



MINISTÉRIO DO EQUIPAMENTO, DO PLANEAMENTO E DA ADMINISTRAÇÃO DO TERRITÓRIO

Laboratório Nacional de Engenharia Civil

DIAGNÓSTICO DA CORROSÃO NO MONUMENTO A JÚLIO DINIS NO PORTO

RELATÓRIO 304/96 — NQ/DMC

DIAGNÓSTICO DA CORROSÃO NO MONUMENTO A JÚLIO DINIS NO PORTO

CORROSION DIAGNOSIS ON JÚLIO DINIS MONUMENT IN OPORTO

**DIAGNOSTIQUE DE LA CORROSION DANS LE MONUMENT À JÚLIO DINIS
AU PORTO**

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
2. CORROSÃO EM ESTÁTUAS DE LIGA DE COBRE	1
3. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE LIMPEZA E CONSERVAÇÃO DE ESTÁTUAS DE LIGA DE COBRE	4
4. AVALIAÇÃO DA CORROSÃO EXISTENTE	6
4.1 Observações <i>in situ</i>	6
4.2 Colheita de amostras	12
4.3 Caracterização da liga de cobre	13
4.4 Caracterização química e mineralógica dos produtos de corrosão	14
4.5 Observação da liga e da patina no microscópico óptico de reflexão	16
5 - CONCLUSÕES	17
5.1 Estado de corrosão	17
5.2 Consideração sobre a conservação do monumento	18
BIBLIOGRAFIA	19

ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO I - Aspecto visual da patina dos locais de amostragem	13
QUADRO II - Composição química da liga (em %) obtida por análise MEV- AXDE	13
QUADRO III - Resultado da análise mineralógica por DRX	15

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1 - Monumento a Júlio Dinis	6
Fig.2 - Aspecto geral do busto de Júlio Dinis, exibindo patina verde, película castanha e patina cinzenta com alguns escorrimentos	8
Fig.3 - Patina verde e película castanha na figura feminina	9
Fig.4 - Diferentes patinas no alto relevo. Patina verde, nalgumas zonas mais amarelada, patina cinzenta e escorrimentos verdes	9
Fig.5 - Pormenor das patinas verde e preta, no cordão de flores	10
Fig.6 - Vista geral do lado de trás do monumento a Júlio Dinis	11
Fig.7 - Localização das amostras colhidas no monumento a Júlio Dinis	12
Fig.8 - Percentagens relativas dos diferentes elementos químicos existentes nas amostras de produtos de corrosão. Cu - cobre; Sn - estanho; Zn - zinco; Pb - chumbo; S - enxofre; Cl - cloro; O - oxigénio; outros - alumínio, silício, cálcio, magnésio, potássio, fósforo. . .	14

DIAGNÓSTICO DA CORROSÃO NO MONUMENTO A JÚLIO DINIS NO PORTO

1. INTRODUÇÃO

A Câmara Municipal do Porto, através do seu Departamento de Museus e Património Cultural solicitou ao LNEC a elaboração de um estudo para diagnóstico da corrosão do conjunto escultórico do monumento a Júlio Dinis, situado no Largo Prof. Abel Salazar na cidade do Porto, com vista a fornecer elementos técnicos que permitam avaliar a necessidade e a extensão de trabalhos futuros de conservação e restauro. Para tal foi efectuada uma visita ao monumento por técnicos do LNEC acompanhados da Dr.^a Maria Augusta e de outros funcionários da CM do Porto, durante a qual se procedeu à inspecção visual, ao registo fotográfico e à recolha de amostras da liga metálica e dos produtos de corrosão para posterior caracterização em laboratório.

A CM do Porto forneceu ainda elementos adicionais relativos à idade e constituição do monumento.

No presente relatório, após algumas considerações sobre corrosão de estátuas de ligas de cobre e sua conservação, apresentam-se os resultados das observações efectuadas *in situ* e dos ensaios realizados em laboratório, faz-se a sua análise, extraem-se conclusões sobre o estado de corrosão e tecem-se considerações sobre a conservação do monumento.

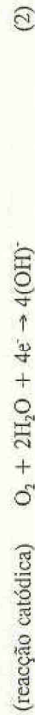
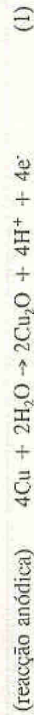
2. CORROSÃO DE ESTÁTUAS DE LIGA DE COBRE

O cobre e as suas ligas, entre elas os bronzes e os latões, têm sido usados desde a antiguidade no fabrico de esculturas, peças e monumentos arquitectónicos devido à sua boa resistência à corrosão. A estabilidade destas ligas metálicas, nomeadamente na atmosfera, resulta de se poder formar à sua superfície uma camada de produtos de corrosão com propriedades protectoras, vulgarmente designada por *patina*. À medida que se vai formando esta camada, a velocidade de corrosão reduz-se. As patinas, além do efeito protector, têm também um efeito de estética devido à sua cor e textura. Actualmente, o aumento da poluição atmosférica origina a formação de patinas com composições menos protectoras e produz alterações nas patinas já existentes, modificando-lhes a sua capacidade de protecção do metal, favorecendo a corrosão. Assim, verifica-se que muitos monumentos, começaram nas últimas

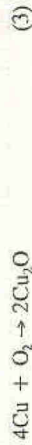
décadas a apresentar fenómenos de corrosão mais intensos, conduzindo nalguns casos à sua degradação ainda que localizada.

