

# INTERDISCIPLINARIDADE E PRESERVAÇÃO: A CARACTERIZAÇÃO MICROANALÍTICA DOS ORNATOS E DA ESCULTURA DA ÁGUIA DA COBERTURA DE COBRE DO THEATRO MUNICIPAL DO RIO DE JANEIRO

**Guadalupe do Nascimento Campos<sup>1\*</sup>**

Museu de Astronomia e Ciências Afins

**Marcus Granato<sup>2\*\*</sup>**

Museu de Astronomia e Ciências Afins

**Otávio da Fonseca Martins Gomes<sup>3\*\*\*</sup>**

Centro de Tecnologia Mineral

## RESUMO:

O Theatro Municipal do Rio de Janeiro foi inaugurado em 1909. A construção inclui muitos elementos metálicos, com destaque para uma escultura monumental de Águia que encima o prédio em sua fachada frontal. A partir de 2008, foi iniciado o processo de restauração da edificação, finalizado em 2010. Nesse âmbito, foi realizada uma pesquisa interdisciplinar, para caracterização microanalítica dos ornatos originais da cobertura e da escultura da Águia. O objetivo foi identificar os materiais e as técnicas empregadas em sua confecção e avaliar o estado de conservação.

## ABSTRACT:

The Municipal Theatre of Rio de Janeiro was inaugurated in 1909. A monumental eagle sculpture stands out above the building on its frontal facade. From 2008 on, a restoration and modernization works were performed in the whole historical monument ended in 2010. A multidisciplinary study constituted by materials characterization was carried out in order to characterize the original ornaments on the roof and the eagle sculpture. The characterization contributes to reconstitute technical aspects of the construction and to reproduce them in the restoration work. Besides, it can be useful for conservation purposes.

## PALAVRAS-CHAVES:

Arqueometria, Caracterização microanalítica, Cobre.

## KEY-WORDS:

Archaeometry, Characterization, Copper.

<sup>1\*</sup> Museóloga, Arqueóloga, D.Sc. em Ciência dos Materiais e Engenharia Metalúrgica pela PUC-Rio. Pesquisadora colaboradora do Museu de Astronomia e Ciências Afins, onde desenvolve estudos de pós-doutoramento.

<sup>2\*\*</sup> D.Sc. em Engenharia Metalúrgica e de Materiais (COPPE/UFRJ), pesquisador e Coordenador de Museologia do Museu de Astronomia e Ciências Afins, vice-coordenador e professor do Programa de Pós-Graduação em Museologia e Patrimônio (UNIRIO/MAST). Bolsista de produtividade ID do CNPq.

<sup>3\*\*\*</sup> D.Sc. em Engenharia Metalúrgica e de Materiais (PUC-Rio), tecnólogo do Centro de Tecnologia Mineral e colaborador do Departamento de Engenharia de Materiais da PUC-Rio (Grupo de Microscopia Digital e Análise de Imagem).

No início do século XX, Antonio Pereira Passos assume a prefeitura do Rio de Janeiro e, inspirado nas reformas de Haussmann em Paris, promove uma reforma urbana aos moldes da cidade francesa. Modifica a aparência da cidade realizando a abertura de diversas ruas e alargando outras, além de construir vários monumentos. Nesse período, o Rio de Janeiro perde seu aspecto colonial e recebe novos valores da cultura burguesa; de higiene e conforto, de trabalhar, morar e recrear (CALDAS, 2009).

Nesse contexto, o Theatro Municipal do Rio de Janeiro foi construído a partir de 1905 e inaugurado em 1909 [Figura 1]. O projeto foi elaborado por Francisco Oliveira Passos e Albert Désiré Guilbert, seguindo o modelo da Ópera de Paris, do arquiteto francês Charles Garnier. O Theatro é considerado a síntese do estilo eclético no Brasil.

Na construção foi usada uma diversidade de materiais como mármore, ônix, vitrais, madeira e cerâmica, além de muitos elementos metálicos ferrosos e não ferrosos. O material utilizado na cobertura do Theatro foi o cobre, onde se destaca uma escultura monumental de Águia que encima o prédio em sua fachada frontal.



Figura 1  
Teatro Municipal do Rio de Janeiro, início  
do século XX  
Fonte: Rio (1913, p. 11).

Essa tradição de utilizar coberturas de metal em edifícios não foi muito empregada no Brasil, tornando o Theatro um dos poucos exemplares no Rio de Janeiro desse período. Entre os anos de 2000 a 2007, foram desenvolvidos projetos de restauração e modernização do edifício com o objetivo de comemorar o centenário do Theatro. A partir de 2008, foi iniciado o processo de restauração, finalizado em 2010.

Para colaborar no processo de restauro do edifício, foi realizada uma pesquisa interdisciplinar denominada de “Caracterização Microanalítica dos Ornatos e da Escultura da Águia da Cobertura de Cobre”. Esses elementos metálicos são originais e têm características diferenciadas, de evidente arte-

sania. A caracterização microanalítica foi executada com o objetivo de identificar os materiais dos elementos metálicos, as técnicas empregadas em sua confecção e avaliar o seu estado de conservação. Segundo Viñas (2003, p. 127):

El empleo de instrumentos y técnicas de examen y diagnóstico propios de campos científicos del saber proporciona al restaurador información de la que de otra forma carecería y que en teoría le permite tomar decisiones más fundadas.

No decorrer dos trabalhos, devido ao auxílio dos andaimes que facilitavam o acesso às áreas mais elevadas do Theatro, pode-se constatar a existência de resquícios de douramento em alguns ornatos da cobertura. Através dessa constatação, foi iniciada uma pesquisa nas fontes iconográficas onde se verificou algumas imagens do Theatro contendo áreas com douramento na cúpula, como no exemplo apresentado na Figura 2.



Figura 2  
Planta da fachada principal contendo áreas com douramento na cúpula.  
A Restauração da Cobertura Metálica.  
Fonte: Theatro Municipal do Rio de Janeiro.

A caracterização microestrutural de amostras retiradas da Água e do Lanternim teve o objetivo de identificar a técnica de fabricação e a composição dos materiais usados. Através do exame metalográfico efetuado na área interna do material, o bulk, obteve-se elementos a respeito da sua micro-estrutura e, conseqüentemente, da técnica empregada para a sua fabricação. Isto possibilitou identificar o tipo de conformação mecânica e de tratamento térmico pelos quais o material passou. Esta análise também permitiu a identificação das impurezas. Já as análises realizadas na superfície do material indicaram quais eram os compostos existentes na pátina.

O desenvolvimento desse trabalho contou com equipe multidisciplinar, com profissionais de formação e experiência diversificada, cujas expertises se complementaram e foram determinantes para os resultados obtidos.

