulo. São Paulo.

FOLKMANN, F.; GAARDE, C.; HUUS, T.; KEMPK.

1974 *Proton Induced X-Ray Emission as a Tool for Trace Element Analysis*. *Nuclear Instruments and Methods*, 116 487-499.

OLABANJI, S.O.; CHERUBINI, R.; FAZINIC, S.; MOSCHINI, G.; ZAFIROPOULOS, D.

1991 *PIGE analysis of Esie museum soapstone sculptures*. *Nuclear Instruments and Methods*, B56/57 : 726-729.

RIZZUTTO, M.A.; TABACKNIKS, M.H.; ADDED, N., BARBOSA, M.D.L.; CURADO, J.F.; SANTOS JR.; LIMA, W.A.S.C.; MELO, H.G.; NEIVA, A.C.

2005 *The External Beam Facility Used to Characterize Corrosion Products in Metallic Statuettes*. *Nuclear Instruments and Methods*, B240:549-553.

RIZZUTTO, M.A.; TABACKNIKS, M.H.; ADDED, N., BARBOSA, M.D.L.; SANTOS JR.; LIMA, W.A.S.C.; MELO, H.G.; NEIVA, A.C.

2005 *Analysis of corrosion products in some metallic statuettes of the Museum of Archaeology and Ethnology (MAE-USP)*. *Proceedings of the 2005 International Nuclear Atlantic Conference - INAC 2005*, SP, Brazil, Santos Associação Brasileira de Energia Nuclear – ABEN.

PASCHOLATI, P. R., RIZZUTTO, M. A., BARBOSA, M.D.L.C., ALBUQUERQUE AND NEVES, G.

2005 *External Beam Analysis of Painting*. *International Nuclear Atlantic Conference*, SP, Brasil, setembro de 2005. Santos.

SCHRAMM, H.P E HERING,B.

2000 *Historische Malmaterialien und ihre Identifizierung*, Enke, Stuttgart.

MENDONÇA,V.;PASCHOLATI,P.R.

2007 Trajetória e o Restauro da Obra de Nhá Chica, in A.P Nascimento (org.), Almeida Júnior um Criador de Imaginários, *Catálogo da Exposição Pinacoteca do Estado de São Paulo*: 278-280.

MOLEIRO,G.F.;PASCHOLATI,PR.;RIZZUTTO,M.A., NEVES, G.;TABACNIKS, M.H.; DIAS,F.A., BARBOSA; M.D.L.;MENDONÇA. V. “

2007 Material de Almeida Júnior Analisado pela Técnica PIXE - *1º Simpósio Latino-Americano sobre Métodos Físicos e Químicos em Arqueologia, Arte e Conservação do Patrimônio Cultural*, MASP, SP, junho de 2007. São Paulo.

Recebido para publicação em setembro de 2007.