Como se sabe, a natureza dos produtos de corrosão de um metal, formados num determinado ambiente vai depender das características desse ambiente e da composição do metal. O bronze, liga de cobre e estanho, é o tipo de liga mais comum em estatúas. O tradicionalmente usado contém cerca de 90% de cobre e 10% de estanho, mas outros elementos, como o zinco, o chumbo, o alumínio e a prata, que são adicionados para melhoria das propriedades mecânicas, podem estar presentes em pequenas quantidades[1]. O latão, liga de cobre e zinco, tem sido extensivamente usado em elementos arquitectónicos. Nesta liga, a proporção do cobre pode variar desde 90% a 60% ou menos, influenciando a cor e as propriedades da liga, podendo conter também outros elementos em pequenas quantidades como o estanho (que aumenta a resistência à corrosão), o manganês, o alumínio, o chumbo, o cromo, o berílio ou o fósforo, que são adicionados para melhoria das propriedades mecânicas[1]. No caso de latões com teores em zinco superiores a 15%, em meios muito húmidos e na presença de agentes agressivos, pode ocorrer a deszincificação da liga, i.e., a corrosão selectiva do zinco da liga. Nestas ligas é benéfica a adição de cerca de 1% de estanho[2]. Tratando-se de ligas de cobre, os principais produtos de corrosão dos bronzes e dos latões, são naturalmente semelhantes aos produtos de corrosão do cobre.

Segundo vários estudos[1 a 4], nos períodos iniciais de exposição formam-se óxidos de cobre, *cuprite* (Cu_2O - de cor vermelha a castanho) e *tenorite* (CuO - mais raro e de cor negra) e a superfície das ligas de cobre adquire um tom castanho-avermelhado uniforme. A formação da *cuprite* dá-se segundo o processo electroquímico:

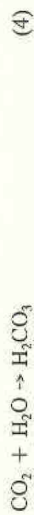


correspondendo-lhe a reacção global:



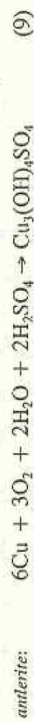
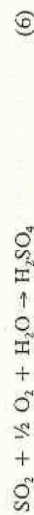
Os óxidos de cobre têm características protectoras e não havendo poluição ou se a atmosfera for muito seca, a superfície do cobre manterá o tom escuro durante muitos anos.

Em atmosferas não poluídas mas húmidas, ao fim de alguns anos forma-se o carbonato básico *malaquite* ($\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$), de cor verde escura, por reacção com o dióxido de carbono (CO_2) do ar, segundo as reacções:



Nas atmosferas poluídas (ambientes urbanos e industriais) onde existe contaminação por dióxido de enxofre (SO_2), formam-se preferencialmente sulfatos básicos de cor verde, como a *brocantiite* ($\text{Cu}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6$) e a *antileite* ($\text{Cu}_3(\text{SO}_4)(\text{OH})_4$) (equações 7 e 9). Em presença de elevada poluição e humidade forma-se o sulfato não básico, *calcanthite* ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) (equação 10), de cor azul[5,6].

Os sulfatos básicos são aderentes, proporcionando alguma protecção, mas a *calcanthite* é muito solúvel na água, sendo removida pela chuva, provocando o desaparecimento da patina e favorecendo a progressão da corrosão.



Na presença de cloretos (zonas marítimas) formam-se cloretos de cobre, sendo o mais comum a *atacamite* ($\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$), de cor verde. Os cloretos básicos são medianamente estáveis e conferem alguma protecção ao metal. Os outros não são protectores, como é o caso do cloreto cuproso, *nantoquite* (CuCl), designado por "cancro do bronze", cuja hidrólise dá origem a *paracatamite* ($\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$) e a *cuprite*, que são produtos mais volumosos, provocando rapidamente a degradação das patinas, dando origem à formação de picadas de cor verde-maçã da paracatamite. Nas atmosferas marítimas poluídas com SO_2 os sulfatos

predominam sobre os cloretos nos produtos de corrosão[6].