A utilização de técnicas microanalíticas nas amostras retiradas da *Águia* e do *Lanternim* do Theatro Municipal do Rio de Janeiro trouxeram importantes informações para a conservação do material, pois, através do conhecimento da composição do material de base e da pátina, o conservador pode estudar a influência dos tratamentos e a sobrevivência do bem cultural, além das interações do material com o ambiente. Esses resultados corroboram a importância da pesquisa interdisciplinar nos projetos de Conservação e Restauro, onde através da inter-relação de conhecimentos das ciências exatas e humanas podem ser obtidos resultados mais completos.

Como descrito por Pinheiro e Granato (2012, p. 29), “a interdisciplinaridade é vislumbrada como uma possível estratégia pedagógica e epistemológica para responder aos diferentes problemas de uma determinada área, cuja resposta ou solução demanda conhecimentos oriundos de diferentes áreas”. Aqui, no caso que será apresentado no corpo desse trabalho, essa noção é plenamente exercitada, pois um problema da área de conservação de bens culturais exigiu conhecimentos de áreas diversas, como a ciência dos materiais, a química, a museologia, a história da arte e a arquitetura. A seguir, as reflexões sobre a interdisciplinaridade na preservação de bens culturais serão mais aprofundadas, antes da apresentação da metodologia de trabalhos, dos resultados e de sua análise.

### **A Preservação de Bens Culturais e a Interdisciplinaridade**

Quando se examina a evolução dos conceitos de preservação, conservação e de restauração na literatura, verifica-se um interesse crescente pelo tema. Simultaneamente, sua natureza tem sido clarificada de forma apreciável, a ponto de hoje ser possível considerar a conservação como uma disciplina baseada em método, quando, inicialmente, constituía-se em profissão de conhecimento empírico. No contexto dessa mudança, as relações que surgem entre dois componentes da preservação moderna - o que é relevante para as ciências humanas e sociais e o que é relevante para as ciências exatas e a tecnologia - merecem atenção especial e já evidenciam aspectos de interdisciplinaridade.

A origem do desenvolvimento da primeira componente (como disciplina histórica) remonta ao início do século XIX. Intervenções realizadas seguindo os princípios de estilo de escolas de arte formalmente reconhecidas eram impensáveis sem essa componente. A segunda componente é mais recente, tendo-se desenvolvido após a Segunda Guerra Mundial. A expansão do papel das pesquisas tecnológicas sobre objetos culturais ampliou a prática da conservação de artesanato tradicional, incorporando diversos procedimentos das ciências exatas.

Um exemplo claro deste fato relaciona-se ao conhecimento dos materiais constituintes dos bens culturais, fator determinante para conhecer os processos de destruição a que podem ser submetidos. A Química, por exemplo, em suas diversas subdivisões (analítica, orgânica, inorgânica, bioquímica, ambiental, etc.), auxilia com metodologias de identificação dos materiais constituintes dos bens culturais. Aqui a interação entre profissionais especializados com o trato do patrimônio cultural e os químicos determina a aproximação adequada aos bens culturais, com a manutenção de seu conteúdo informacional sem dano, e a seleção de procedimentos que sejam, preferen-

cialmente, não destrutivos para sua identificação. A análise dos resultados obtidos nos procedimentos analíticos também será bem efetuada se em conjunto entre profissionais das duas áreas, resultando em maior conteúdo de informação produzido.

Associam-se a essa expertise a Ciência dos Materiais e a Física. Em articulação, Química, Ciência dos Materiais e Física propiciam um conhecimento da matéria constituinte dos bens culturais que possibilita identificar agentes de deterioração e estimar velocidades de degradação, fundamentais para o conhecimento dos processos e para o desenvolvimento de metodologias de preservação para os bens. Além disso, possibilitam a identificação e constituição de produtos que podem ser utilizados na conservação do patrimônio cultural, avaliando suas interações, possíveis danos e possibilidades de remoção sem comprometimento do bem.

Os bens culturais, materiais são afetados pelo ambiente em que são expostos ou acondicionados. Condições ambientais inadequadas são causas sérias de deterioração, muitas vezes agravada pelo fato de que os efeitos permanecem invisíveis por um período longo. Relacionados a esse ponto, interagem para melhor atuação sobre o problema a Química, com grande parte dos procedimentos analíticos que permitem avaliar ambientes onde os bens culturais são protegidos e para o conhecimento do efeito, por exemplo, de líquidos e gases sobre os materiais; a Arquitetura, no sentido de projetar e adaptar espaços que favoreçam a formação de uma determinada condição ambiental; a Engenharia Ambiental, estudando os processos que possibilitem um controle do ambiente e seu monitoramento (sistemas de ventilação, ar condicionado, desumidificação, etc.); e a Biologia, para identificação e controle de espécies biológicas que possam destruir os bens culturais. Todas as interfaces precisam ser trabalhadas em conjunto, de forma que as soluções atendam a todos os aspectos que possam ser levantados em cada uma dessas áreas específicas.

Outra gama de disciplinas está relacionada com as áreas das Humanidades e Artes. Aqui os aspectos são mais subjetivos e abstratos e muito relacionados à atribuição de valores. Podemos destacar a História, a Filosofia, a Antropologia, a Sociologia, a Arqueologia e o Direito. Especificamente em relação às Artes, são essenciais os conhecimentos de História da Arte, Filosofia da Arte, Sociologia da Arte, Antropologia da Arte, entre outros. O fluxo de informação e comunicação em Artes, por sua vez, é rico e complexo e vem desde o artista, àquele que cria, os teóricos - professores e pesquisadores -, até os curadores e críticos de arte, cenógrafos e gestores de museus e galerias, estes últimos afetados diretamente pelo mercado de artes.

A Museologia se insere nas duas vertentes de relação, tanto nas humanas como nas exatas, pois se identifica com o desenvolvimento e uso de procedimentos de preservação em amplo senso (documentação, conservação, restauração, cultura material e pesquisa), assim como com toda a parte humanística relacionada com a atribuição de valores e com a ética da preservação. Até pouco tempo, antes de se constituir em campo de atuação, a preservação de bens culturais esteve diretamente ligada a esse campo do conhecimento.<sup>4</sup> O advento de cursos de graduação em conservação no país, nos últimos anos,

4 O primeiro curso para profissionais para museus, no Brasil, idealizado por Gustavo Barroso no Museu Histórico Nacional, formava conservadores.

traz uma individualização em relação à Museologia que, mesmo assim, não deixa de ter uma imensa relação com o novo campo, já que lida, basicamente, em sua epistemologia com o patrimônio cultural.

Um exemplo da interação aqui mencionada é apresentado neste trabalho, onde técnicas microanalíticas auxiliaram no estudo e conhecimento de um bem cultural que seria restaurado. A seguir, serão apresentados os procedimentos experimentais utilizados, além de resultados e discussão dos mesmos.

## Procedimentos Experimentais

### A. Material

As amostras estudadas no presente trabalho eram metálicas e pertenciam a diferentes regiões do Lanternim da cúpula principal e da escultura da Águia [Figura 3 (a e b)], incluindo amostras de cobre e resíduos de douramento encontrados sobre o cobre.

