



Universidade Nova de Lisboa

Faculdade de Ciências e Tecnologia

Departamento de Conservação e Restauro

Mestrado em Conservação e Restauro

## ***A escultura *Morte de Cleópatra*: Oportunidades e desafios***

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Conservação e Restauro

**Pedro Nunes Azevedo**

Mestrando em Conservação e Restauro

Orientador(a): Professora Maria Amélia Dionísio (IST-UL, CERENA)

Co-orientador(a): Professora Maria Filomena Macedo (FCT-UNL, VICARTE)

Consultor (es): Doutora Palmira Carvalho (MUHNAC-Lisboa, cE3c)

Doutor César Garcia (MUHNAC-Lisboa, cE3c)



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Setembro de 2018



**Universidade Nova de Lisboa**

**Faculdade de Ciências e Tecnologia**

**Departamento de Conservação e Restauro**

**Mestrado em Conservação e Restauro**

***A escultura *Morte de Cleópatra*:  
Oportunidades e desafios***

**Declaração de autoria de trabalho**

Declaro ser o autor deste trabalho, cujos autores e trabalhos consultados estão devidamente citados no texto e contam na listagem de referências incluída.

**Copyright© 2018 de Pedro Nunes Azevedo. Universidade Nova de Lisboa. Faculdade de Ciências e Tecnologia.**

A Universidade Nova de Lisboa, FCT, tem o direito de arquivar e publicitar este trabalho através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou sob forma digital, ou por outro meio conhecido, de o divulgar através de repositórios científicos e de admitir sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que se seja dado crédito ao autor e (co-) orientadores.

## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar gostaria de agradecer à Professora Doutora Amélia Dionísio e Professora Doutora Filomena Macedo pela oportunidade de ter realizado este trabalho. Por todo a sua dedicação, paciência, amabilidade, compreensão, apoio, recursos e disponibilidade prestados ao longo deste processo.

À Faculdade de Ciências e Tecnologia por deixar-me fazer parte desta grande Instituição e realizar o meu contributo académico. Ao Laboratório de Mineralogia e Petrologia do Instituto Superior Técnico (LAMPIS) e Oz- Diagnósticos, Lda. pela utilização do espaço e equipamentos. Ao Dr. César Garcia, à Dra. Palmira Carvalho, à Dra. Laura Moura e à Dra. Sílvia Sequeira pela assistência, amabilidade, e disponibilidade neste trabalho.

À minha madrinha, veteranos, a todos os meus colegas, amigos, professores, companheiros e a todos que me acompanharam ao longo deste percurso nos bons e maus momentos.

Por último e tendo consciência que sozinho nada disto teria sido acontecido, dirijo um agradecimento especial e muito importante à minha família, que tornaram-me quem sou hoje e fizeram a minha vida académica possível a partir de seu incentivo, coragem, apoio incondicional, compreensão, sacrifício, amizade e carinho demonstrados.

A todos os meus mais sinceros agradecimentos.

## Resumo

O presente trabalho surge da necessidade de identificar um filme negro que atualmente cobre grande parte da escultura *Morte de Cleópatra*, localizada no Jardim Botânico Tropical, em Lisboa.

Procedeu-se à contextualização histórica e artística da escultura. Identificaram-se as formas de degradação que põem em risco a integridade da escultura pétreo, através do seu mapeamento.

Efetuar-se operações *in situ* envolvendo medições colorimétricas, testes de adesão e registo fotográfico. Realizaram-se micro amostragens do filme negro na escultura e no bambu e vinhático-das-ilhas, as quais foram observadas a nível macroscópico e microscópico (ótico e Microscopia Eletrónica de Varrimento) e analisadas por Espectroscopia Infravermelha da Transformada de Fourier em Reflectância Total Atenuada.

O filme negro foi identificado como fumagina e que ocorre devido à escultura possuir no seu redor duas espécies arbóreas afetadas pelo mesmo filme. Os insetos, alimentadores de seiva das plantas segregam e excretam gotas de melada com propriedades açucaradas. Essas gotas caem das folhas para outras zonas e também sobre a escultura. A fumagina formada constitui um fator de risco para a escultura na medida em que a componente fúngica a si associada contribui para o ataque químico do mármore evidenciado pela dissolução parcial dos grãos de calcite.

**Palavras-chave:** *Morte de Cleópatra*; Jardim Botânico Tropical; Mármore Carrara; Fumagina; Biodeterioração; Conservação

## Abstract

The present study arises from the necessity of identifying the black film which currently is covering the sculpture *Death of Cleopatra* located in “Jardim Botânico Tropical” garden, in Lisbon.

A historical and artistic contextualization of sculpture was carried out. The degradation patterns which endanger the integrity of the stone sculpture have been identified through its mapping.

*In situ* operations involving colorimetric measurements, adhesion tests and photographic recording were carried out. Micro samples of the black film were collected in the sculpture and in the *Bambusa vulgaris* and *Persea indica*, which were observed at macroscopic and microscopic level (optical and Scanning Electron Microscopy) and analyzed by Fourier Transform Infrared Spectroscopy in Attenuated Total Reflectance.

The black film, identified as sooty mold, occurs due to the fact that sculpture has in its vicinity two tree species affected by the same film. The insects, sap feeders of plants, secrete and excrete drops of honeydew with sugar properties. These drops fall from the leaves to other areas and also to the sculpture. The sooty mold formed constitutes a risk factor for the sculpture as its fungal component contributes to the chemical attack of the marble evidenced by the partial dissolution of the calcite grains.

**Keywords:** *Death of Cleopatra*; Jardim Botânico Tropical; Carrara Marble; Sooty mold; Biodeterioration; Conservation

## Índice de conteúdos

1. Introdução .....	1
1.1. <i>Morte de Cleópatra</i> .....	2
2. Materiais e métodos .....	3
2.1. Identificação e mapeamento das formas de degradação na <i>Morte de Cleópatra</i> .....	3
2.2. Micro amostragem do filme negro .....	3
2.3. Caracterização colorimétrica do filme negro e do mármore .....	5
2.4. Caracterização da aderência do filme negro .....	6
2.5. Análise por Microscopia Ótica (MO) do filme negro .....	6
2.6. Análise por Microscopia Eletrónica de Varrimento (FEG-MEV) associado a um espectrómetro de raios X de Energia Dispersiva (EDS) do filme negro .....	6
2.7. Análise por Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier de Reflectância Total Atenuada (FTIR-ATR) do filme negro .....	6
2.8. Avaliação do filme negro na escultura.....	6
2.9. Avaliação de risco da limpeza da <i>Morte de Cleópatra</i> .....	7
3. Resultados e discussão .....	7
3.1. Identificação e mapeamento das formas de degradação na <i>Morte de Cleópatra</i> .....	7
3.2. Caracterização colorimétrica do filme negro e do mármore .....	9
3.3. Caracterização da aderência do filme negro.....	9
3.4. Análise por Microscopia Ótica (MO) do filme negro .....	9
3.5. Análise por Microscopia Eletrónica de Varrimento (FEG-MEV) associado a um espectrómetro de raios X de Energia Dispersiva (EDS) do filme negro .....	10
3.6. Análise por Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier de Reflectância Total Atenuada (FTIR-ATR) do filme negro .....	13
4. Reflexão sobre a origem do filme negro na escultura .....	15
5. Avaliação de risco da limpeza da <i>Morte de Cleópatra</i> .....	17
6. Proposta de conservação preventiva, intervenção mínima e manutenção para a <i>Morte de Cleópatra</i> .....	18
7. Conclusões .....	19
8. Referências bibliográficas .....	20

## Índice de Figuras

Figura 1: (A) *Morte de Cleópatra* localizada no JBT (foto tirada a 16 de Janeiro de 2018); (B) Mapa do JBT à escala 1/1000 [5], onde se destaca o percurso visitável (Verde escuro), entrada e saída (“↔”) e as localizações da Estufa (Rosa), do “Relógio de Sol” (“☀”), e as esculturas *Morte de Cleópatra* (Laranja) e *Cáritas Romana* (Vermelho) em 1935 (“✕”) e na atualidade (“○”).

Figura 2: *Morte de Cleópatra* rodeada do bambu (seta azul) e vinhático-das-ilhas (seta laranja).

Figura 3: Diagrama da sequência metodológica experimental da tese e da sua inter-relação.

Figura 4: Faces NE, a SE, a SW e a NW da escultura (Barra de escala: 5cm) onde se assinalam: as zonas de aplicação das fitas adesivas Crystal (a., b., c., d., e. “□”); as zonas de micro amostragem do filme negro (“⊕”); as áreas onde foram efetuadas medições colorimétricas do filme negro e das zonas com o mármore limpo (respetivamente “✕” e “✕”).

Figura 5: (A) Filme negro na escultura onde se assinalam zonas onde o filme negro foi parcialmente removido por bisturi; (B) Folha de vinhático-das-ilhas com e sem filme negro; (C) Folha de bambu com e sem filme negro.

Figura 6: Mapeamento das formas de degradação da pedra ocorrentes nas faces NE, a SE, a SW e a NW da escultura (Barra de escala: 5cm): filme negro (Vermelho); algas, colonização biológica e briófitos (Verde); lacunas (“○”); oxidação dos grampos metálicos (Seta cinzenta); depósitos de argamassa (Laranja); fissuras (“▽”); colonizações líquénicas (“○”).

Figura 7: Imagens microscópicas do isolamento do fungo preto (A, B, C) e do fungo amarelo (D) da microcultura proveniente da escultura, do vinhático-das-ilhas (E), com coloração de lactofucsina: (A) Conidióforos intatos, com esporos e suas hifas; (B, C) Columelas com projeções e seus conidióforos, rodeadas de vários esporos; (D) Columela elipsoidal com projeções e respetivos conidióforos; (E) Conidióforos, conídios e esporos.

Figura 8: Imagens ao Microscópio Eletrónico de Varrimento (MEV) da amostra do filme negro desenvolvido sobre a folha do bambu: (A) EPS do filme fúngico e algal achatado e não uniforme; (B) Biofilme achatado com fungo filamentosos; (C) Algas compactas (setas); (D) Biofilme achatado com estruturas reprodutoras; (E) Biofilme fúngico com esporos na superfície (setas); (F) Biofilme com esporos pequenos na superfície, e possível conídio.

Figura 9: Imagens ao Microscópio Eletrónico de Varrimento (MEV) da amostra do vinhático-das-ilhas: (A) Conídios do filme negro destacados no empacotamento do biofilme; (B) Conídios do filme negro destacadas da amostra, com acrescentos laterais nos conidióforos (setas); (C) Empacotamento do biofilme; (D) Empacotamento do biofilme do filme negro.

Figura 10: Imagens a Microscópio Eletrónico de Varrimento (MEV) da amostra do filme negro desenvolvido sobre a escultura: (A) Destacamento dos conídios na amostra; (B) Empacotamento do biofilme do filme negro; (C) Empacotamentos bio fílmico do filme negro a circundar um grão corroído de calcite (seta); (D) Ampliação (retângulo) da (C) mostrando uma columela e conidióforo, presos a um outro grão corroído de calcite com filme negro (seta); (E, F) Favos da sucrose ou cera, envolta do biofilme do filme negro (seta); (G) Conídios bio fílmicos do filme negro presos num grão corroído de calcite semelhantes a (C); (H) Empacotamento bio fílmico

do filme negro com grãos e fragmentos de calcite; **(I)** Empacotamento bio fílmico do filme negro num grão fragmentado de calcite. **(H, I)** Amostras retiradas das zonas do mármore.