Podem ainda formar-se outros produtos de corrosão do cobre como: sulfuretos, nitratos, fosfatos e compostos orgânicos e ainda produtos minoritários resultantes da corrosão dos outros elementos da liga, como por exemplo: óxidos e hidróxidos ou cloretos de zinco e óxidos de estanho ou de chumbo (de cor branca). É frequente que as patinas não revelem as verdadeiras cores dos produtos de corrosão devido à deposição de poeiras, constituídas em geral por quartzo, partículas de poluição atmosférica como o negro de fumo e outros elementos metálicos existentes no ar.

3. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE LIMPEZA E CONSERVAÇÃO DE ESTÁTUAS

Limpeza da superfície e remoção das patinas

Uma das melhores formas de limpar as estátuas de bronze expostas ao ar livre é efectuar a sua lavagem com água, aplicando pequenos jactos sobre a superfície. Eventualmente poderá adicionar-se à água um detergente com pH neutro para mais fácil remoção das partículas. Esta limpeza arrastará os produtos de corrosão solúveis e algumas partículas de sujidade soltas. Para destacar sujidades mais aderentes podem ser usadas escovas macias não metálicas (de cerdas naturais ou sintéticas). Este processo não arrastará os produtos de corrosão insolúveis que constituem a patina[1].

Um passo seguinte, pode corresponder à remoção da patina existente, seguida de repatinação.

A remoção dos produtos de corrosão mais aderentes pode ser encarada essencialmente por três razões: os próprios produtos serem fontes de agentes agressivos e estarem a promover a corrosão, por questões de estética (existência de manchas, riscas, etc. que desfeiam a superfície) ou por a camada existente não proporcionar uma base estável para a aplicação de um revestimento protector. Existem várias técnicas para efectuar estes trabalhos[1]:

- *técnicas abrasivas*: por exemplo jacto de água ou de ar com esferas de vidro;
- *técnicas químicas*: usando soluções alcalinas ou ácidas que solubilizam os produtos de corrosão. Este processo é bastante agressivo, implica normalmente alguma perda de metal e é apenas usado para resolver problemas de corrosão muito localizada;

- *técnicas mistas*: usando produtos abrasivos finos e soluções ligeiramente alcalinas ou ácidas. Exemplos: soluções de carbonato de sódio juntamente com parafina sólida ou soluções de ácido oxálico com a adição de pedra-pomes finamente dividida.

É necessário ter em atenção que, quando se efectua a remoção das patinas, o metal fica directamente exposto ao meio agressivo e por isso mais sujeito a corrosão. Assim, a decisão de eliminação das patinas implica sempre a repatinação acelerada da superfície do metal, com posterior aplicação de um revestimento protector.

Aplicação de um revestimento protector

A protecção do metal da acção agressiva do meio ambiente pode ser efectuada aplicando-lhe um revestimento que actue por acção barreira e/ou por reacção com os produtos da patina ou com o metal, inibindo a corrosão. Para este fim, têm vindo a ser usados vários produtos do tipo ceras e lacas. Recentemente têm sido aplicadas ceras microcristalinas sintéticas, lacas baseadas em resinas acrílicas contendo inibidores de corrosão (por exemplo o benzotriazole) e silanos. Mais recentemente têm vindo a ser desenvolvidas misturas de produtos contendo compostos orgânicos modificados com base em silanos.

A durabilidade destes revestimentos vai depender essencialmente de vários factores inerentes ao tipo de aplicação e às condições de exposição: as ceras podem necessitar de manutenção/substituição anual e as resinas acrílicas apenas necessitar de renovação ao fim de 5 anos. Por vezes são aplicadas ceras microcristalinas sobre as resinas acrílicas para melhorar a durabilidade das resinas[1,8].

A escolha do produto a usar deve ser efectuada com a ajuda dum especialista em conservação de estátuas, sendo desejável que cumpra os seguintes requisitos[8]:

- que seja efectivo na inibição da corrosão do cobre;
- de preferência que seja invisível, por razões estéticas;
- seja de fácil aplicação;
- seja resistente à água e aos detergentes usados em eventuais operações de limpeza de manutenção;
- seja de remoção pouco complicada;
- apresentar boa durabilidade sob as condições climáticas existentes.

4. AVALIAÇÃO DA CORROSÃO EXISTENTE

4.1 Observações *in situ*

O monumento a Júlio Dinis (Fig. 1) é um conjunto escultórico constituído pelo busto de Júlio Dinis, por uma figura feminina segurando um cordão de flores e um painel em alto relevo, todos em liga de cobre, que se encontram assentes sobre um pedestal em pedra, perto do solo. O monumento foi inaugurado em 1926, contando por isso com 70 anos de exposição. Este monumento situa-se em pleno centro da cidade do Porto, numa zona de intenso tráfego automóvel, estando colocado num pequeno jardim. A frente do monumento está virada para a rua, completamente exposta, enquanto que nas traseiras existem árvores.