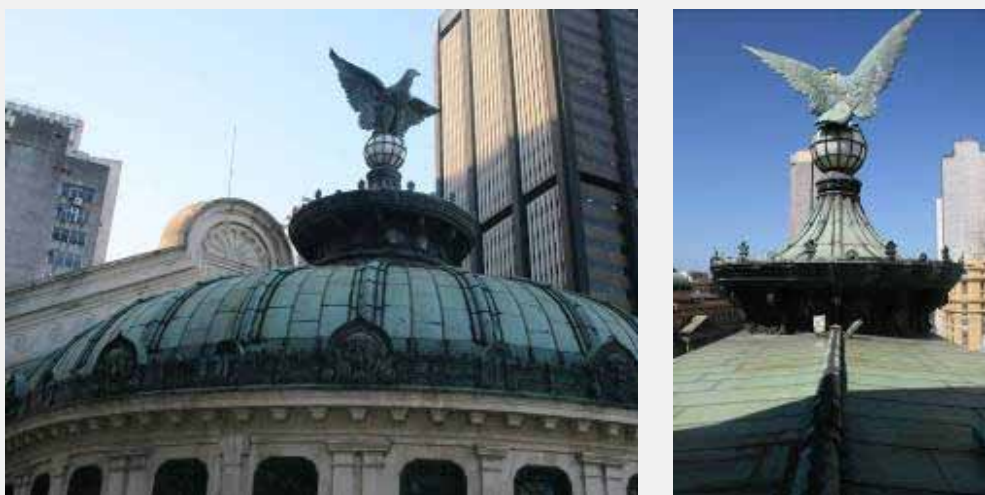


Figura 3  
Cobertura de cobre  
a) Grande cúpula e a escultura da Águia.  
b) Lanternim e a escultura da Águia.  
Fonte: Campos (2008)

Lanternim - Está localizado na cúpula principal da cobertura de cobre [Figura 4 (a, b e c)]. Os resíduos de douramento foram analisados em quatro diferentes regiões do Lanternim, dos frisos e da Caixilharia do basculante do Lanternim.

Águia - A escultura da Águia tem as seguintes dimensões: com asas abertas, envergadura de (6,98 x 3,26)m e de perfil (3,72 x 3,00)m [Figura 5 (a e b)]. Localiza-se acima do Lanternim, na cúpula principal da cobertura de cobre. Foram realizadas análises tanto na superfície da pátina quanto na parte interna do metal, nas regiões do peito, das asas e da base da escultura.

### B. Métodos Analíticos

Foram empregadas diversas técnicas analíticas no estudo das amostras coletadas, a saber: Microscopia Estereoscópica (Lupa); Microscopia Ótica de Luz Refletida (MO); Microscopia Eletrônica de Varredura com Espectrômetro de Dispersão de Energia de Raios X acoplado (MEV/EDS); e Difractometria de Raios X (DRX).



Figura 4  
Lanternim;  
a) Área onde foram feitas as análises do cobre e dos resíduos de douramento;  
b) Camada de douramento do friso do Lanternim;  
c) Coleta dos resíduos de douramento na região da Caixilharia do basculante do Lanternim.  
Fonte: Campos (2008)



Figura 5  
Águia;  
a) Pátina de coloração verde clara e preta;  
b) Parte da asa sobre a estrutura metálica é constituída de material ferroso.  
Fonte: Campos (2009)

As amostras de resíduos de douramento e a amostra de cobre do Lanternim foram analisadas ao MEV/EDS como recebidas. Essas amostras foram simplesmente fixadas em uma superfície adesiva e recobertas com uma camada de, aproximadamente, 20nm de prata, de modo a torná-las condutoras, facilitando a análise ao MEV. Foram realizadas quatro modalidades de análise ao MEV: geração de imagens de elétrons retro-espalhados; geração de imagens de elétrons secundários; microanálise pontual com o EDS; e mapeamento de raios X.

As amostras metálicas para a análise microestrutural ao microscópio ótico e ao MEV/EDS foram embutidas a frio em resina epóxi e desbastadas e polidas, conforme a preparação metalográfica convencional. Em seguida, essas amostras receberam um ataque químico com solução de cloreto férrico no intuito de revelar os contornos de grãos, a orientação cristalográfica, a morfologia dos constituintes e as inclusões. O MO foi empregado nas modalidades campo claro, campo escuro e contraste por interferência diferencial – DIC. Após as análises ao MO, essas amostras foram recobertas com carbono evaporado e analisadas ao MEV/EDS. Microanálises EDS foram feitas tanto na matriz quanto nas inclusões. Os produtos de corrosão existentes na superfície das amostras, formados pelas condições climáticas e ambientais ao longo dos anos, também foram analisados por DRX. Os difratogramas de raios X foram coletados em um equipamento Bruker-D4 Endeavor com detector linear, nas seguintes condições de operação: radiação  $\text{Co K}\alpha$  (40 kV / 40 mA); passo de  $0,02^\circ 2\theta$ ; 0,5 s por passo; e contagem de 5 a  $80^\circ 2\theta$ . A interpretação qualitativa dos difratogramas foi efetuada por comparação com padrões contidos no banco de dados PDF02<sup>5</sup>.

## Resultados e Discussão

### Lanternim

Na micrografia de elétrons retroespalhados mostrada na Figura 6a foram realizadas microanálises de EDS em regiões diferentes dos resíduos de douramento. Os pontos 1, 2 e 3 identificados na micrografia correspondem, respectivamente, aos espectros das Figuras 6b, 6c e 6d. Observam-se nesses espectros picos característicos de ouro (Au) e prata (Ag). A presença da Ag é decorrente do procedimento de preparação da amostra, para torná-la condutora. A ocorrência do ouro nos resultados das análises permite afirmar que a área do Lanternim sofreu, originalmemnte, um processo de douramento.

A micrografia da Figura 7 é uma imagem de elétrons retro-espalhados de uma amostra de cobre, onde se pode observar a diferença de composições. As áreas mais claras têm número atômico médio mais alto do que as escuras. Os espectros de EDS (Figura 7b e 7c) correspondem às duas regiões analisadas na micrografia. Nos dois espectros, observam-se picos de pouca intensidade de Au (provavelmente resquícius da camada de douramento) e outros mais intensos de Cu. A presença da Ag é devida à preparação da amostra, conforme explicado anteriormente.

Nessas análises, não foi detectada a presença do elemento mercúrio, o que permite deduzir que, provavelmente, o douramento foi realizado com folhas de ouro, e não por deposição por amálgama.

<sup>5</sup> Base de dados de estruturas cristalinas por difração de raios-X - Define banco de padrões cristalográficos. ICDD. Disponível em: <http://www.icdd.com/newsletter/pressreleases/icdd-pr-012706-152-m.htm>.