Figura 11: Espectros FTIR-ATR das amostras do filme negro recolhidas do bambu (azul), vinhático-das-ilhas (laranja) e escultura (rosa) com identificação dos grupos funcionais pelas bandas e possíveis derivados (água, cera e sacarose).

Figura 12: Esquema da formação da fumagina/ *sooty mold*: **(A)** Prévio à infestação de uma folha; **(B)** Exemplo de uma espécie (*Aphidoidea* sp. [45], ver mais exemplos no Anexo 4) de insetos alimentadores de seiva capazes de produzir fumagina; **(C)** Secreção e/ou excreção de gotas de melada/ *honeydew* revestidas com película cerosa pela infestação; **(D)** Deposição das gotas do *honeydew* numa outra folha ou escultura por possível queda; **(E)** Início do desenvolvimento de esporos da fumagina; **(F)** Desenvolvimento progressivo da fumagina; **(G)** Aspeto da fumagina no vinhático-das-ilhas e da escultura.

Figura 13: Pormenor do desenvolvimento dos ramos do vinhático-das-ilhas sobre a *Morte de Cleópatra*.

Figura 14: Proposta de estrutura de proteção/ abrigo da *Morte de Cleópatra* contra o contacto direto e indireto das espécies botânicas vinhático-das-ilhas e bambu.

Figura 15: Imagens do estado prévio **(A-11 de Novembro de 2017)** e posterior **(B-16 de Janeiro)** à manutenção da área da *Morte de Cleópatra*.

## **Índice de Tabelas**

Tabela 1: Parâmetros estatísticos das coordenadas colorimétricas registadas nas superfícies: **(A)** do mármore; **(B)** do filme negro das janelas de ensaio a 17 de Janeiro; **(C)** do filme negro das janelas de ensaio a 12 de Junho.

## **Listagem de abreviaturas, siglas e símbolos**

A – Vulnerabilidade de um substrato pétreo às operações de limpeza

a\* – Componente verde-vermelho

ATR – Reflectância Total Atenuada

B – Agressividade e controlo causado pelo método de limpeza no substrato

b\* – Componente azul-amarelo

C – Efeitos sinérgicos entre o substrato afetado (A) e o método de limpeza referido (B)

Cérca – Cerca/Quinta do Palácio de Belém

CERENA – Centro de Recursos Naturais e Ambiente

cE3c – Centre for Ecology, Evolution and Environmental Changes

D – Relevância do objeto e sua afetação pelo processo de limpeza

EDS – Espectrómetro de raios-X Energia Dispersiva

EPS – Substância Poliméricas Extracelulares

FEG – Canhão de Emissão por Campo

FTIR – Espectrómetro de Infravermelho da Transformada de Fourier

IR – Risco de Incompatibilidade

IST-UL – Instituto Técnico Superior, Universidade de Lisboa

JBT – Jardim Botânico Tropical

L – Probabilidade do dano/ Efeitos de limpeza no substrato

L\* – Luminosidade

MEV – Microscopia Eletrónica de Varrimento

MUHNAC – Museu Nacional de História Natural e da Ciência

PDA – Potato Dextrose Agar

WE – Éster de cera

$\Delta$  – Vibração de flexão (“in plane bending”)

v – Vibração de distensão (“stretching”)

## 1. Introdução

Este trabalho pretende ser um contributo para a conservação e valorização da escultura *Morte de Cleópatra*, uma peça pétrea decorativa de exterior, de grande importância artística, localizada no Jardim Botânico Tropical (JBT), em Lisboa (Figura 1A). Este espaço tem a si associado uma história extensa, desde 1559 [1,2,3,4], associada a várias vicissitudes e mudanças estilísticas, muitas das quais se perderam no tempo e no espaço. Apresenta-se no Anexo 1 informação histórica relativa ao jardim.

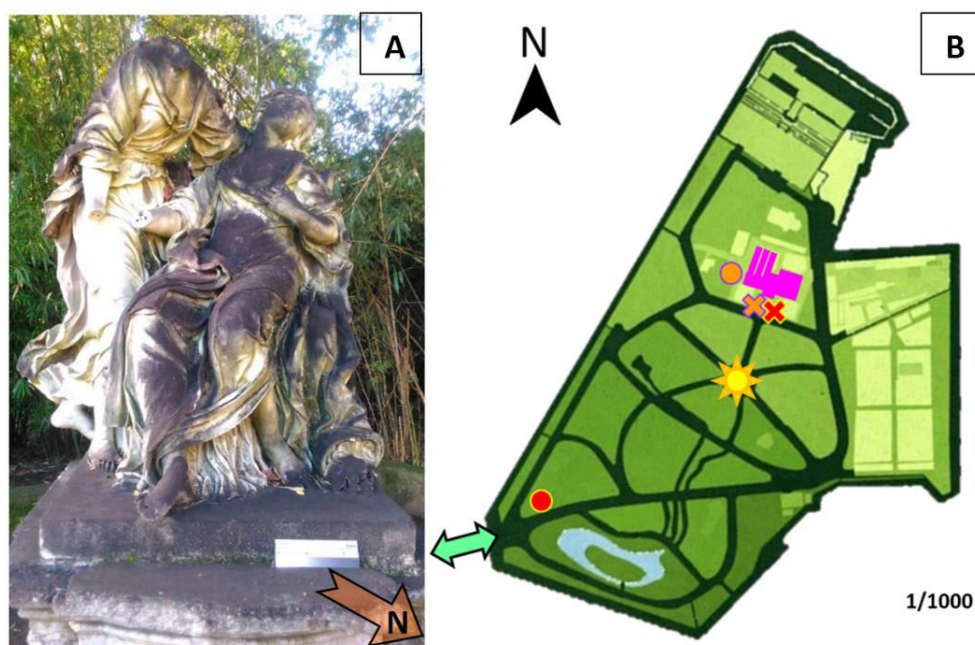


Figura 1: (A) *Morte de Cleópatra* localizada no JBT (foto tirada a 16 de Janeiro de 2018); (B) Mapa do JBT à escala 1/1000 [5], onde se destaca o percurso visitável (Verde escuro), entrada e saída (“↔”) e as localizações da Estufa (Rosa), do “Relógio de Sol” (“☀”), e as esculturas *Morte de Cleópatra* (Laranja) e *Cáritas Romana* (Vermelho) em 1935 (“X”) e na atualidade (“O”).

Há ainda a necessidade de mencionar nesta dissertação, uma outra escultura do JBT, a *Cáritas Romana* (Ver Anexo 1), que apesar de não ser objeto de estudo neste trabalho, sua importância deriva de possuir a mesma proveniência italiana [2,3,4]. Desde a chegada das duas peças a Lisboa no século XVIII, a literatura [2,3,4] coloca-a com a *Morte de Cleópatra* no JBT (Ver Anexo 1), até possivelmente meados da primeira metade do século XX serem recolocadas em pontos extremos do Jardim na Figura 1B. Acresce que apesar de ambas as esculturas terem estado sujeitas a condições ambientais similares, os seus estados de conservação diferenciaram-se com o passar do tempo. Note-se ainda que em 2007, as duas esculturas foram intervencionadas [6,7], com operações de limpeza que, em termos estéticos, permitiram alcançar resultados satisfatórios (Ver Anexo 1). No entanto, uma década após essa intervenção verificou-se que a escultura em estudo neste trabalho apresentava-se com fenómenos de degradação desconhecidos preocupantes, como é o caso do filme negro que cobre a escultura (Figura 1A; Ver Anexo 1), comparativamente à *Cáritas Romana* a qual se encontra em melhor estado de conservação.

Este trabalho tem assim o propósito de tentar responder a algumas das questões colocadas aos problemas de conservação encontrados de maior relevância na escultura, nomeadamente a origem do filme negro generalizada que se observa atualmente (Figura 1A). Constitui igualmente objecto de estudo uma reflexão sobre o plano de intervenção e conservação preventiva a ter lugar (ou não) na escultura e no espaço envolvente, daí o subtítulo dado a este trabalho “Desafios e Oportunidades”.

### 1.1. Morte de Cleópatra

A escultura *Morte de Cleópatra*, datada de 1717, foi realizada pelo escultor italiano Giuseppe Mazzuoli [4,6]. A peça, sensivelmente de escala 1:1, retrata um tema conhecido e contado por Plutarco na Vida de Marco António, através de duas personagens femininas: a Cleópatra, reclinada no trono em abandono e cansaço, que no ato de libertar seu último expiro, inclina a sua cabeça lateralmente para trás expondo um olhar extasiado, enquanto a descobre seus seios com a mão esquerda; e a Aia que segura o ombro esquerdo e a mão direita de Cleópatra, aparentando sustentá-la em apoio da sua perna direita. Ambas as personagens possuem uma roupa ampla e esvoaçante a representar movimento. Na lateral esquerda da Cleópatra existe um cesto, possivelmente com figos e suas folhas.

Na lateral da base da escultura (lado SE) há a seguinte inscrição a letras maiúsculas: “IOSEPH MAZZVOLI SENENSIS FECIT ROMA ANNO MDCCXVII”; traduzindo-se: “Giuseppe Mazzuoli, Siena, feito em, Roma, Ano 1717”, indicando deste modo o nome do escultor, o lugar onde foi feita e o ano de execução. De acordo com Varela [3], existem dois estudos preparatórios datados de 1713 (Ver Anexo 1). Sabe-se que em 1737, por ordem de aquisição de D. João V, a escultura *Morte de Cleópatra* já encontrava-se em Lisboa [1,2,3,4,6]. No Anexo 1 apresenta-se uma justificação da iconografia e pormenores sobre a sua execução, assim como do plinto. Alguns elementos da literatura referem que para a execução da escultura foi utilizado mármore branco italiano da região de Carrara [2,3,4,6]. Através de análise isotópica foi corroborada a sua proveniência [6]. No Anexo 1 apresenta-se, mais em pormenor, os resultados dessa técnica.

Atualmente a escultura *Morte de Cleópatra* encontra-se numa zona não integrada no percurso visitável do Jardim (Figuras 1, 2). A Sul e Oeste, a escultura encontra-se rodeada por espécies botânicas de diferente porte e copa a fazer-lhe sombra (Figura 2), o bambu (*Bambusa vulgaris*) e vinhático-das-ilhas (*Persea indica*). Refira-se que o vinhático-das-ilhas ocorre neste único local do Jardim, e como tal questões relacionadas com a sua preservação também têm de ser tidas em conta. Estranhamente, observou-se que algumas das folhas das espécies biológicas (bambu vulgar e vinhático-das-ilhas) envolventes da *Morte de Cleópatra* possuem também na sua superfície um filme negro semelhante ao encontrado na escultura e que, possivelmente pelo seu desenvolvimento, condicionam condições micro climáticas (Figuras 1A, 2). A Este e Norte há um espaço reservado amplo, de entrada e saída aos funcionários do jardim, que permite um fácil acesso a um armazém, à “estufa dos anjinhos” (N) e à estufa principal (E).