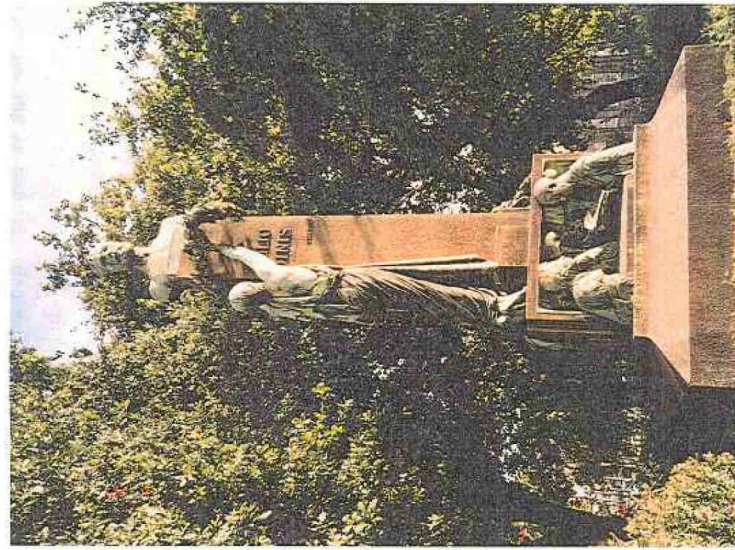


Fig. 1 - Monumento a Júlio Dinis

Os elementos metálicos deste conjunto escultórico evidenciam alterações cromáticas da superfície (Fig. 1), sendo algumas características de corrosão das ligas de cobre em ambientes urbanos (patinas verdes e pretas) e outras devidas à deposição de poeiras (produtos castanhos). Descrevem-se a seguir os principais aspectos observados:

- as zonas mais expostas à chuva e ao sol - busto do Júlio Dinis, parte de cima do corpo da figura feminina e algumas superfícies verticais mais expostas, na face frontal do monumento - estão cobertas por patina verde, frequentemente com pequenas manchas de patina preta (Fig. 1 a 5);
- as zonas mais abrigadas - recantos, superfícies verticais da parte inferior do corpo da figura feminina e grande parte das superfícies nas traseiras, do lado das árvores - apresentam-se cobertas por patina preta (Fig. 1, 4 a 6);
- nas superfícies verticais, principalmente do lado de trás, quer da figura feminina, quer do busto, e de um modo geral em todas as zonas mais abrigadas da chuva, mas onde há escorrimento de águas, formou-se patina verde sobre a preta (Fig. 2 e 4);
- verifica-se que a patina verde é muito aderente e em alguns pontos adquire uma tonalidade mais azulada (face do Júlio Dinis, Fig. 2) e noutros mais amarelada (alto relevo, Fig. 4);
- em vários pontos, onde se retirou a patina verde notou-se a existência sob esta de uma camada muito fina, alaranjada;
- em grande parte das superfícies horizontais e em alguns recantos, existe uma película de cor castanha-ferruginosa, que se sobrepõe à patina verde (Fig. 2 e 3). Esta película castanha não é muito aderente destacando-se facilmente da superfície;

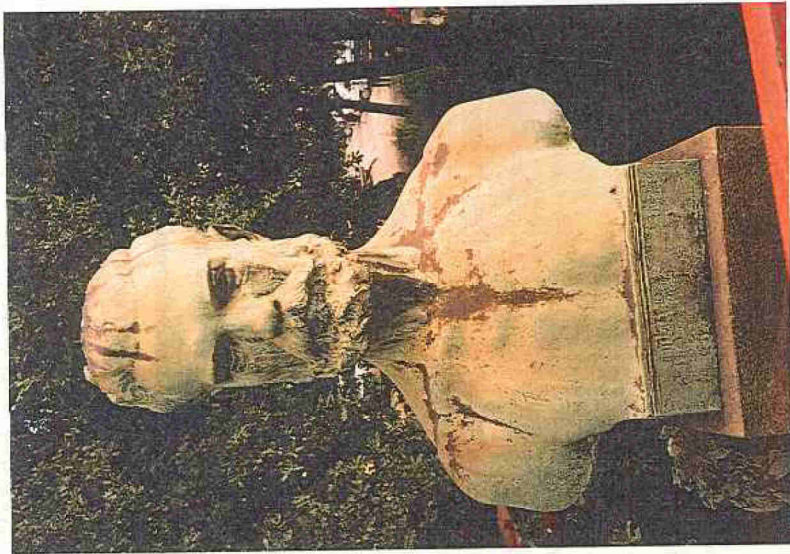


Fig. 2 - Aspetto geral do busto de Júlio Dinis, exibindo patina verde, película castanha e patina cinzenta com alguns escorrimentos.