Interdisciplinaridade e preservação:  
a caracterização microanalítica dos ornatos e da escultura da Águia da cobertura de cobre do Theatro Municipal do Rio de Janeiro

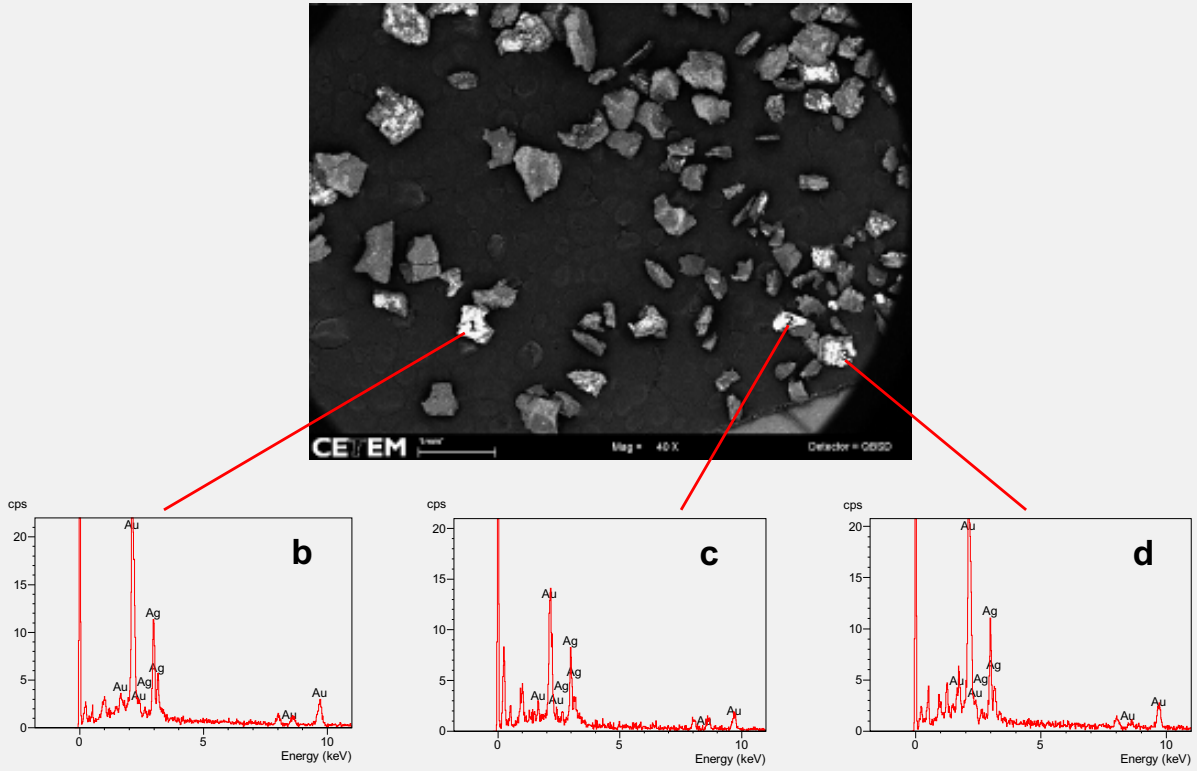


Figura 6  
MEV dos resíduos de douramento:  
(a) micrografia de elétrons retro-espalhados;  
(b) espectro de EDS do ponto 1;  
(c) espectro de EDS do ponto 2;  
(d) espectro de EDS do ponto 3.  
Fonte: Gomes (2008)

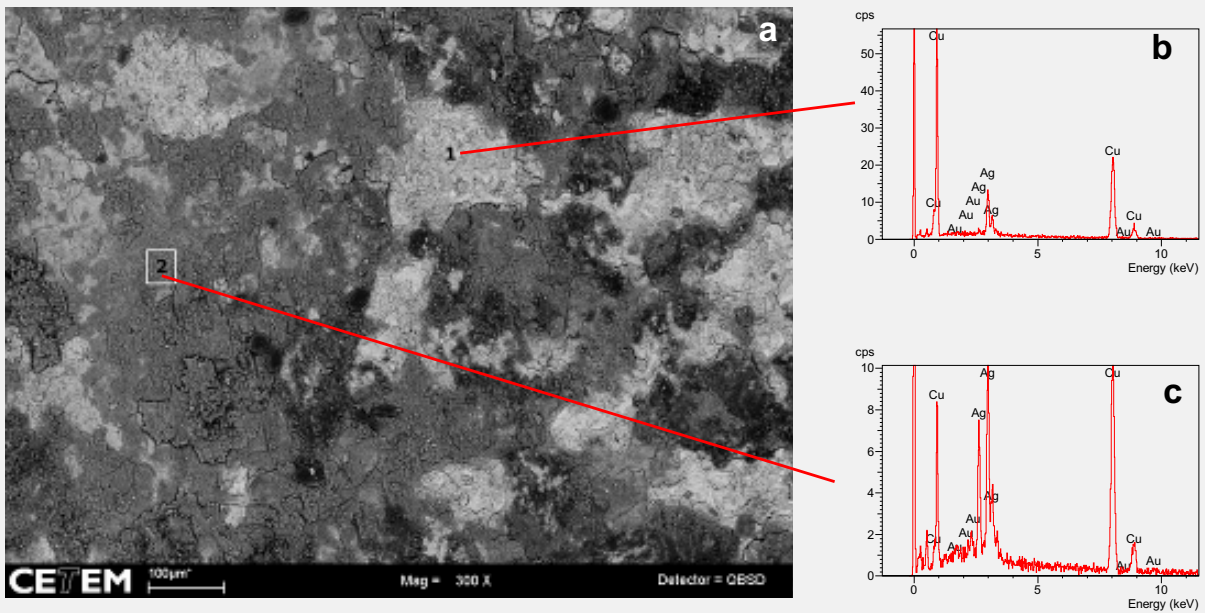


Figura 7  
MEV de uma amostra de cobre do Lanternim  
sem ataque químico:  
(a) micrografia de elétrons retro-espalhados;  
(b) espectro de EDS da região 1;  
(c) espectro de EDS da região 2.