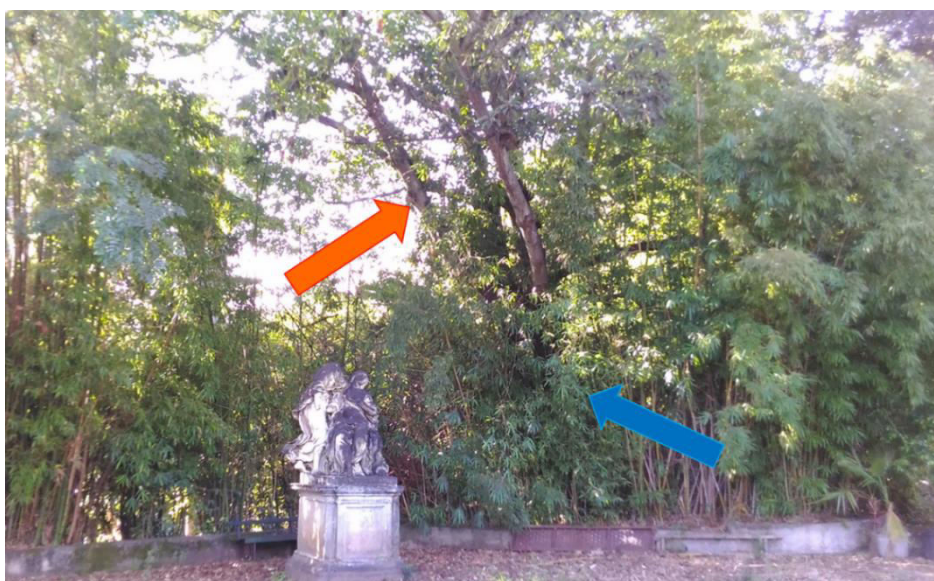


Figura 2: *Morte de Cleópatra* rodeada do bambu (seta azul) e vinhático-das-ilhas (seta laranja).

## 2. Materiais e métodos

O trabalho experimental desenvolveu-se em duas vertentes principais: uma primeira parte de pesquisa bibliográfica, não só sobre a escultura e o JBT, como também sobre as possíveis origens do filme negro observado e suas influências sobre a pedra. No que se refere à temática do desenvolvimento e origem do filme negro em superfícies pétreas, a integração desta informação será apresentada aquando na discussão dos resultados obtidos neste trabalho.

Na segunda parte correspondente a um trabalho experimental, seja *in situ* (reconhecimento macroscópico das formas de degradação e respetiva análise de fotografias por programa, recolha de micro amostras, caracterização colorimétrica e da aderência do filme negro e do mármore de Carrara), seja numa componente mais laboratorial (envolvendo, por exemplo a caracterização por FTIR-ATR e FEG-MEV das micro amostras coligidas, assim como a aplicação de ferramentas de análise de imagem). Constituiu igualmente objeto de interesse a realização de uma reflexão sobre a avaliação dos riscos associados à tomada de decisão de uma possível limpeza desta escultura. Apresenta-se na Figura 3 o diagrama experimental deste trabalho, sendo as várias etapas/fases aí mencionadas em sequência no decorrer deste capítulo.

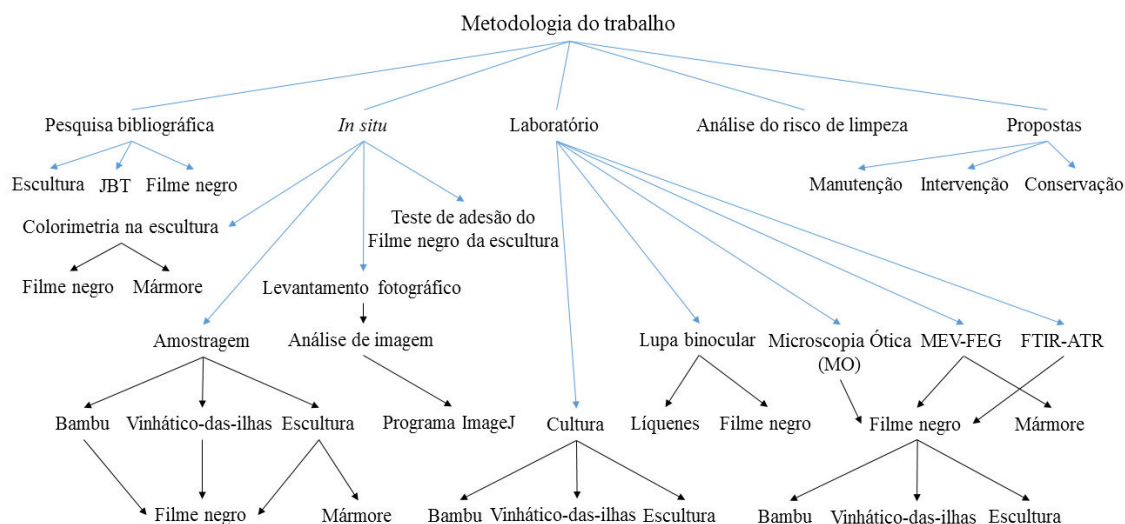


Figura 3: Diagrama da sequência metodológica experimental da tese e da sua inter-relação.

### 2.1. Identificação e mapeamento das formas de degradação na *Morte de Cleópatra*

O mapeamento das formas de degradação constituiu um procedimento de diagnóstico de registo visual necessário, pois estabelece um ponto de referência relativo à extensão deste na escultura. Na identificação macroscópica destas formas utilizou-se a nomenclatura proposta pelo ICOMOS-ISC [8]. Procurou-se identificar os organismos presentes na escultura (e.g. algas, cianobactéria, fungos, líquenes, briófitos) [9-12]. Acresce que, para além do mapeamento efetuado (Figura 4), foi estimada a área ocupada por algumas formas de degradação. Deste modo fez-se o levantamento fotográfico e utilizou-se uma ferramenta de análise de imagem (programa ImageJ).

### 2.2. Micro amostragem do filme negro

De modo a identificar o filme negro e compreender a sua origem foi necessário recolher micro amostras deste filme. Foram coligidas *in situ*, por raspagem, 20 micro amostras do filme negro em diferentes alçados e cotas da escultura (Figura 4).

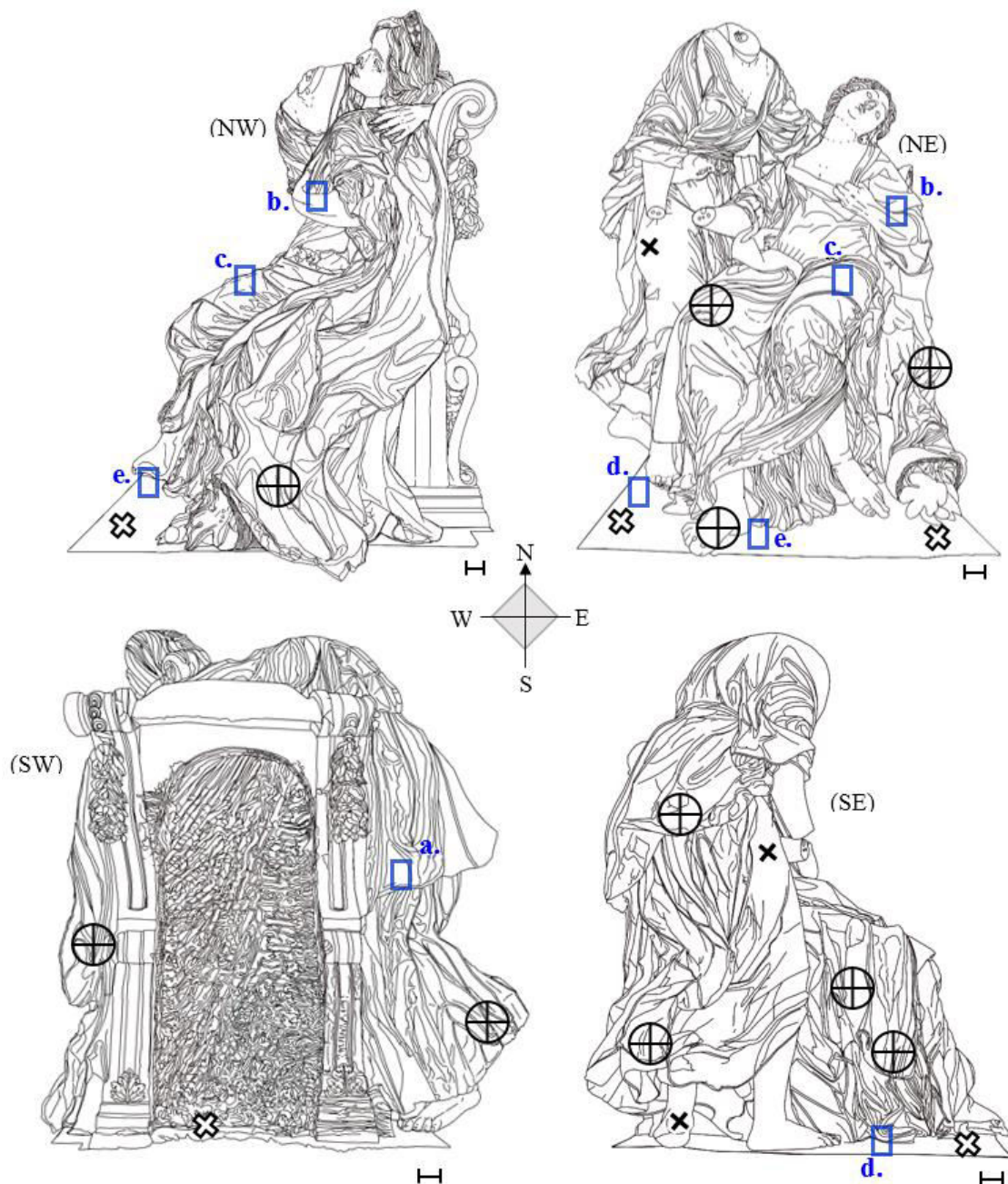






Figura 4: Faces NE, a SE, a SW e a NW da escultura (Barra de escala: 5cm) onde se assinalam: as zonas de aplicação das fitas adesivas Crystal (a., b., c., d., e. “”); as zonas de micro amostragem do filme negro (“”); as áreas onde foram efetuadas medições colorimétricas do filme negro e das zonas com o mármore limpo (respetivamente “” e “”).

A raspagem foi feita usando bisturis esterilizados, tendo as amostras sido acondicionadas em eppendorfs (igualmente esterilizados) e claramente identificados. Acrescenta-se que, devido às folhas das espécies biológicas (no bambu e no vinhático-das-ilhas) envolventes à *Morte de Cleópatra* possuírem na sua superfície um filme negro semelhante ao encontrado na escultura efetuou-se igualmente a sua amostragem em idênticas condições. Apresenta-se na Figura 5 o aspeto do filme negro desenvolvido e amostrado na superfície da escultura e em folhas do vinhático-das-ilhas e bambu.