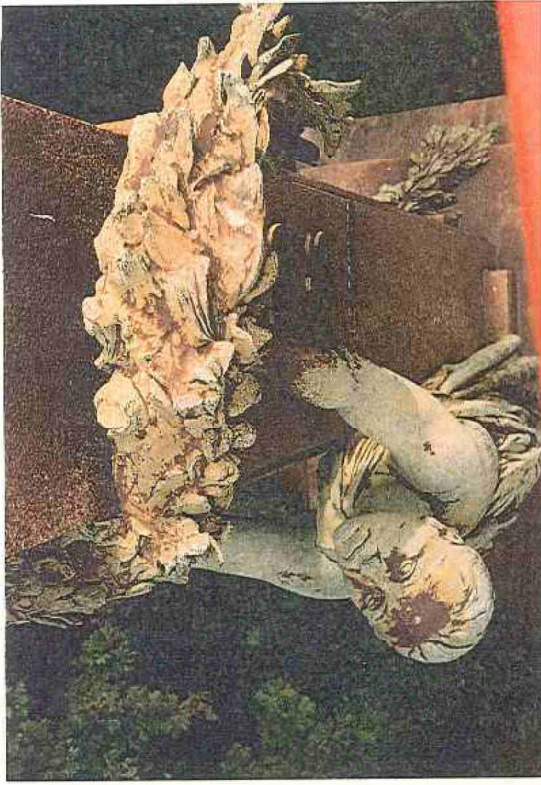


Fig. 3 - Patina verde e película castanha na figura feminina.

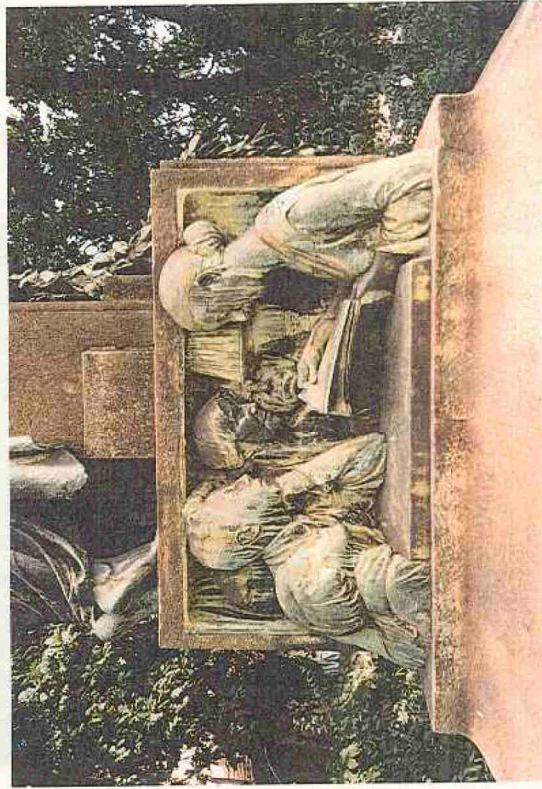


Fig. 4 - Diferentes patinas no alto relevo. Patina verde, naigumas zonas mais amarelada, patina cinzenta e escorrimentos verdes.

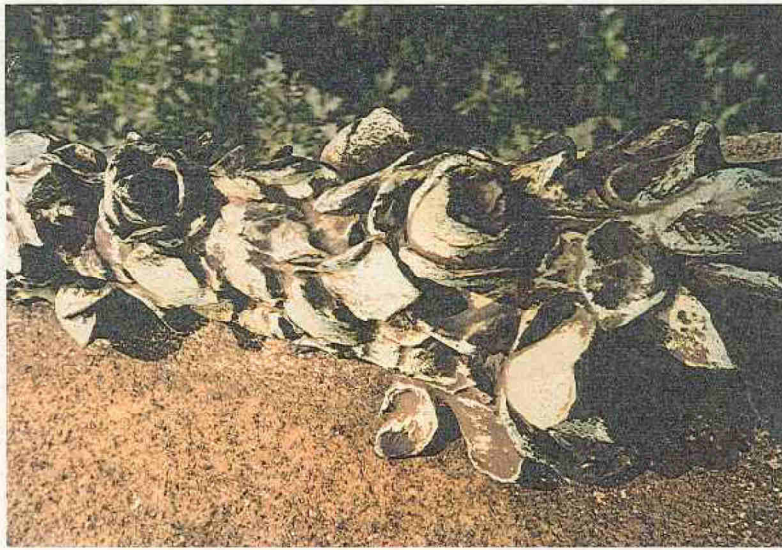


Fig.5 - Pormenor das pátinas verde e preta, no cordão de flores.



Fig.6 - Vista geral do lado de trás do monumento a Júlio Dinis.

4.2 Colheita de amostras

Foi retirada uma amostra da liga utilizada no conjunto escultórico para análise da sua composição química. Atendendo à reduzida dimensão da estátua e não havendo excrecências do processo de fundição, apenas se retirou uma amostra de uma ponta mais escondida do cordão de flores.