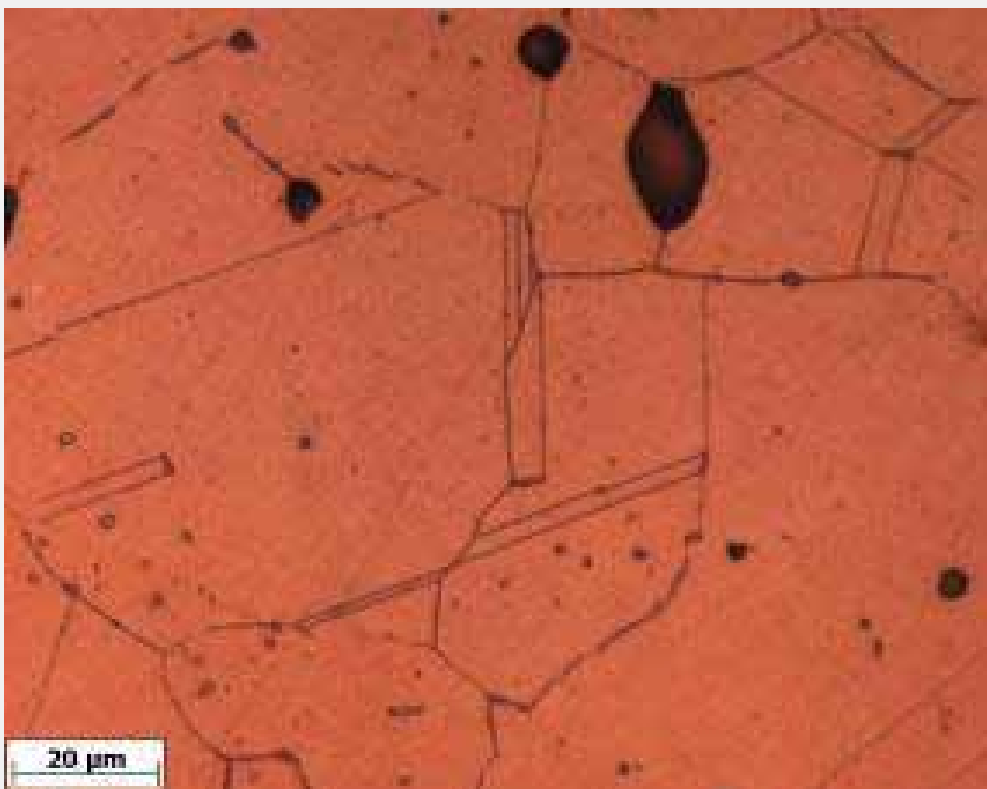
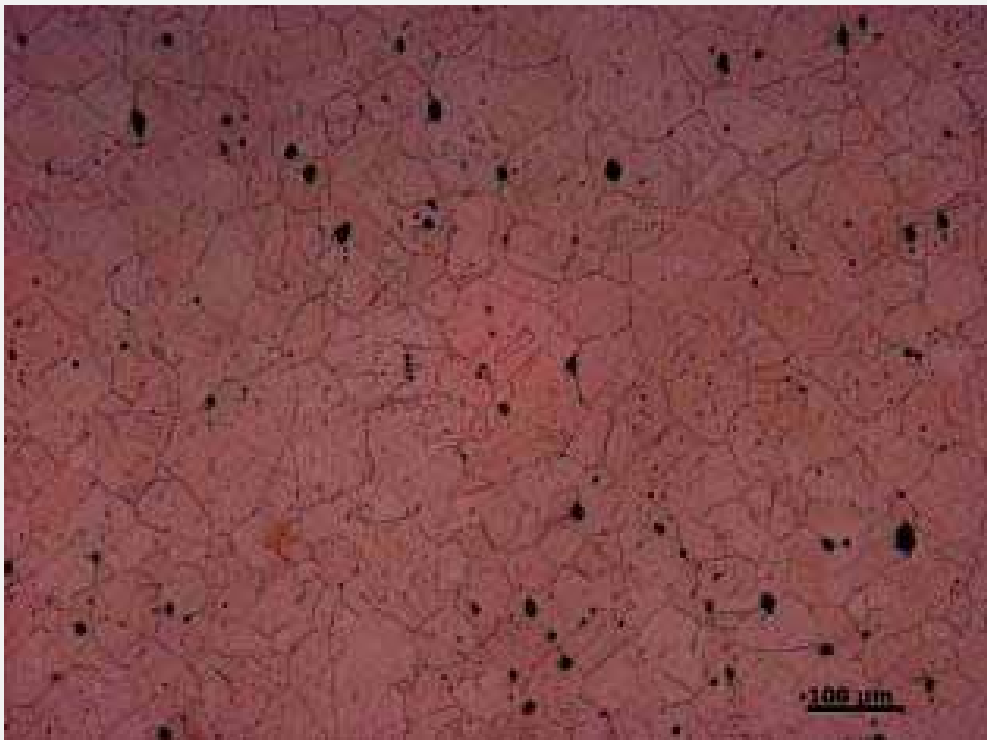


Figura 8  
Micrografia ótica em campo claro, da amostra de cobre do Lanternim com ataque químico;  
a) estrutura  $\beta$ , grãos equiaxiais, contendo significativa fração volumétrica de inclusões;  
b) detalhes a estrutura  $\alpha$  e as maclas de recozimento.  
Fonte: Campos (2008)

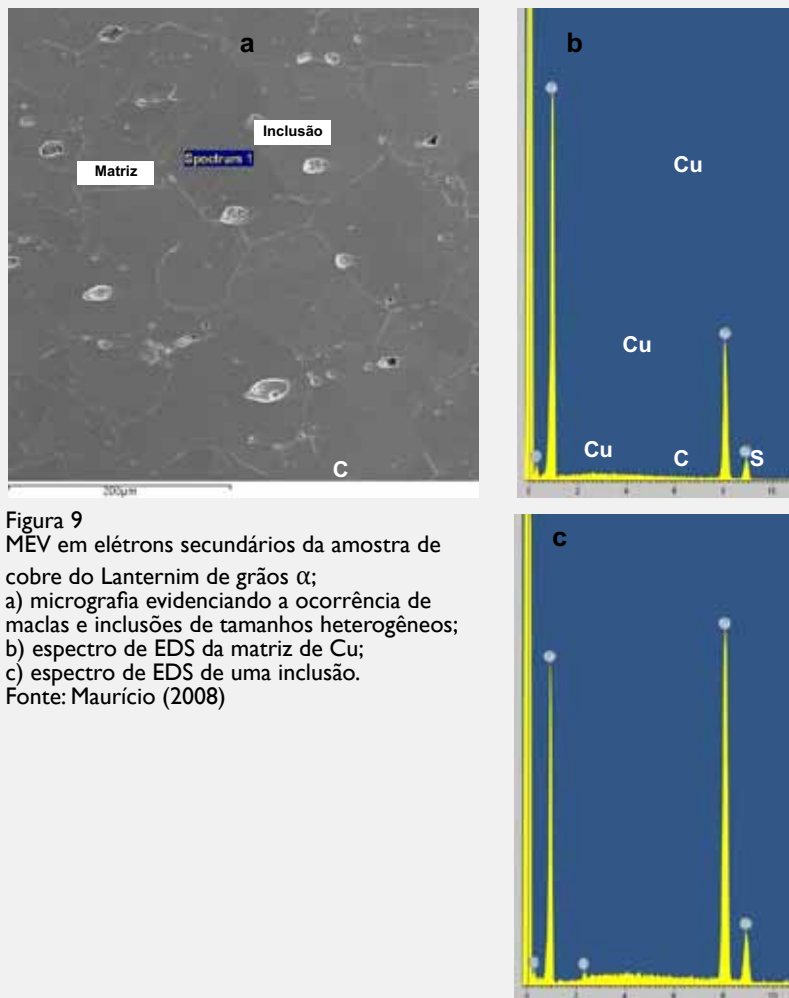
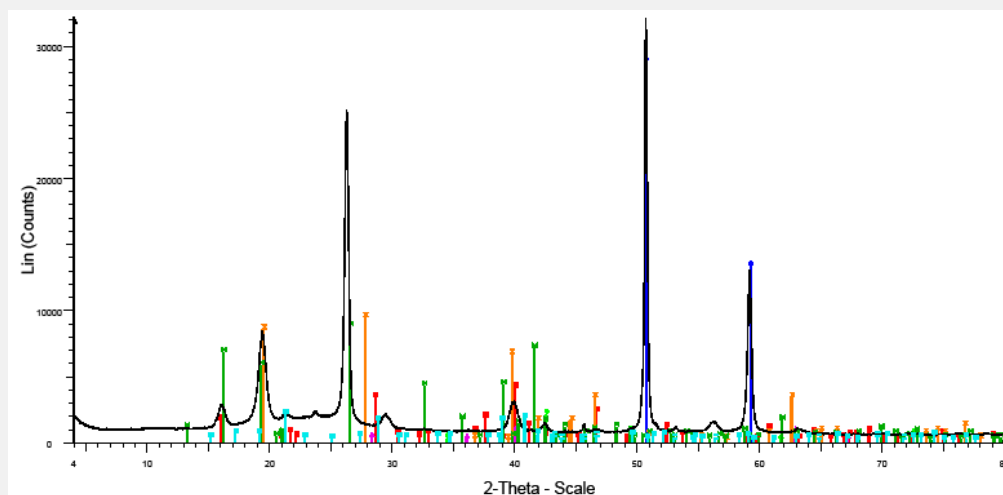