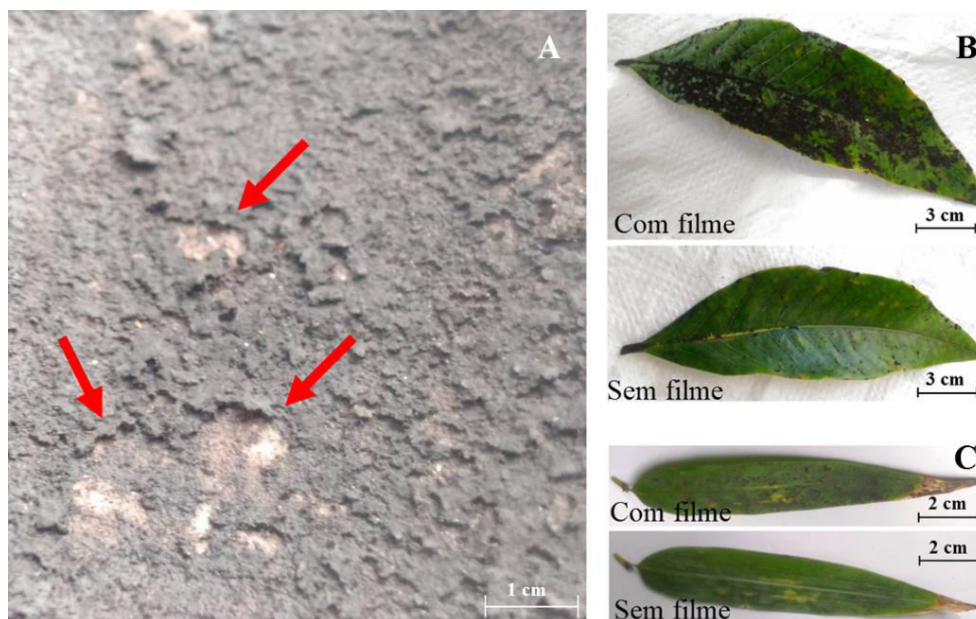


Figura 5: (A) Filme negro na escultura onde se assinalam zonas onde o filme negro foi parcialmente removido por bisturi; (B) Folha de vinhático-das-ilhas com e sem filme negro; (C) Folha de bambu com e sem filme negro.

### 2.3. Caracterização colorimétrica do filme negro e do mármore

Com esta caracterização pretende-se um registo atual das duas superfícies (filme negro e mármore). A quantificação colorimétrica do filme negro e do substrato pétreo foi obtida usando as coordenadas cromáticas no sistema colorimétrico de referência CIELAB 1976, ou seja, as coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ .

Para a quantificação da cor usou-se um espetro colorímetro Minolta-modelo CM-580i. Para as medições colorimétricas foi utilizado um equipamento portátil Minolta modelo CM-580i que possui um sistema de iluminação difusa e um ângulo de observação de  $8^\circ$  sobre a normal às amostras em estudo (geometria d/8). O diâmetro de medição da amostra é aproximadamente 8 mm (um valor adequado para a medição colorimétrica quer em rochas monocromáticas quer policromáticas). Cada medição efetuada corresponde à média de 8 leituras. Para as medições efetuadas foram utilizados o observador normalizado CIE  $2^\circ$  e o iluminante  $D_{65}$  (que representa a luz média diurna incluindo a radiação ultravioleta com temperatura de cor correlacionada 6504K). Para a quantificação da cor neste trabalho foram usadas as coordenadas cromáticas no sistema colorimétrico de referência CIE 1931 [13], no espaço cromático CIE.

Foram consideradas três áreas (10x10cm) representativas do filme negro ocorrente na escultura (Figura 4), nas quais realizaram-se 6 medições em duas épocas do ano diferentes (Janeiro e Junho). Cada medição correspondeu à média de 3 leituras. Procurou-se igualmente que as localizações das três áreas (Figura 4) tivessem diferentes exposições ambientais: frente (NE), lateral direita da peça (SE) e verso do trono (SW). Nestas janelas de ensaio efetuou-se periodicamente medições colorimétricas (utilizando o equipamento referido anteriormente), assim como registo fotográfico (câmara ASUS versão 2.0.66.0\_160616). Efetuou-se igualmente medições em duas áreas com tonalidade próxima da rocha original (mármore de Carrara) que foram consideradas como referência (Figura 4). A Comissão Internacional da Iluminação (CIE) estabeleceu padrões que permitem definir uma cor independentemente dos dispositivos utilizados.

Os valores medidos pelo colorímetro permitiram a determinação da diferença de cor total ( $\Delta E^*$ ) induzida pelo filme negro por comparação o mármore. Para o efeito foi utilizada a equação proposta pelo CIE e apresentada em Mokrzycki & Tatol [13]:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

Onde a coordenada  $L^*$  indica a luminosidade,  $a^*$  a componente verde-vermelho e  $b^*$  a componente azul-amarelo.

#### **2.4. Caracterização da aderência do filme negro**

Para estimar o grau de aderência e consequente facilidade da remoção do filme negro da superfície da escultura aplicaram-se tiras de fitas adesiva transparente Scotch® Crystal Clear Tape, de comprimento aproximado de 5 cm. As tiras de fita adesiva foram aplicadas em cinco áreas da escultura (Figura 4) com maior presença do filme, levemente alisadas com o dedo, e posteriormente removidas para avaliar a superfície, quanto à quantidade de material negro aderido. Tanto quanto foi possível investigar não existe nenhum método padronizado para avaliação da aderência deste gênero de filme ao suporte pétreo. Deste modo, adaptou-se o procedimento proposto por Drdácý et al. [14] desenvolvido especialmente para avaliação da coesão superficial dos materiais pétreos.

#### **2.5. Análise por Microscopia Ótica (MO) do filme negro**

As amostras recolhidas, ainda frescas, foram cultivadas em meio de cultura orgânico Potato Dextrose Agar (PDA) durante 3 semanas, a 24°C. Posteriormente foram observadas ao microscópio ótico (Zeiss, modelo Axio) para a identificação dos microrganismos presentes nas amostras dos filmes negros, provenientes da escultura, vinhático-das-ilhas e bambu. Para a identificação destas micro culturas recorreu-se a bibliografia especializada [15,16].

#### **2.6. Análise por Microscopia Eletrônica de Varrimento (FEG-MEV) associado a um espectrómetro de raios X de Energia Dispersiva (EDS) do filme negro**

Para esta análise de FEG-MEV usaram-se três amostras de filme negro (escultura, bambu e vinhático-das-ilhas) e uma amostra retirada da escultura numa área sem filme negro (com o mármore de Carrara visível). As amostras foram previamente revestidas com um filme ultra fino de ouro/paládio (Au/Pd) e secas em vácuo a temperatura ambiente para posterior análise. Foi utilizado um Microscópio Eletrônico de Varrimento Hitachi S-2400 SEM com um espectrómetro de Raios-X de Energia Dispersiva (EDS) Nano GmBH Bruker Quantax e detectores elementares de luz (XFlash 5010), existente no Microlab, IST-UL. As medições foram realizadas a 10 kV, a resolução de 1 a 10  $\mu\text{m}$ , com ampliações de 170 a 6000 x.

#### **2.7. Análise por Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier de Reflectância Total Atenuada (FTIR-ATR) do filme negro**

Em paralelo, para identificar os constituintes das três amostras recorreu-se à técnica de análise por Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier de Reflectância Total Atenuada (FTIR-ATR). As amostras foram analisadas utilizando um espectrómetro Nicolet Magna FTIR 550 (IST-UL), com uma unidade de reflectância Smart Miracle TM-Pike Technologies com uma célula de cristal ZnSe. A aquisição foi realizada entre 4000 – 500  $\text{cm}^{-1}$ , com uma resolução 4  $\text{cm}^{-1}$ .

#### **2.8. Avaliação de risco da limpeza da *Morte de Cleópatra***

Na eventualidade de vir a efetuar-se, no curto médio prazo, uma intervenção na escultura, concluiu-se ser benéfico equacionar se alguns dos atos de conservação poderiam causar dano para a escultura. Deste modo, procurou-se avaliar os riscos de incompatibilidade (IR) numa intervenção de limpeza na escultura, utilizando a metodologia proposta por Revez & Rodrigues [17] e considerando apenas limpeza aquosa com escovagem manual.

## **2.9. Proposta de conservação preventiva, intervenção e manutenção para a *Morte de Cleópatra***

Conforme as condições atuais da escultura e os princípios consagrados de Conservação e Restauro propõem-se algumas medidas de conservação preventiva, de intervenção e de manutenção.

Segundo o ICOMOS [18], a conservação preventiva considera “medidas para minimizar a deterioração ou dano do património, e evitar possíveis restauros ou intervenções”.

A intervenção mínima deve de ser entendida como a menor “ação necessária para assegurar a retenção dos valores tangíveis e não tangíveis e a continuar os usos integrais dos seus valores” [18].

A manutenção refere-se “a cuidados regulares para prevenir deterioração e reter o valor do património cultural” [18], ou seja, realizar medidas periódicas capazes de manter um bom estado de conservação da obra e sua envolvente.

## **3. Resultados e discussão**

### **3.1. Identificação e mapeamento das formas de degradação na *Morte de Cleópatra***

No que se refere às formas de degradação mais relevantes verifica-se que as mesmas pertencem fundamentalmente a três famílias principais [8]: “Colonização biológica”, “Formas devidas à perda de material” e “Alteração cromática e Depósito”.

Na categoria “Colonização biológica”, para além da infestação de macrorganismos (gastrópodes, insetos, aves, felinos), há o desenvolvimento de briófitos, líquenes (*Aspicilia* sp., *Candelariella* sp., *Trentepohlia* sp., *Xanthoria* sp. e *Physcia* sp.) e algas verdes (Figura 6). Ver Anexo 2, os exemplares de líquenes anteriormente referidos sob lupa binocular.

Relativamente a “Formas devidas à perda de material” observa-se a ocorrência de duas tipologias de degradação: lacunas e picamento. As lacunas estão localizadas na figura da Aia (mão direita e cabeça) e da Cleópatra (mão direita, dedos indicador e mínimo da mão esquerda, dedos grande, índice e médio do pé direito, e nariz), assim como no trono (ornamentos superiores e médio direito), e no perímetro do piso da escultura (Figura 6). O picamento encontra-se presente um pouco por toda a escultura, especialmente na face N, e apresenta-se sob a forma de pequenas perfurações cilíndricas (2-6 mm), que são pouco perceptíveis à distância (Figura 6).

De acordo com o ICOMOS-ISC [8] o filme negro é considerado uma “Alteração cromática e depósito” e foi a principal forma de degradação encontrada neste estudo. Esta degradação destaca-se, pela extensão e impacto visual. Este filme opaco (2-6 mm de espessura) cobre a maior parte da superfície do mármore, especialmente na parte frontal da figura da Cleópatra e nos versos superiores da Aia e do trono (Figura 6). Este filme, de acordo com a definição proposta pelo ICOMOS-ICS [8] pode definir-se como uma “camada artificial muito fina, geralmente de natureza orgânica e geralmente homogénea, que reveste a superfície da pedra. Um filme pode ser opaco ou translúcido”. Neste caso o filme negro é opaco.

