

ARQUEOMETRIA: ESTUDO E APRENDIZADO DE MÉTODOS FÍSICOS PARA ANÁLISE DE OBJETOS DE ARTE E ARQUEOLÓGICO¹

Mário Rodrigues de Oliveira Filho¹, Márcia de Almeida Rizzutto (orientadora)²

¹Instituto de Física, Universidade de São Paulo, mario.rodrigues.filho@usp.br

²Instituto de Física, Universidade de São Paulo, rizzutto@if.usp.br

INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo identificar e quantificar a concentração de elementos químicos presentes nos pigmentos usados em uma tela padrão, particularmente pintura com pigmentos modernos preparados pela conservadora e restauradora Márcia Rizzo. Utilizou-se a técnica não destrutiva PIXE (Particle Induced X-Ray Emission) no LAMFI-USP (Laboratório de Análises de Materiais por Feixes Iônicos).

Análise PIXE

PIXE é uma técnica não destrutiva que permite identificar os elementos químicos presentes nas amostras através da detecção de raios-X característicos emitidos pela amostra. A excitação dos raios-X foi feita por um feixe de prótons produzido no acelerador do LAMFI (Laboratório de Análise de Materiais por feixes Iônicos), do Instituto de Física da USP. No arranjo PIXE utiliza-se um feixe de prótons 2,4 MeV, que após passar por uma janela de Kapton de 7,5 μm e uma folha de ouro (Au) com $\sim 100\mu\text{g}/\text{cm}^2$ e uma coluna de ar de cerca de 18 mm, atinge as amostras no ar com energia de $\sim 2,2$ MeV. A folha de Kapton utilizada permite extrair o feixe do vácuo para o ambiente de ar, já a folha de Au é utilizada como medidor de carga de feixe indireta conforme desenho esquemático na figura 1.

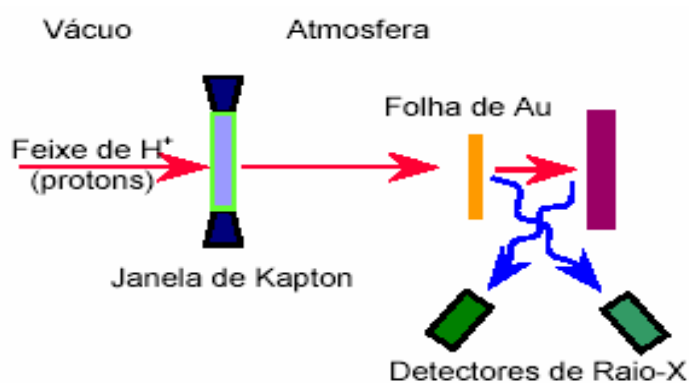


Figura 1. Desenho esquemático do arranjo do feixe externo.

A Figura 2 mostra uma fotografia da obra preparada pela restauradora M. Rizzo que possui os pigmentos modernos preparados em uma tela convencional.

As medidas PIXE realizadas nesta obra são mostradas na figura 3 onde temos uma foto do quadro sendo analisado no arranjo experimental externo. Nestas imagens são mostrados os dois detectores de raios X posicionados: um para a análise da amostra (medida dos raios X emitidos pelos elementos presentes na amostra) e outro para a

análise da folha de Au (medida do raio-X de Au utilizado para normalização da carga do feixe).



Figura 2. Pintura de cavalete analisada com pigmentos modernos.



Figura 3. Amostras de pigmentos analisados no arranjo de feixe externo do LAMFI.

Calibração

Para a calibração de carga do arranjo experimental (quantidade de prótons que chegam em um determinado intervalo de tempo na amostra) utilizamos inicialmente a substituição da amostra por um copo de Faraday. Este é um copo metálico, condutivo, projetado para capturar partículas carregadas. A folha de ouro é utilizada para produzir raios X de Au e deste modo correlacionar a quantidade de fótons de Au produzidos com a quantidade de carga medida com o copo de Faraday. A figura 4 mostra a relação entre a carga Q obtida no copo de Faraday e a área do pico de ouro.

Dados e função ajustada

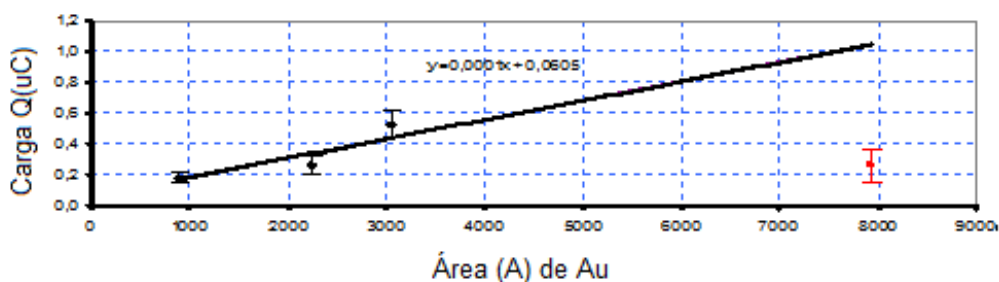


Figura 4. Amostras de pigmentos analisados no arranjo de feixe externo.