Figura 9  
MEV em elétrons secundários da amostra de cobre do Lanternim de grãos  $\alpha$ ;  
a) micrografia evidenciando a ocorrência de maclas e inclusões de tamanhos heterogêneos;  
b) espectro de EDS da matriz de Cu;  
c) espectro de EDS de uma inclusão.  
Fonte: Maurício (2008)



00-013-0420 (I) - Copper Hydroxide - $\text{Cu}(\text{OH})_2$ - Y: 29.17 % - d x by: 1. - WL: 1.78897 - Ortho
00-004-0836 (*) - Copper, syn - Cu - Y: 89.58 % - d x by: 1. - WL: 1.78897 - Cubic -
00-005-0667 (*) - Cuprite, syn - $\text{Cu}_2\text{O}$ - Y: 6.25 % - d x by: 1. - WL: 1.78897 - Cubic -
00-046-0005 (I) - Dolerophanite, syn - $\text{Cu}_2\text{O}(\text{SO}_4)$ - Y: 12.50 % - d x by: 1. - WL: 1.78897 - M
00-030-0471 (Q) - Copper Chloride - $\text{CuCl}$ - Y: 2.08 % - d x by: 1. - WL: 1.78897 - Tetragonal
00-043-1458 (I) - Brochantite-M - $\text{Cu}_4\text{SO}_4(\text{OH})_6$ - Y: 27.08 % - d x by: 1. - WL: 1.78897 - Mo
00-007-0407 (I) - Antlerite, syn - $\text{Cu}_3(\text{SO}_4)(\text{OH})_4$ - Y: 6.25 % - d x by: 1. - WL: 1.78897 - Ortho

Figura 10  
Difratograma de raios X de amostra de cobre do Lanternim.  
Fonte: Gomes (2008)

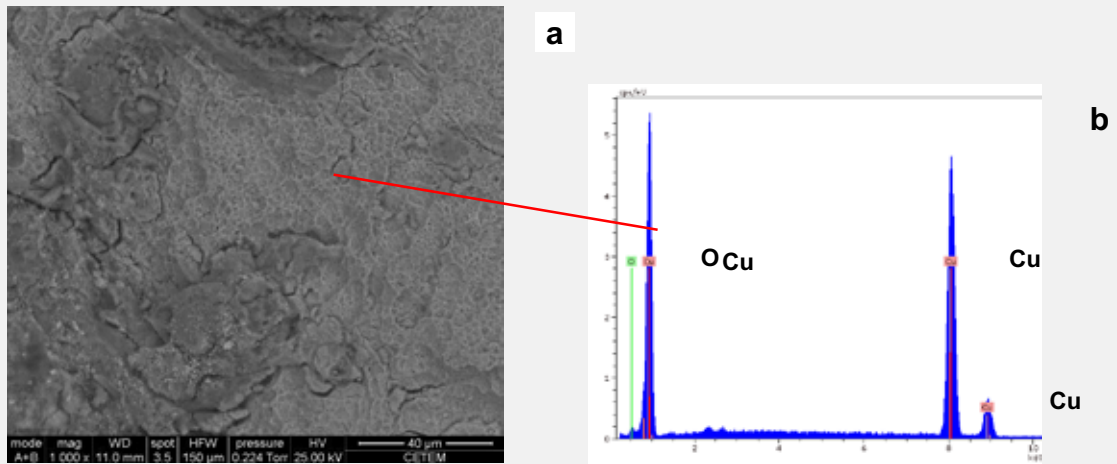


Figura 11 - MEV da pátina da Águia;  
(a) micrografia de elétrons retro-espalhados;  
(b) espectro de EDS mostrando a presença de Cu e O.  
Fonte: Gomes (2009)

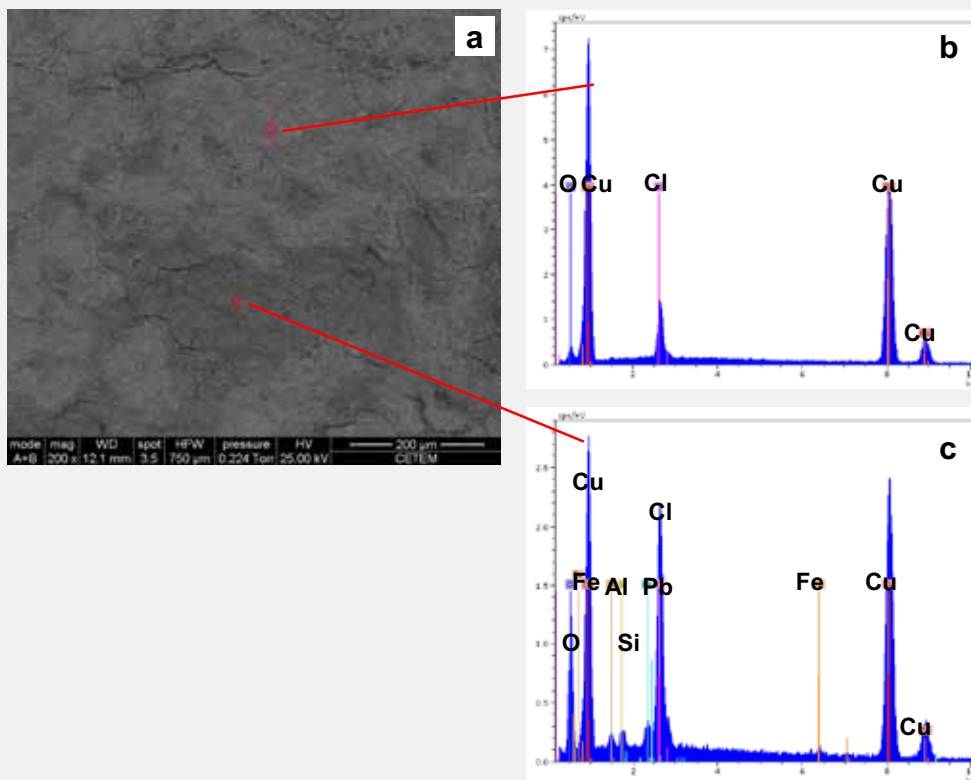


Figura 12 - MEV da pátina da Águia;  
(a) micrografia de elétrons retro-espalhados;  
(b) espectro de EDS da região clara;  
(c) espectro de EDS da região escura.  
Fonte:Gomes (2009)