Observou-se ainda a ocorrência de depósitos de argamassa mais presentes na Aia, com claros desníveis ao longo do verso do seu braço direito (especialmente no seu cotovelo) e no seu traje. De autoria desconhecida, estes não podem ser considerados restauros, devido ao baixo nível profissional de aplicação da argamassa no contraste proeminente de cor e a diferença granulometria presente ao mármore (Figura 6). Aparenta ainda haver manchas cinzentas no mármore, devido provavelmente às escorrências do material argamassa (por uma má qualidade e aplicação) pelas chuvas ou humidade (Figura 6).

Quanto às formas de degradação menos relevantes destacam-se na categoria “Alteração cromática e Depósito” a presença de: (i) Sujidade derivada de poeiras e matéria orgânica morta das espécies botânicas superiores e organismos. (ii) Oxidação dos grampos metálicos que serviram de ligação das diferentes peças da escultura (Figura 6). (iii) Graffiti, que apesar da escultura não estar diretamente afetada pelos vandalismos causados nas últimas décadas a outras

peças do JBT, a NW do seu plinto há resíduos de um ato de vandalismo (a palavra “KELNONI”) já registado numa outra dissertação [6].

Em termos da família “Fenda e Deformação” há a assinalar um pequeno número de fissuras, localizadas em duas zonas no traje da Aia (perto da cintura e pé direito) e junto às lacunas na base da escultura cimentada ao plinto (Figura 6). Acresce-se que no caso de fissuras, e outras formas de degradação observadas na escultura, e.g. lacunas e a oxidação dos grampos metálicos, apesar de serem incorporadas nos mapeamentos (Figura 4), estas são consideradas não preocupantes relativamente às formas de degradação referidas anteriormente.

Ver em Anexo 2 a estimativa da área ocupada pelo negro, camada algal, depósitos de argamassa e de mármore na *Morte de Cleópatra* por base na ferramenta de análise de imagem (programa ImageJ).

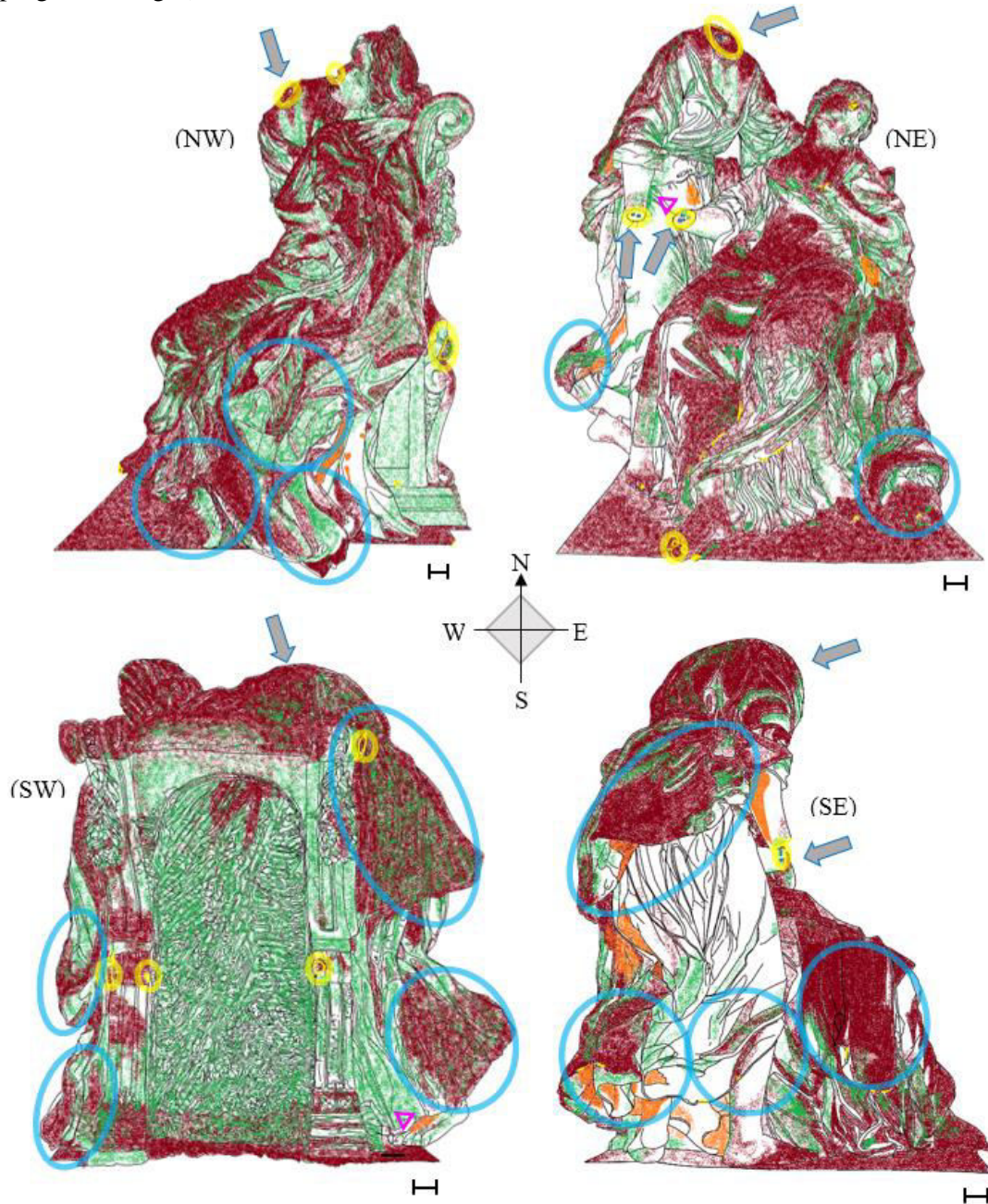


Figura 6: Mapeamento das formas de degradação da pedra ocorrentes nas faces NE, a SE, a SW e a NW da escultura (Barra de escala: 5cm): filme negro (Vermelho); algas, colonização biológica e briófitos (Verde); lacunas (“○”); oxidação dos grampos metálicos (Seta cinzenta); depósitos de argamassa (Laranja); fissuras (“▽”); colonizações líquénicas (“○”).

### 3.2. Caracterização colorimétrica do filme negro e do mármore

Em termos colorimétricos observa-se que o filme negro se manteve praticamente inalterado (Tabela 1) nos dois períodos de medição. Desta forma, este filme negro caracteriza-se por valores baixos da componente  $L^*$  (média:  $32,07 \pm 3,23$ ), identificando um padrão colorimétrico escuro que varia entre um máximo de 39,12 e um mínimo de 29,28. É um filme que promove grande contraste colorimétrico com a pedra usada nesta escultura, o mármore de Carrara [6]. De facto, as medições efetuadas (Tabela 1) nas áreas mais próximas da coloração original evidenciam parâmetros de cor elevados em termos de luminosidade  $L^*$  (média:  $78,39 \pm 5,27$ ).

Os valores de  $a^*$  e  $b^*$  do filme negro ( $a^*$ : média de  $1,44 \pm 0,19$ , máximo de 1,62 e mínimo de 1,29; e  $b^*$ : média de  $2,38 \pm 0,58$ , máximo de 3,33 e mínimo de 1,84) distinguem-se dos obtidos no mármore, conforme se pode verificar da análise da Tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros estatísticos das coordenadas colorimétricas registadas nas superfícies: (A) do mármore; (B) do filme negro das janelas de ensaio a 17 de Janeiro; (C) do filme negro das janelas de ensaio a 12 de Junho.

	A Superfícies da escultura com o mármore			B Superfícies do filme negro a 17 de Janeiro			C Superfícies do filme negro a 12 de Junho		
	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$L^*$	$a^*$	$b^*$
<b>Média</b>	78,39	0,23	6,51	31,00	1,44	2,38	33,85	1,75	2,47
<b>Desvio-Padrão</b>	5,27	0,09	1,59	2,03	0,19	0,58	4,57	0,83	1,05
<b>Mínimo</b>	73,61	0,10	5,10	29,28	1,29	1,84	31,00	1,20	1,85
<b>Máximo</b>	85,00	0,36	9,11	33,75	1,62	3,33	39,12	2,72	3,69

A diferença de cor total registada da superfície do mármore e do filme negro foi de 46,5 unidades ( $\Delta E^*$ ), que é um valor substancialmente mais elevado do que o considerado para o limiar da perceção humana ( $5 < \Delta E^*$ ) [13].

### 3.3. Caracterização da aderência do filme negro

A realização deste teste (Ver Anexo 3) permitiu verificar que as fitas adesivas não conseguiram retirar porções significativas e uniformes do filme negro. No Anexo 3 encontra-se uma sequência fotográfica das áreas da escultura antes e após a aplicação das fitas adesivas. Cada remoção com a fita adesiva retirou uma porção não significativa do filme negro, isto é, manteve-se uma tonalidade escura na superfície pétreo, após este procedimento. O que permite inferir que este filme possui uma elevada aderência à pedra (Ver Anexo 3), ainda que apresente espessura não uniforme.

### 3.4. Análise por Microscopia Ótica (MO) do filme negro

Após observação macroscópica e microscópica do filme negro verificou-se que o mesmo era composto maioritariamente por fungos e por uma substância negra pegajosa e desconhecida.

As micro culturas dos filmes negros retiradas do vinhático-das-ilhas e da escultura revelaram um desenvolvimento da cultura, que foi posteriormente isolado conforme as cores e aspeto apresentado pelos espécimes. No entanto, a cultura obtida do bambu não cresceu em PDA.

Isolaram-se 2 géneros de microrganismos derivados da micro cultura do filme negro da escultura, um de cor negra e outro amarelo, após o crescimento em PDA. Estas amostras foram

analisados por microscopia ótica e verificou-se que ambos os fungos pertencem ao gênero *Mucor* e às espécies *Mucor plumbeus* (cor preta) e *Mucor hiemalis* (cor amarela) [15].

*Mucor plumbeus* (Figura 7A, B, C) é uma espécie que cresceu em PDA com cor cinzenta ou cinzento-esverdeada clara, cujos conidióforos possuem paredes ligeiramente encrustadas, ramificados (simpodial e monopodial), constringidos e recurvados abaixo do esporângio (Figura 7A). O esporângio hialino torna-se castanho-escuro a castanho acinzentado com passagem do tempo, com paredes superiores espinulosas. As columelas hialinas geralmente cónicas podem ser piriforme, obovoides com uma base truncada ou elipsoidal a cilíndrica-elipsoidal, e é comum terem severas projeções, com colar presente [15]. Note-se que na Figura 7, as amostras encontram-se coradas de cor rosa devido à lactofucsina.

*Mucor hiemalis* (Figura 7D) é uma espécie cuja colônia que cresceu em PDA com inicialmente cor amarelo creme, mas torna-se castanho-escuro conforme seu desenvolvimento [15]. Os seus conidióforos amarelos começam simples, mas crescem ligeiramente ramificados e de forma simpodial [15]. Os conidióforos são elipsoidais ou ocasionalmente em forma de rim. E as suas columelas hialinas são elipsoidais e truncadas na base quando crescem [15].