Para a análise da composição química e mineralógica dos produtos de corrosão foram colhidas amostras de diferentes zonas da patina, representativas dos diferentes aspectos observados. A localização das amostras é indicada na figura seguinte:

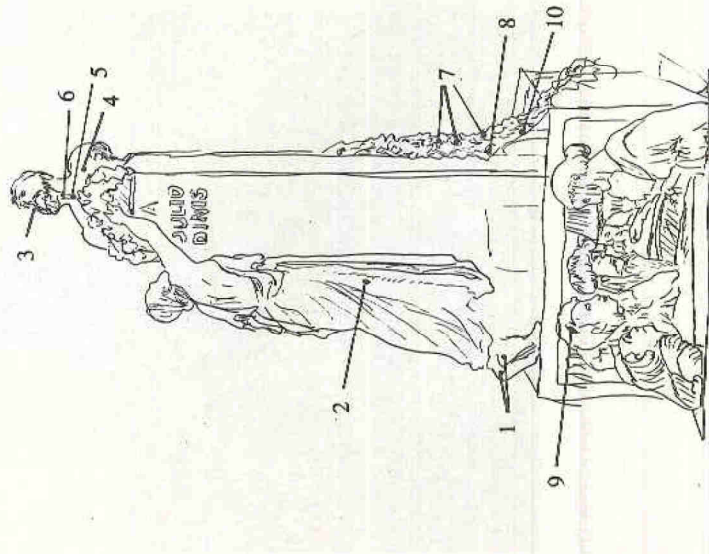


Fig.7 - Localização das amostras colhidas no monumento a Júlio Dinis

No quadro seguinte resumem-se os aspectos cromáticos da patina existente nos locais

onde foram colhidas as amostras de produtos de corrosão.

Quadro I - Aspectos cromáticos da patina

Amostra	Aspecto visual da patina
1	verde
2	preto
3	verde mais azulado
4	verde e castanha-ferruginosa
5	castanha-ferruginosa sobre verde
6	preto com escorrimentos verdes
7	verde
8	preto
9	verde mais amarelado

4.3. Caracterização da liga de cobre

Para a identificação da composição química da liga foi efectuada a análise semiquantitativa da amostra 10, usando um sistema de análise de raios X por dispersão de energia acoplado ao microscópio electrónico de varrimento (MEV-AXDE).

No quadro II apresenta-se o resultado obtido, correspondente à média de 5 determinações.

Quadro II - Composição química da liga (em %) obtida por microanálise AXDE¹

Amostra	Cobre - Cu (%)	Zinco - Zn (%)	vestígios de Chumbo - Pb, Estanho - Sn, Silício - Si e Alumínio - Al
10	84.8	14.0	

A análise da composição química da amostra de liga revelou tratar-se de um latão - liga de cobre (Cu) e zinco (Zn) - aproximadamente 85%Cu-14%Zn, contendo vestígios de

¹Os valores indicados por este tipo de análise reflectem as proporções dos principais elementos existentes na liga

chumbo, estanho, silício e alumínio.

4.4 Caracterização química e mineralógica dos produtos de corrosão

A análise da composição química elementar dos produtos de corrosão foi também efectuada por MEV-AXDE e a sua composição mineralógica foi determinada por análise difracométrica de Raios X (DRX), que permite identificar os compostos cristalinos existentes. No gráfico da figura seguinte resumem-se os resultados correspondentes à média de pelos menos 3 análises dos produtos de corrosão em MEV-AXDE.

Resultados da análise MEV-AXDE dos Produtos de Corrosão
Julio Dias

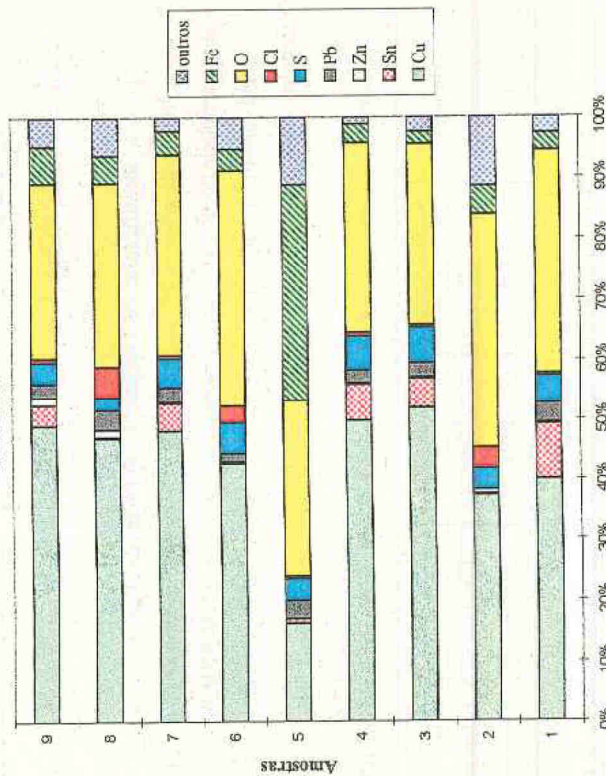


Fig. 8 - Percentagens relativas dos diferentes elementos químicos existentes nas amostras de produtos de corrosão.
Cu - cobre; Sn - estanho; Zn - zinco; Pb - chumbo; S - enxofre; Cl - cloro;
O - oxigénio; outros - alumínio, silício, cálcio, magnésio, potássio, fósforo.