As micrografias óticas mostradas na Figura 8 são características do cobre constituído de grãos de tamanho médio de matriz  $\alpha$  de morfologia equiaxial. A morfologia equiaxial indica que após a conformação mecânica o material foi recozido a uma temperatura suficiente para induzir a ocorrência de recristalização. O tamanho médio dos grãos desse material é cerca de  $50\mu\text{m}$  [Figura 8a]. A micrografia na Figura 8b mostra em detalhe a microestrutura e as maclas de recozimento. A ocorrência das maclas, muito comum nos metais do sistema cúbico de face centrada – CFC, corrobora o tratamento térmico mencionado. Assim, verifica-se que o Lanternim foi produzido por conformação mecânica, seguida de recozimento para alívio de tensões na microestrutura resultante.

A Figura 9a apresenta uma micrografia de elétrons secundários que evidencia o relevo dos grãos e a morfologia heterogênea dos possíveis óxidos de cobre presentes na microestrutura. Os espectros de EDS mostrados na Figura 9b e 9c correspondem, respectivamente, à região de matriz de cobre (Cu) e ao óxido de cobre ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ), indicado na micrografia.

A Figura 10 mostra um difratograma de raios X de amostra de cobre do Lanternim que indica a presença de compostos comumente encontrados nos produtos de corrosão de ligas de cobre, tais como cuprita, hidróxido de cobre e brocantita. Não se observou a presença de cloretos, provavelmente pelo local de onde foi retirada a amostra analisada, mais protegida das intempéries e dos ventos marinhos.

### Águia

Na superfície da escultura da Águia, pode-se verificar uma pátina de coloração verde, contendo algumas regiões mais escuras. A Figura 11a apresenta uma micrografia de elétrons retro-espalhados de amostra proveniente da superfície da Águia. As regiões mais escuras são de pátina e os pontos brancos são precipitados, principalmente contendo Pb. No espectro de EDS [Figura 11b] da região indicada na micrografia [Figura 11a] foram detectados cobre (Cu) e oxigênio (O), que, provavelmente, pertencem ao composto óxido de cobre ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ), que constitui a primeira alteração a ser formada na superfície desse metal, considerada como “pátina nobre”.

A Figura 12a mostra uma micrografia de elétrons retro-espalhados de outra área da amostra. Nesse campo, foram realizadas microanálises na região clara [Figura 12b], mais rica em Cu, onde foram detectados os elementos Cu, cloro (Cl) e O; e na região escura [Figura 12c], onde foram detectados Cu, Cl, O, alumínio (Al), silício (Si), Pb e ferro (Fe). O Cl indica a presença de cloretos como atacamita e paratacamita, muito comuns em regiões próximas a ambientes marinhos. O ferro pode estar relacionado com o minério utilizado para a confecção do material. Já o Pb, pode ter sido adicionado intencionalmente com intuito de melhorar as propriedades mecânicas do material. O Si e o Al, possivelmente, são procedentes de impregnações de poeira trazidas pelo vento.

A Tabela I apresenta o sumário dos resultados de DRX das amostras retiradas de diferentes regiões da Águia. Nessas diferentes regiões, destaca-se a presença de cloretos, como a atacamita, e a paratacamita, além da nantoquita. Como o local onde se situa a escultura é muito úmido, pode-se concluir

que a pátina existente é prejudicial ao metal de base, podendo causar sérias perdas desse material.

Tabela 1 - Sumário dos resultados de DRX da superfície Águia.

Amostra	Fases cristalinas detectadas
Águia - A (área de coloração verde - corpo da Águia)	cuprita, atacamita, paratacamita, brochantita e quartzo
Águia - B (área de coloração escura - corpo da Águia)	cobre, cuprita, atacamita, paratacamita, brochantita, nantoquita e quartzo.
Águia - C (área de coloração verde - corpo da Águia)	cobre, cuprita, atacamita, paratacamita, brochantita e quartzo.
Águia - D (área de coloração escura - corpo da Águia)	cobre, cuprita, atacamita, paratacamita, brochantita, nantoquita e quartzo.
Águia - E (área da Asa direita)	cobre, cuprita, atacamita e nantoquita

Fonte: Os autores.

Na micrografia ótica da Figura 13, pode-se observar a microestrutura característica do cobre, constituído de grãos de tamanhos grandes e de matriz  $\alpha$ . As inclusões, conforme pode ser observado em alguns contornos de grão, em geral se relacionam a efeito de ancoramento, para dificultar o crescimento desses grãos. No entanto, a análise dos tamanhos de grão permite concluir que seu tamanho médio é bem elevado, bem maior do que aqueles observados no Lanternim. A fração volumétrica dessas inclusões, mostrada na micrografia, comprova a originalidade do material.

Na micrografia de elétrons secundários da Figura 14a, podem-se observar grãos poligonais  $\alpha$  de tamanho grande; inclusões de morfologia arredondada distribuídas por toda micrografia; e maclas de recozimento. As Figuras 14b e 14c apresentam os espectros de EDS da matriz de Cu e de uma inclusão, respectivamente. Na inclusão, foram detectados os elementos Cu, Pb, arsênio (As), antimônio (Sb), O e Fe. O pico de carbono (C) é devido ao recobrimento realizado na etapa de preparação de amostras. Os elementos Fe e arsênio (As) são, possivelmente, provenientes do minério de cobre, enquanto o Pb, provavelmente, deva ter sido adicionado com o propósito de melhorar e favorecer as propriedades mecânicas do material.

## Conclusões

As análises realizadas em amostras retiradas de diferentes regiões do Lanternim e da Águia indicaram a presença de uma antiga camada de douramento na superfície do cobre. Isto, aliado às fontes iconográficas, levou à conclusão de que os ornatos da cobertura do Theatro eram, originalmente, dourados e, provavelmente, foram produzidos por uma técnica de aplicação de folha de ouro. Esses resultados contribuíram para a escolha da equipe de restauradores e demais técnicos para retornar a aparência original do edifício, optando por executar o douramento destes elementos seguindo essa técnica. Além disso, pode-se constatar que, em função de sua composição química e microestrutura, os materiais do Lanternim e da Águia são diferentes. O estado de conservação do Lanternim está melhor do que o da Águia, pois não foram encontrados cloretos no primeiro, que indicam a presença de pátinas pouco protetoras. Finalmente, pelos resultados obtidos, o Lanternim deve ter sido produzido por conformação mecânica, seguida de recozimento. A Figura 15 mostra como ficaram o Theatro e a escultura de Águia, após a restauração.