Na micro cultura do vinhático-das-ilhas (Figura 7E) isolou-se um microrganismo, que cresceu em PDA com cor verde-oliveira, porém não foi possível identificá-lo.

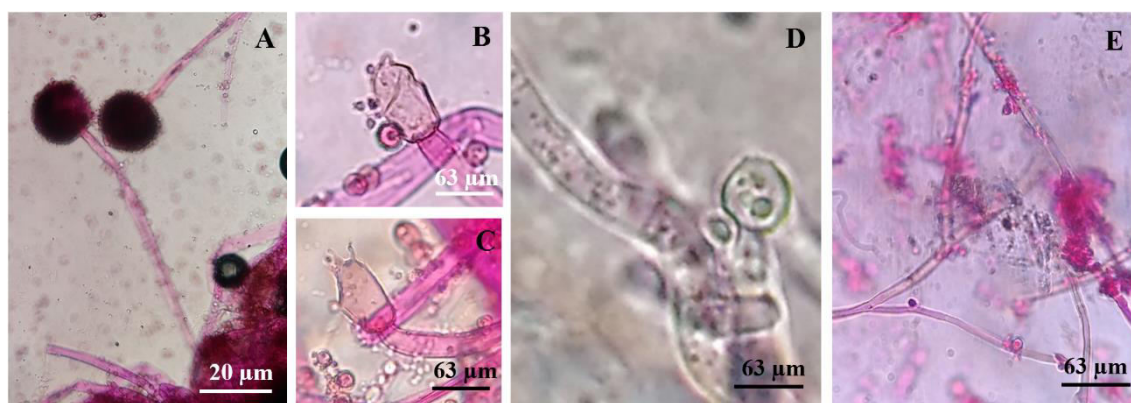


Figura 7: Imagens microscópicas do isolamento do fungo preto (A, B, C) e do fungo amarelo (D) da microcultura proveniente da escultura, do vinhático-das-ilhas (E), com coloração de lactofucsina: (A) Conidióforos intatos, com esporos e suas hifas; (B, C) Columelas com projeções e seus conidióforos, rodeadas de vários esporos; (D) Columela elipsoidal com projeções e respectivos conidióforos; (E) Conidióforos, conídios e esporos.

### 3.5. Análise por Microscópio Eletrônico de Varrimento (FEG-MEV) associado a um espectrômetro de raios X de Energia Dispersiva (EDS) do filme negro

Nas imagens de MEV do filme negro retirado do bambu observou-se vários empacotamentos de conídios fúngicos fortemente interligados e associados em grande abundância, o que dificultou a identificação do gênero (Figura 8A). Em áreas de estruturas poliméricas extracelulares (EPS) empacotadas identificou-se também a presença de dois outros elementos orgânicos: algumas algas, que parecem tomar uma forma de coral (Figura 8C) e alguns esporos presos ao filme fúngico (Figuras 8C-F).

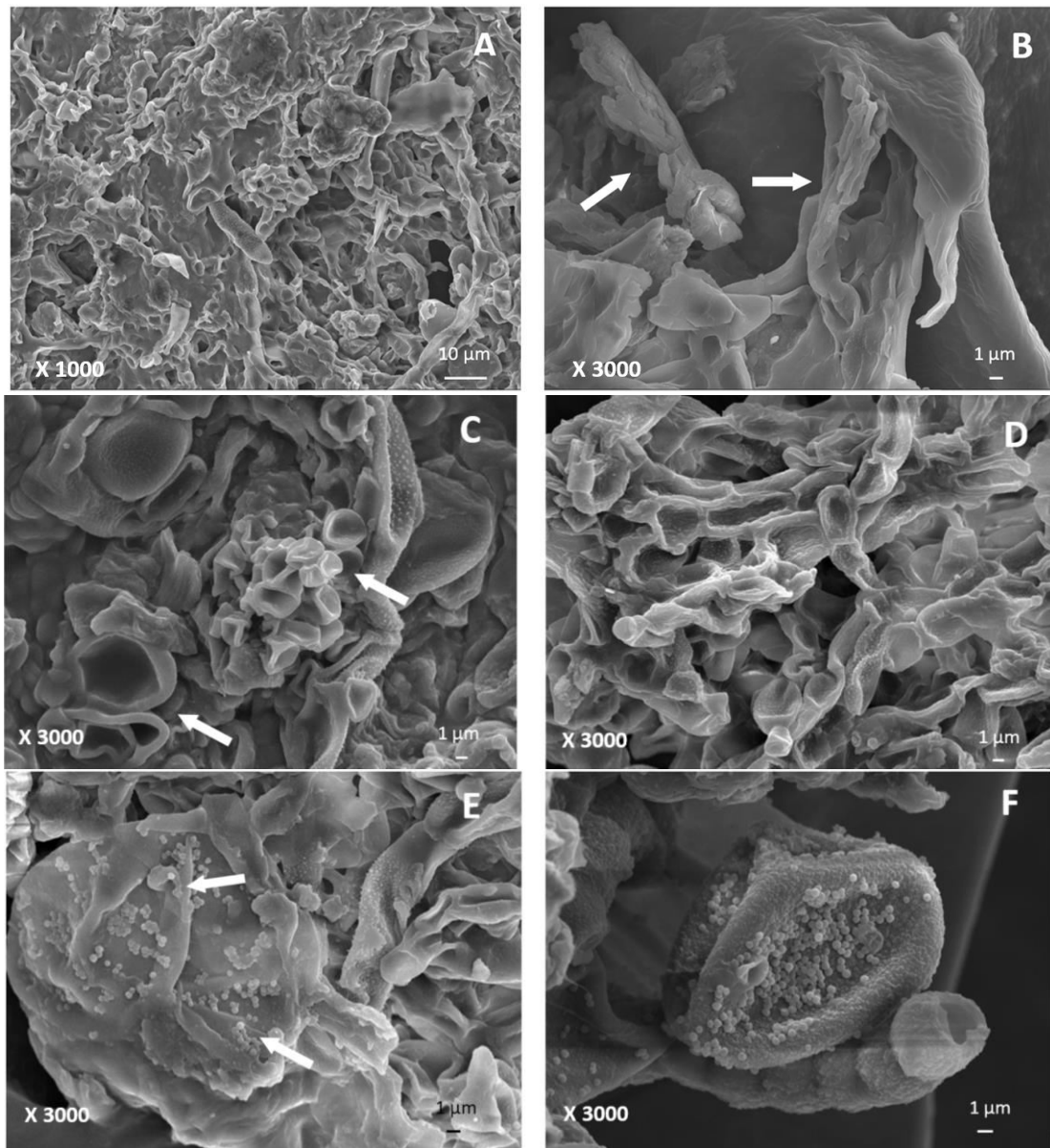


Figura 8: Imagens ao Microscópio Eletrônico de Varrimento (MEV) da amostra do filme negro desenvolvido sobre a folha do bambu: (A) EPS do filme fúngico e algal achatado e não uniforme; (B) Biofilme achatado com fungo filamentosos; (C) Algas compactas (setas); (D) Biofilme achatado com estruturas reprodutoras; (E) Biofilme fúngico com esporos na superfície (setas); (F) Biofilme com esporos pequenos na superfície, e possível conídio.

Na observação ao MEV do filme negro que cobre o vinhático-das-ilhas verificou-se que o género de conídios (e seu empacotamento) é semelhante ao observado no filme negro desenvolvido sobre o bambu (Figuras 8 e 9). Em semelhança à literatura [19,20], no caso de estudo observa-se um desenvolvimento, em grande quantidade, dos conídios tálco-artirico [16] (Figuras 9A-B) ao longo da superfície fúngica, identificados pela forma semi-oval bem delineada nas paredes.

Tal como no caso do filme negro desenvolvido no bambu, nesta amostra observou-se um empacotamento de EPS não identificáveis com estruturas reprodutoras (Figura 9C). Porém, notou-se neste caso, que o biofilme se apresentava mais seco e ligado entre si e algumas algas esmagadas (Figura 9D).

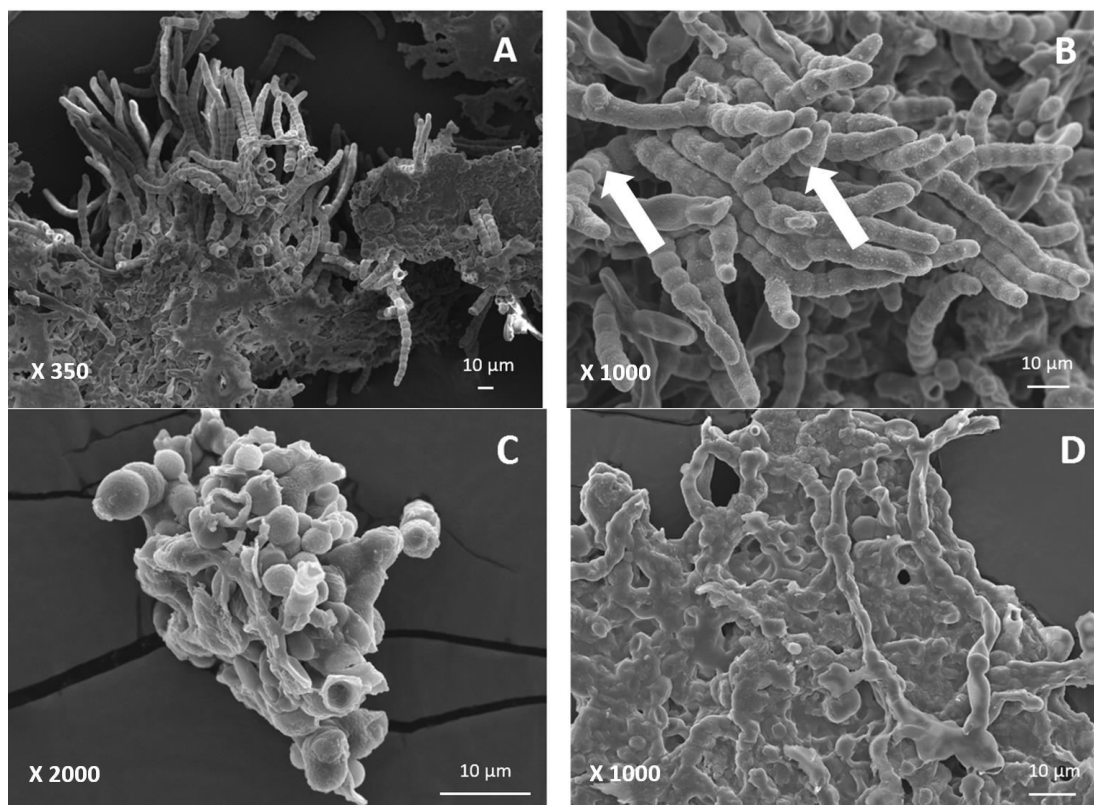


Figura 9: Imagens ao Microscópio Eletrónico de Varrimento (MEV) da amostra do vinhático-das-ilhas: (A) Conídios do filme negro destacados no empacotamento do biofilme; (B) Conídios do filme negro destacadas da amostra, com acrescentos laterais nos conidióforos (setas); (C) Empacotamento do biofilme; (D) Empacotamento do biofilme do filme negro.