Para a análise mineralógica por DRX foram seleccionadas amostras de produtos de corrosão de três zonas distintas, mas representativas, das patinas. No quadro seguinte resumem-se os resultados obtidos para as diferentes amostras.

Quadro III - Resultado da análise mineralógica por DRX

Amostra	Patina	Compostos cristalinos identificados
2	preto	quartzo - SiO ₂ (predominante), feldspatos, cloreto de cobre hidratado - Cu ₂ Cl ₄ (OH) ₁₀ .H ₂ O e vestígios de óxido de cobre cuprite - Cu ₂ O
3	verde	sulfato básico de cobre brochantite - Cu ₄ SO ₄ (OH) ₆ (predominante), quartzo - SiO ₂ , cuprite - Cu ₂ O e vestígios de cloreto de cobre nanitoquite - CuCl e cloreto básico de cobre - Cu ₂ Cl(OH) ₃
5 ⁽¹⁾	castanha ferruginosa e verde	quartzo - SiO ₂ (predominante), brochantite - Cu ₄ SO ₄ (OH) ₆ e talvez grafite (C)

(1) a amostra deve conter também material amorfo ou mal cristalizado

De acordo com os resultados da análise por DRX, o principal constituinte da patina verde é o sulfato básico de cobre brochantite (Cu₄SO₄(OH)₆), contendo alguma cuprite (Cu₂O) e vestígios de cloretos de cobre. A patina preta parece ser constituída por cloreto básico de cobre hidratado (Cu₂Cl₄(OH)₁₀.H₂O) e cuprite (Cu₂O).

Na amostra da película de cor castanha-ferruginosa, foi identificado por DRX, quartzo como o composto cristalino predominante e brochantite - resultante da mistura com a patina verde - no entanto, a análise MEV-AXDE indicou a presença de quantidades significativas de ferro, o que implica que esta película deve ser maioritariamente constituída por compostos de ferro não cristalinos. O ferro deve ter uma origem externa, dado que não parecem existir quaisquer peças em aço ou ferro fundido na estátua.

Também o quartzo, presente em todas as amostras tem origem externa, resulta da deposição de poeiras, as quais também contribuem para a existência dos elementos silício, alumínio, cálcio, magnésio, potássio, etc., detectados por MEV-AXDE.

Portugalmente devem também existir nas patinas, produtos resultantes da corrosão dos outros elementos da liga (zinco, chumbo e estanho), dado que estes elementos foram detectados nas análises por MEV-AXDE, eventualmente óxidos e/ou hidróxidos, mas que não foram encontrados nas três análises efectuadas por difracção e raios X, provavelmente por estarem mal cristalizados

Resumindo pode dizer-se que as patinas que cobrem os elementos metálicos deste conjunto escultórico são essencialmente constituídas por sulfato básico de cobre, óxido de cobre e alguns cloretos e cloretos básicos de cobre misturados. A película castanha observada nesta estátua sobre as patinas, é devida provavelmente à deposição de partículas ferrosas existentes na atmosfera, situação que é frequente aparecer em cidades onde há transportes urbanos em carris, do tipo dos eléctricos.

4.5 Observação da liga e da patina no microscópio óptico de reflexão

Na observação, ao microscópio óptico (MO), de uma secção transversal à superfície do metal da amostra 10, coberta com patina verde e preta, verificou-se que a patina não é muito espessa. Verifica-se também que nas fissuras que atingem a superfície ou nas dobras da liga, há também a formação de produtos de corrosão (Fig.9).

As observações com luz polarizada (Fig.10) mostram que a patina é constituída por diferentes camadas de produtos de corrosão. A mais interior, de cor vermelha indica a presença de *cuprite*, enquanto que os restantes produtos de corrosão, *brochantite* e cloretos de cobre, se distribuem nas camadas mais exteriores.



Fig.9 - Amostra 10. Pormenor da liga e da patina observado no MO. (A=150X)

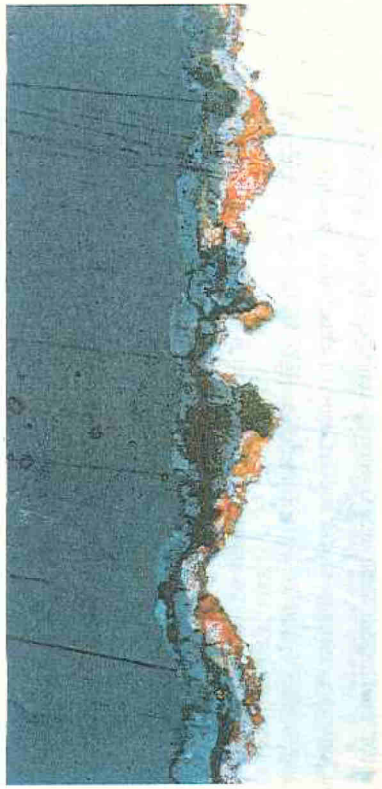


Fig.10 - Amostra 10. Pormenor da constituição das camadas da patina observado no MO. (A=150X)

5. CONCLUSÕES

5.1 Estado de corrosão

A corrosão existente é do tipo uniforme, não se tendo observado quaisquer zonas com corrosão localizada do tipo picadas.