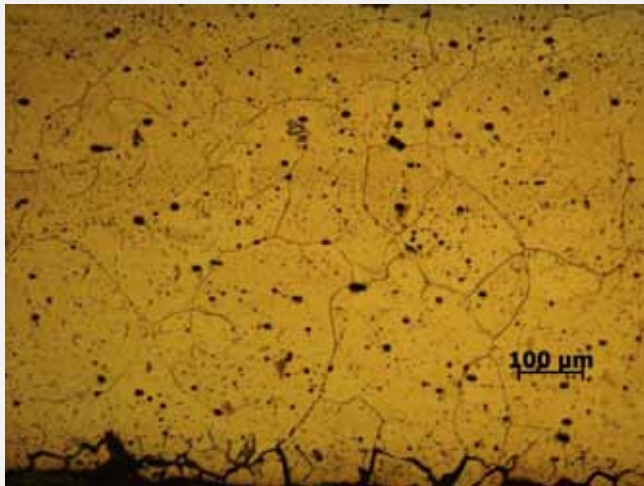


Figura 13 - Micrografia ótica com ataque em DIC. Amostra do Cobre da Água.  
Fonte: Campos (2009)

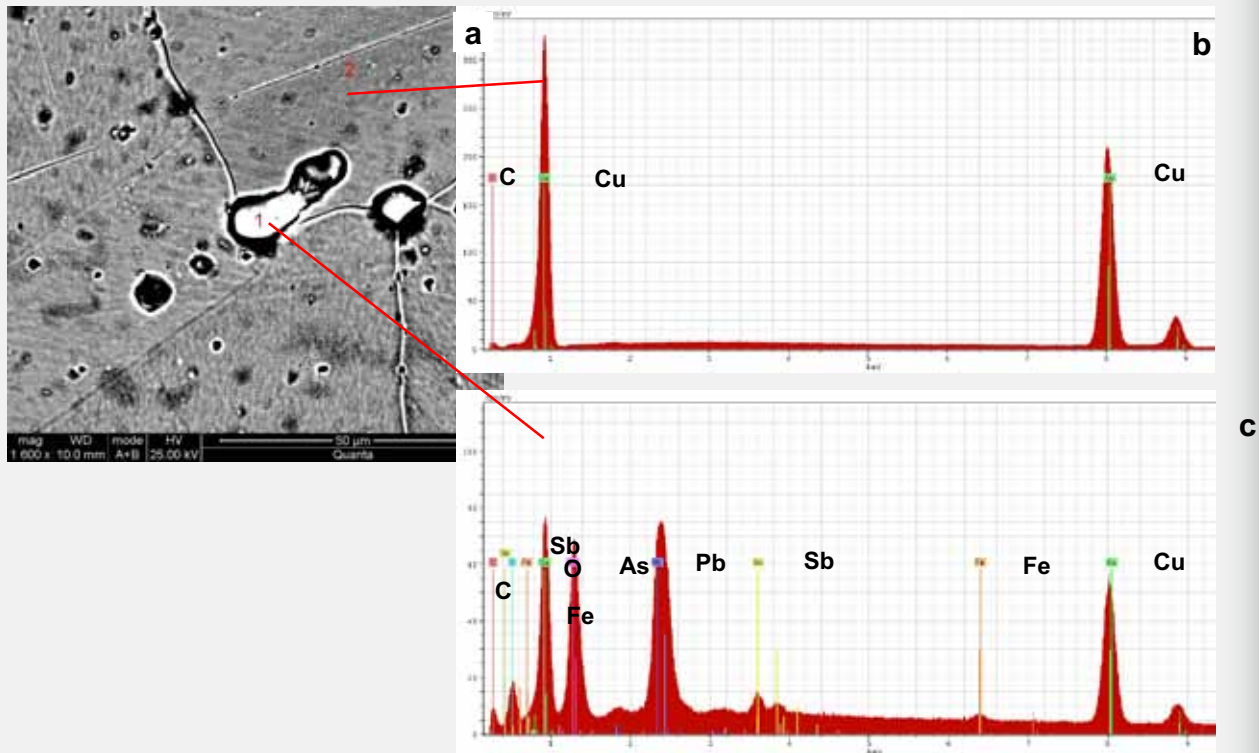


Figura 14 - MEV de amostra de cobre da Água;  
(a) micrografia de elétrons retro-espalhados;  
(b) espectro de EDS da matriz de Cu;  
(c) espectro de EDS de uma inclusão.  
Fonte: Gomes (2009)



Figura 15 - Theatro Municipal do Rio de Janeiro após a restauração; (a) fachada principal; (b) escultura da Águia.  
Fonte: Gomes (2009)



## Referências

Caldas, Wallace. Restauração da cobertura do Teatro Municipal do Rio de Janeiro. In: REIGADA, Felipe; MARIATH, Leyla; DI BLASI, Laura (Org.). Metais: restauração e conservação. Rio de Janeiro: In-Fólio, 2009. p. 67-78.

Rio, João do. O Teatro Municipal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Ed. da Photo Musso, 1913.

MARTINEZ, Soledad Díaz; ALONSO, Emma García. Técnicas metodológicas aplicadas a la conservación-restauración del patrimonio metálico. Madrid: Ministério da Cultura, 2011. Disponível em: <<http://www.calameo.com/read/000075335c184bd7c7b68>>. Acesso em: 29 maio 2012.

PINHEIRO, Lena Vania Ribeiro; GRANATO, Marcus. Para pensar a interdisciplinaridade na preservação: algumas questões preliminares. In: SILVA, Rubens Ribeiro Gonçalves da (Org.). Preservação documental: uma mensagem para o futuro. Salvador: UFBA, 2012. p. 23-40.

Selwyn, Lyndsie. Metals and corrosion: a handbook for the conservation professional. Ottawa: Canadian Conservation Institute, 2004.

Viñas, Samuel M. Teoria contemporânea de la restauracion. Madrid: Editorial Síntesis S.A., 2003.

Yacaman, Miguel José; Ascencio, Jorge A. Electron microscopy and its application to the study of archaeological material and art preservation. In: Ciliberto, Enrico; Spoto, Giuseppe (Ed.). Modern analytical methods in art and archaeology. New York: John Wiley & Sons, 2000. p. 405-443. Disponível em: <[http://media.wiley.com/product\\_data/excerpt/1X/04712936/047129361X.pdf](http://media.wiley.com/product_data/excerpt/1X/04712936/047129361X.pdf)>. Acesso em: 29 maio 2012.

*Artigo recebido em maio de 2012. Aprovado em julho de 2012*