Da observação ao MEV do filme negro retirado da escultura verificou-se uma maior quantidade de estruturas poliméricas extracelulares empacotadas com estruturas reprodutoras comparativamente às observadas nos filmes negros retirados das espécies biológicas (Figuras 8A, 9C e 10B). Os conídios observados nesta amostra (Figura 10A) são semelhantes aos observados no filme negro do vinhático-das-ilhas, ainda que com menor desenvolvimento (Figura 9A).

Em comparação às outras amostras, e devido ao facto do filme negro ter sido recolhido de um substrato pétreo, observou-se alguns grãos de calcite com textura irregular e, semelhante a um padrão de dissolução diferencial dos grãos minerais (Figuras 10C, D, G). Colocando-se a hipótese de um possível ataque químico à pedra da escultura promovido pelo filme negro. De facto, a análise ao MEV de amostras de pedra da escultura não afectadas pelo desenvolvimento do filme negro, verifica-se que os grãos de calcite mostram as suas superfícies sem sinais de este ataque (Figuras 10H, I).

Burford et al. [21] referem que o género identificado anteriormente (*Mucor* sp.) se desenvolve bem sobre mármore e que algumas formas deste fungo causam dissolução da calcite. Em comparação com Garcia-Vallès [22] confirmou-se que a textura “espinhosa” registada (Figuras 10C, D, G), é indício de uma ação química, uma bio corrosão causada pelos fungos à superfície dos grãos de calcite do substrato pétreo, neste caso mármore de Carrara. Esta dissolução decorre de os fungos excretarem ácidos que atacam a pedra e causam a acumulação radial de cristais de calcite [22], tal como observado na escultura (Figuras 10C, D, G). Acresce que para além dos grãos estarem rodeados por conídios e biofilme (Figuras 10C, D), em um dos casos observou-se um possível exemplar (Figura 10D) de uma zygomycota (com columela e conidióforo) presa ao grão.

Através desta técnica analítica foi possível observar estruturas indiciadoras da ocorrência de um composto carboidratado associado a um açúcar (Figuras 10E, F). Neste panorama, encontram-se estruturas de forma circunferencial e com aparência a favos de cera, porém irregulares (Figuras 10E, F). Após pesquisa bibliográfica, estas estruturas foram associadas a um composto carboidrato (possivelmente sucrose) ou uma estrutura de cera, que posteriormente houve desenvolvimento de fungos à volta da zona [23-25].

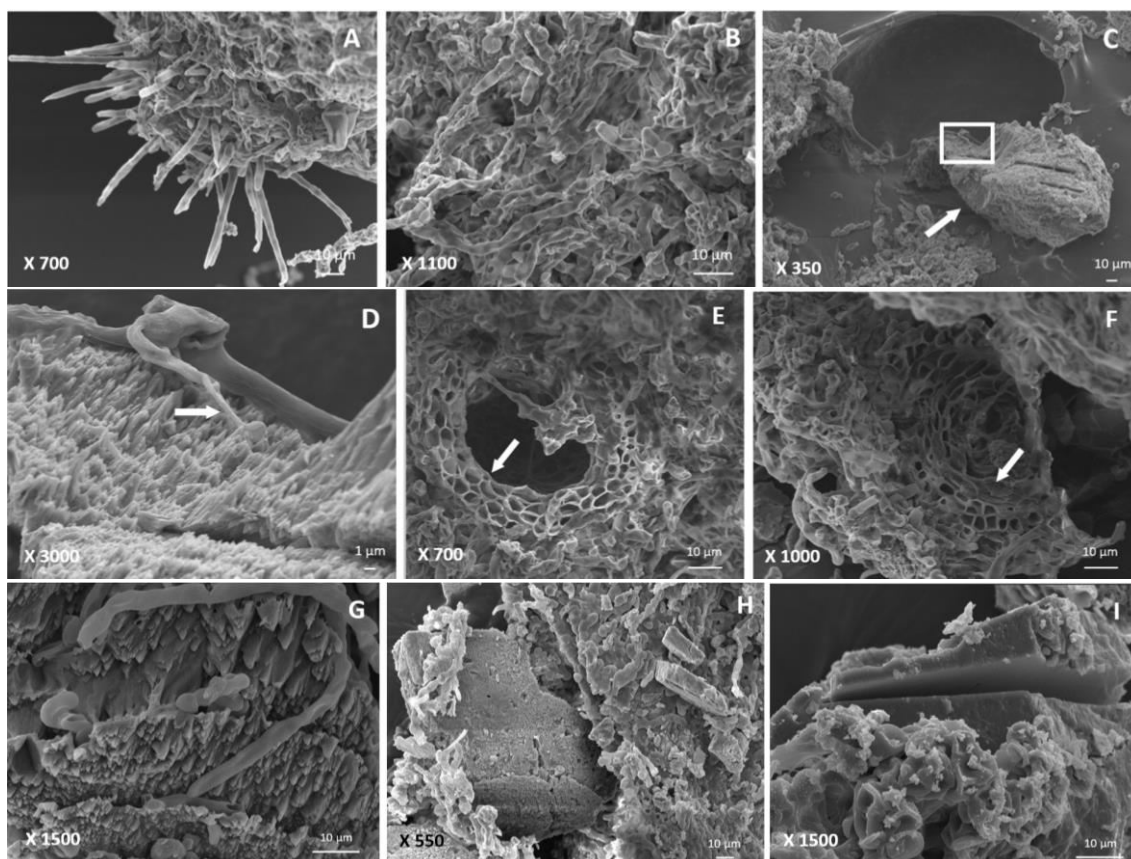


Figura 10: Imagens a Microscópio Eletrônico de Varrimento (MEV) da amostra do filme negro desenvolvido sobre a escultura: (A) Destacamento dos conídios na amostra; (B) Empacotamento do biofilme do filme negro; (C) Empacotamentos biofílmico do filme negro a circundar um grão corroído de calcite (seta); (D) Ampliação (retângulo) da (C) mostrando uma columela e conidióforo, presos a um outro grão corroído de calcite com filme negro (seta); (E, F) Favos da sucrose ou cera, envolta do biofilme do filme negro (seta); (G) Conídios biofílmicos do filme negro presos num grão corroído de calcite semelhantes a (C); (H) Empacotamento biofílmico do filme negro com grãos e fragmentos de calcite; (I) Empacotamento biofílmico do filme negro num grão fragmentado de calcite. (H, I) Amostras retiradas das zonas do mármore.

### 3.6. Análise por Espetroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier de Reflectância Total Atenuada (FTIR-ATR) do filme negro

Apresenta-se na Figura 11 os espectros obtidos por FTIR-ATR para as amostras de filmes negros coligidos das espécies botânicas e na escultura. Em termos gerais verifica-se que os espectros são semelhantes, ou seja, as bandas de absorvância e intensidades correspondem a números de onda similares. No que se refere às bandas, destaca-se na Figura 11:

(i) As bandas a  $3600-2800\text{ cm}^{-1}$ , associadas a água e grupos hidroxilos ( $\nu\text{ O-H}$ ) [24,26]. A amostra do filme negro da escultura distingue-se pela maior absorvância entre  $3600-3000\text{ cm}^{-1}$ , e o que poderá estar associado a uma maior retenção de humidade por parte do filme desenvolvido sobre o substrato pétreo.

(ii) Na mesma região de número de onda anterior há duas bandas estreitas de baixa absorvância entre  $2950-2810\text{ cm}^{-1}$  de grupos  $\nu\text{ C-H}$ , que poderão associar-se à sacarose proveniente da deposição das gotas de melada/ *honeydew* e a éster de cera (WE) [24].

(iii) A região espectral 1800 a 500  $\text{cm}^{-1}$  é onde se localizam as bandas características dos sacarídeos [24,26,27] geralmente associados a sucrose e frutose de 1800-1680  $\text{cm}^{-1}$  o grupo  $\nu$  C=O; a 1500-1340  $\text{cm}^{-1}$  os grupos deformados de  $\nu$  O-C-H e C-O-H; a 1340-1170  $\text{cm}^{-1}$  os grupos deformados de  $\Delta$  C-H e O-H; e a 1180-900  $\text{cm}^{-1}$  os grupos  $\nu$  C-C e C-O.

(iv) Apesar de haver uma identificação possível dos grupos funcionais na literatura, as bandas irregulares presentes entre 1500-1200  $\text{cm}^{-1}$  poderão ser interpretadas como uma possível mistura de vários sacarídeos devido às baixas absorvâncias irregulares não identificáveis [24,26-28].

(v) Observou-se ainda pequenas bandas a 1740 e 1720  $\text{cm}^{-1}$  de um grupo carbonilo ( $\nu$  C=O) e a 1680-1600  $\text{cm}^{-1}$  uma dupla ligação de carbono ( $\nu$  C=C) associados a um éster de cera (WE) na amostra [24,26]. Todavia e face à pesquisa bibliográfica efetuada não foi possível identificar o género de cera. No entanto, a cera ocorre não só no filme negro da escultura, mas também nas espécies botânicas. Este resultado, ainda que inesperado, está de acordo com as análises de MEV.

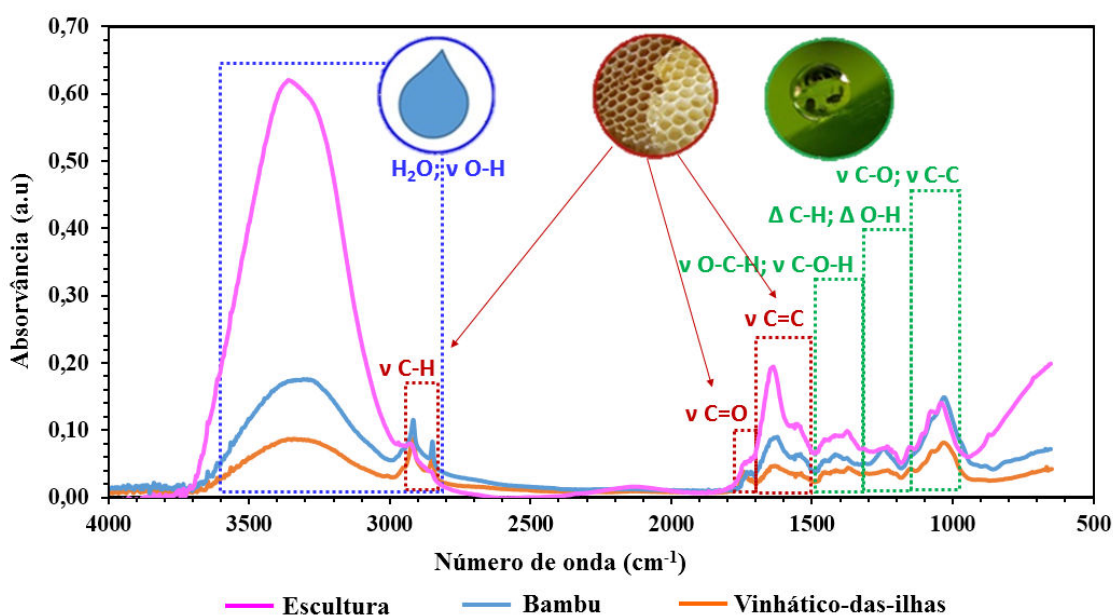


Figura 11: Espectros FTIR-ATR das amostras do filme negro recolhidas do bambu (azul), vinhático-das-ilhas (laranja) e escultura (rosa) com identificação dos grupos funcionais pelas bandas e possíveis derivados (água, cera e sacarose).