Análise de Espectros

A análise dos espectros PIXE fornece a quantidade de raios X produzidos (área) para cada elemento presente na amostra conforme a figura 5. Com a análise dos espectros obtidos pelo programa WinAxil é possível determinar a área dos elementos químicos nos diferentes espectros de cada amostra medida. Neste espectro analisado pode se perceber o pico de argônio (Ar) presente devido a amostra ser analisada em ar e também observa-se o pico de cálcio (Ca) devido a contaminação na preparação do padrão.

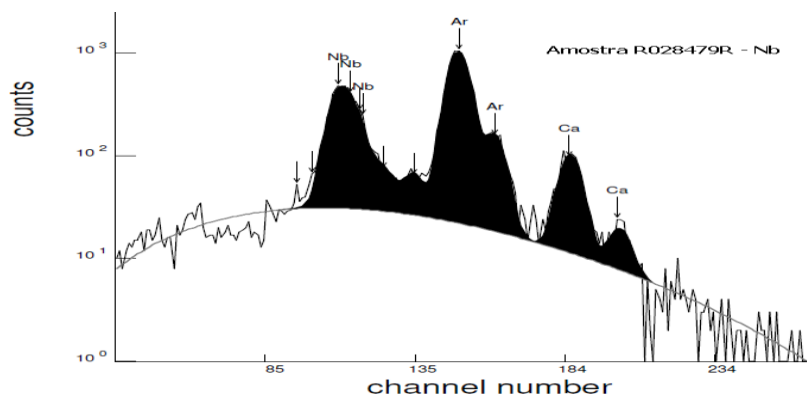


Figura 5. Espectro analisado pelo software WinAxil para uma amostra padrão de Nb.

Através da razão entre a área (A) determinada em amostras padrões de calibração e a concentração do elemento químico [Z] presente conhecida nestes padrões e também a carga do feixe (Q) de partículas em determinado intervalo de tempo permite calcular a rendimento do arranjo experimental:

$$(1) R_z = \frac{A_z}{[Z]Q} \text{ ---}$$

Na figura 6 temos um exemplo de uma curva de rendimento simulada para as linhas K α e L α dos diferentes elementos químicos.

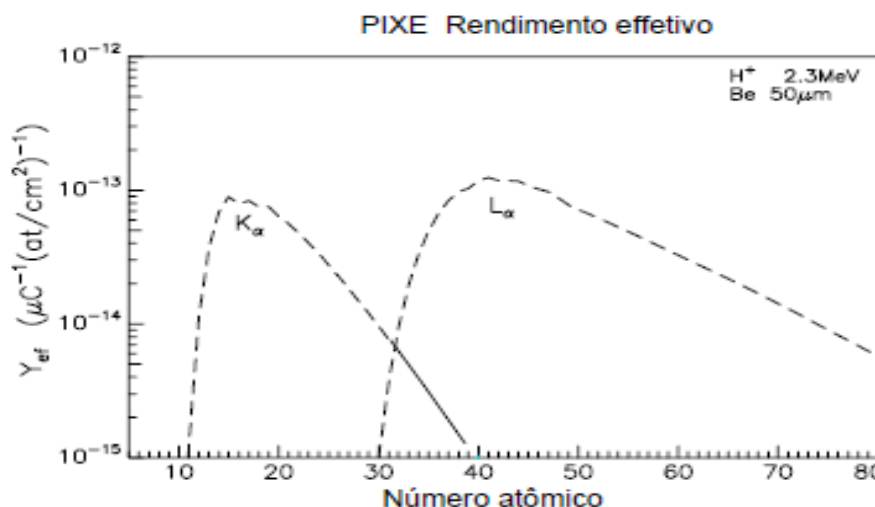


Figura 6. Curva de rendimento simulada para um feixe de prótons de 2.3 MeV e detectores de Si (Li) com janela de Be de 50mm.

Conclusão

A partir do cálculo do valor do rendimento experimental (equação 1) pode-se obter a curva de rendimento e deste modo quantificar a concentração de qualquer elemento químico identificado no pigmento.

Referências

DIAS, F.A., MOLEIRO, G.F., PASCHOLATI, P.R., RIZZUTTO, M.A., TABACNIKS, M.H., BARBO SA. Potencialidades do método PIXE na análise não destrutiva de pinturas de cavalete. **1º Simpósio Latino Americano sobre Métodos Físicos e Químicos em Arqueologia, Arte, e Conservação do Patrimônio Cultural**, São Paulo, p.65, junho, 2007.

RIZZUTTO, M.A., CURADO, J.F., ADDED, N., TABACNICKS, M.H., PASCHOLATI, P.R., LIMA, S.C. Análises não destrutivas em obras de arte com técnicas nucleares. **1º Simpósio Latino Americano sobre Métodos Físicos e Químicos em Arqueologia, Arte, e Conservação do Patrimônio Cultural**, São Paulo, p.65, junho, 2007.

WinQXas Program, International Atomic Energy Agency, A.I.E.A.

Agradecimentos

M. Rizzo pela preparação do quadro analisado.

Pró-Reitoria de Graduação da USP pela Bolsa Ensinar com Pesquisa.

ⁱ Projeto desenvolvido no âmbito do Programa Ensinar com Pesquisa, da Pró-Reitoria de Graduação da Universidade de São Paulo. Trabalho apresentado em 5 de outubro de 2011 no Instituto de Física da USP.