As zonas cobertas com patina preta, correspondem a zonas de quase inexistência de corrosão, dado que estas patinas são constituídas essencialmente por *cuprite* e alguns cloretos básicos.

Nas zonas com patina verde, constituída predominantemente por sulfatos básicos de cobre, resultantes da acção agressiva de poluentes do tipo SO_x , provenientes do tráfego automóvel urbano, a corrosão deve encontrar-se estabilizada, uma vez que estes produtos são pouco solúveis e muito aderentes, conferindo protecção ao metal base. Acresce ainda que sob estes produtos existe, em geral, uma camada de *cuprite* que confere protecção adicional.

Os cloretos de cobre, em especial, o cloreto cuproso $CuCl$, que é muito solúvel, pode originar corrosão localizada por picadas. Contudo, como apenas foram encontrados vestígios de $CuCl$, não parece ser muito preocupante.

A existência de produtos de cor castanha-ferruginosa, que segundo as análises efectuadas serão constituídos essencialmente por compostos de ferro, embora confiram mau

aspecto, não representam grande risco para a conservação do monumento.

Pode dizer-se que, de um modo geral, o estado de conservação do conjunto escultórico metálico pertencente ao monumento a Júlio Dinis é satisfatório e que a corrosão se está a processar de uma forma muito lenta.

5.3 Considerações sobre a conservação do monumento

Atendendo ao estado de corrosão existente, não se revela com carácter urgente proceder a trabalhos de conservação, a não ser por razões estéticas. Contudo, no caso de optarem por proceder a alguns trabalhos de conservação neste monumento, tendo em conta o que se referiu no capítulo 3, estes devem envolver:

- uma limpeza dos produtos depositados por acção externa (zonas de manchas ferruginosas, poeiras);
- a lavagem, com água, das patinas existentes, para arrastamento dos produtos de corrosão solúveis, como o CuCl;
- aplicação de um produto de protecção que poderá ser uma simples cera ou uma resina acrílica, que garante maior duração da protecção.

Não se considera aconselhável para a conservação do monumento proceder, em nenhuma zona, à extracção das patinas, a não ser nalgum ponto de corrosão localizada que se torne visível após a limpeza ou por motivos de natureza estética.

Lisboa e Departamento de Materiais de Construção, em Dezembro de 1996.

VISTOS

O Engenheiro Chefe do
Núcleo de Química

Maria Dinda Brag Paes
M. OLINDA BRAGA REIS

AUTORIA

Rute Nunes Fontinha
RUTE NUNES FONTINHA
Engenheira Química
Bolsista de Investigação

O Engenheiro Chefe do Departamento
De Materiais de Construção

M. J. Esteves Ferreira
M. J. ESTEVES FERREIRA

M. Manuela R. Salta
M. MANUELA R. SALTA
Engenheira Química
Investigadora Principal

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ashurst, J., and Ashurst, N., *Practical Building Conservation: English Heritage Technical Handbook Vol. 4 - Metals*, Gower Technical Press, Hants, 1989.
- [2] *Metals Handbook Vol. 13 - Corrosion*, 9th ed., ASM International, 1987.
- [3] Shreir, L. L., *Corrosion Vol. 1 - Metal/Environment Reactions*, 2nd ed., Newnes-Butterworths, London, 1979.
- [4] Pürhinger, J., and Johnson, B., *Performance of Utility Bronzes in Public*, Wt. Ber. Naturwiss. Kunst Bd. Doppelband 4/5 1987/1988, Wien, 1988.
- [5] Pichler, B., and Vendl, A., *EUREKA-Project EUROCARE COPAL EU 316*, Wt. Ber. Naturwiss. Kunst Bd. Band 6/7/8 1989/90/91, Wien, 1991.
- [6] Livingston, R. A., *Influence of the Environment on the Patina of the Statue of Liberty*, Environ. Sci. Technol. 25, 8(1991), pp. 1400-1408.
- [7] Leoni, M., *Elementi di metallurgia applicata al restauro delle opere d'arte*, Opus Libri, Firenze, 1984
- [8] *New conservation methods for outdoor-bronze sculptures*, Protection and Conservation of European cultural heritage, Report No 3, EUR 16637.