As três amostras coligidas (Figura 11) apontam possuírem sacarídeos como a sucrose, e possivelmente outros açúcares, geralmente encontrados em exemplares de melada/ *honeydew* [24]. É assim muito provável que o desenvolvimento do género de fungo identificado anteriormente esteja associado às gotas doces excretadas por insetos alimentadores de seiva [24]. As bandas associadas ao éster de cera (Figura 11) assim como a textura em favo de cera observado em FEG-MEV podem também ser enquadrados no panorama de melada/ *honeydew* das amostras estudadas. A literatura [24] sugere que no ato da excreção, as ninfas e adultos dos insetos alimentadores de seiva libertam melada/ *honeydew* coberto por uma fina camada de um material ceroso prévio à deposição na folha ou ramo.

#### 4. Reflexão sobre a origem do filme negro na escultura

Numa avaliação preliminar sobre a origem desta forma de degradação verificou-se anteriormente que as duas espécies botânicas portadoras de seiva (bambu e vinhático-das-ilhas) envolvidas à escultura apresentavam nas suas folhas um (bio) filme com características cromáticas e morfológicas semelhantes ao encontrado na escultura (Figura 5A, B, C). Observou-se que das duas espécies botânicas, as folhas do vinhático-das-ilhas possuem maior superfície recoberta por (bio) filme negro.

Face aos resultados apresentados anteriormente colocaram-se duas hipóteses para a origem deste filme na escultura e que podem ocorrer simultaneamente:

-Um depósito biológico negro derivado das folhas dessas espécies botânicas (pó e/ou da própria folha), em que ocorre degradação dessa matéria orgânica, aderindo progressivamente ao suporte pétreo (Figuras 2 e 5A).

-O filme negro dever-se a excreções (e.g. resinas) das próprias espécies botânicas.

Ambas as possibilidades justificam-se pela exposição contínua de áreas da escultura (nomeadamente superfícies horizontalizadas) a particulados e resíduos provenientes dessas espécies (Figuras 2 e 6). Algumas superfícies verticais (Figuras 2 e 6) registam menor ou nenhuma presença de filme negro, devido a não se encontrarem na área de influência destas espécies biológicas.

Da pesquisa efetuada identificou-se a fumagina, também conhecida como *sooty mold*, como possível causa do filme negro desenvolvida nas folhas das espécies [29-33]. De facto, Dhimi et al. [19] apresentam imagens de fumagina ao MEV semelhantes às encontradas nas amostras do filme negro desenvolvido no bambu (Figura 8), no vinhático-das-ilhas (Figura 9) e na escultura (Figura 10), mas especificamente no que se refere aos empacotamentos de biofilme fúngico. Acresce que a presença de conídios tálicos e esporos redondos são similares a uma amostra de um corte transversal apresentada por Santos et al. [20], estabelecendo assim uma ligação visual, e eventual registo para sua identificação. No caso do filme negro sobre o vinhático-das-ilhas (Figura 9) encontrou-se acrescentos laterais nos conídios, que poderão indicar a associação de *Mucor* sp. a fumagina.

Fumagina é um termo genérico para uma reação fúngica superficial de cor preta (provocada por mais de 200 espécies fúngicas) causada por insetos alimentadores de seiva (especialmente seiva doce), hóspedes das plantas [30,31,34]. Ver no Anexo 4 a listagem das espécies de insetos infestantes encontradas na literatura e que produzem *honeydew*/ melada [35-38]. Existem insetos alimentadores de seiva (e.g. *Aphidoidea* sp., *Planococcus citri*, *Aleyrodoidea* sp.) que segregam ou excretam gotas de melada (*honeydew*) [35-38] provenientes das folhas de espécies botânicas (Figura 12) com propriedades açucaradas [19,20,24,30,31,34,39-42]. Essas gotas permanecem nas folhas ou caem para outras zonas da folhagem, ramificações, plantas, frutos, rochas (neste caso de estudo, mármore branco de Carrara) e matéria morta existente na sua proximidade [24,34,40,43] (Figura 12). Após deposição, estas gotas afixam-se sobre os materiais anteriormente mencionados e criam um revestimento açucarado pegajoso [19,31,33,34], basicamente formado por sacarídeos [25,29-31,41], aminoácidos, proteínas, minerais, vitaminas e outros compostos orgânicos [19,25,31,44]. Sobre este revestimento desenvolve-se então um biofilme fúngico enegrecido (Figura 12), produzindo esporos até tornar-se na massa superficial negra [29-31,41] que se vê na escultura e nas espécies botânicas.

A pigmentação negra deste género de fungo deriva da produção de melanina, um produto da oxidação de tirosina, um aminoácido absorvedor de ultravioleta e dissipador de luz [21,25,29,41,46]. Este filme negro aparece mais frequentemente em regiões subtropicais ou tropicais sem especificação do espécime da planta hospedeira. Como características deste filme aponta-se a sua capacidade de absorver água e de manter, durante longo período de tempo, um nível de humidade elevado nas superfícies das folhas [19,24,30,31,33,39,41,42]. O complexo sapróbio do *honeydew* (filme negro) é responsável por: (i) bloquear a radiação solar impedindo a fotossíntese das plantas; (ii) alterar a estética das plantas; (iii) contribuir para um maior

número de insetos alimentadores de seiva; e (iv) desenvolver-se em vários substratos [19,24,30-32,34,41,42,47], como neste caso, em que formou um filme negro sobre a escultura.

A literatura aponta o termo coletivo *sooty mold* à divisão Ascomycete na classe Dothideomycetes. Vários autores colocam a fumagina em diferentes ordens (Capnodiales e Pleosporales) e géneros (*Aureobasidium*, *Alternaria*, *Capnodium*, *Cladosporium*, *Epicoccum*, *Fumago*, *Limacunla*, *Sarcinomyces*, *Scorias*, entre outros) [20,24,34,47]. Assim, face ao exposto nos parágrafos anteriores, verifica-se que os géneros observados nos isolamentos provenientes das micro culturas são distintos dos referidos na literatura [20,32,34]: neste trabalho identificou-se um novo género de fungo associado ao termo fumagina, pertencendo ao género *Mucor*, ordem Mucorales, classe Zygomycota.

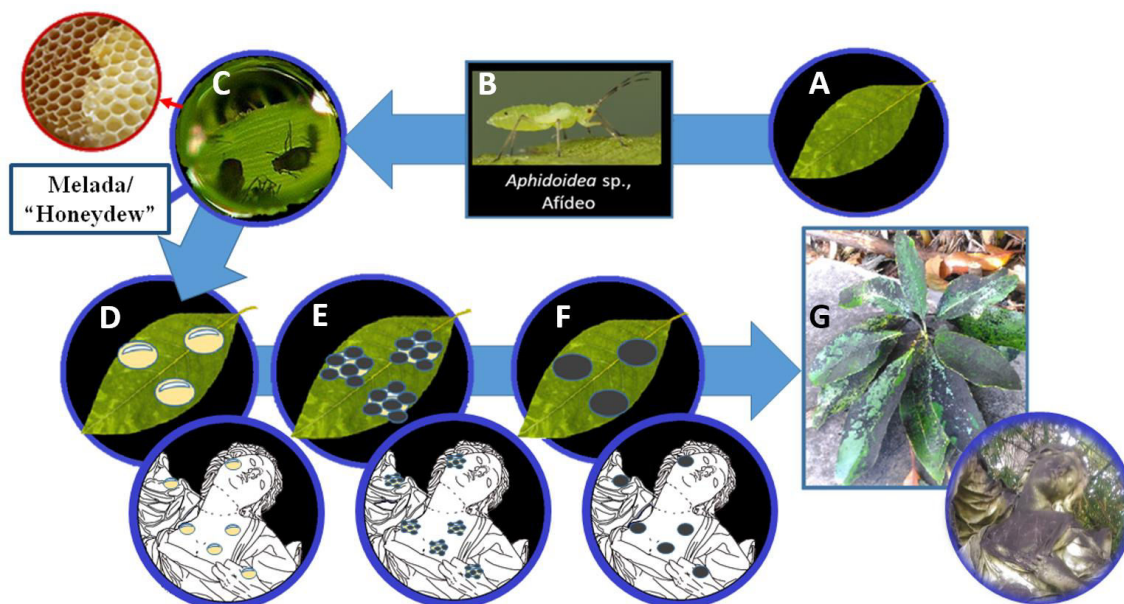


Figura 12: Esquema da formação da fumagina/ *sooty mold*: (A) Prévio à infestação de uma folha; (B) Exemplo de uma espécie (*Aphidoidea* sp. [45], ver mais exemplos no Anexo 4) de insetos alimentadores de seiva capazes de produzir fumagina; (C) Secreção e/ou excreção de gotas de melada/ *honeydew* revestidas com película cerosa pela infestação; (D) Deposição das gotas do *honeydew* numa outra folha ou escultura por possível queda; (E) Início do desenvolvimento de esporos da fumagina; (F) Desenvolvimento progressivo da fumagina; (G) Aspecto da fumagina no vinhático-das-ilhas e da escultura.

Da pesquisa efetuada verifica-se que a literatura relativa ao tema de fumagina, seu desenvolvimento e efeitos em substratos carbonatados, nomeadamente a mármore é escassa [25]. Pela predominância de estudos de este termo fúngico desenvolver-se em espécies botânicas variados [19,20,24,30-33,39-45] apercebe-se ser incomum seu aparecimento/ desenvolvimento em substratos de carácter inorgânico.

Deste modo, aponta-se que a nociva presença de fumagina na escultura *Morte de Cleópatra* é um resultado secundário e um desenvolvimento colateral da formação e queda de este produto sobre a escultura. Face à localização da peça relativa às espécies botânicas, considera-se que a fonte principal da fumagina deverá ser o vinhático-das-ilhas. De facto, a alta copa e porte da árvore e extensão dos seus ramos superiores na direção da escultura suportam esta hipótese (Figuras 2 e 13). Acresce que a proximidade do bambu ao vinhático-das-ilhas leva também ao desenvolvimento de fumagina nas suas folhas. O porte médio do bambu relativo à escultura torna-a também vulnerável à infestação do filme negro.



Figura 13: Pormenor do desenvolvimento dos ramos do vinhático-das-ilhas sobre a *Morte de Cleópatra*.

### 5. Avaliação de risco da limpeza da *Morte de Cleópatra*

Face à forma de degradação pertinente identificada neste caso de estudo e às consequências da sua existência, usou-se a metodologia proposta por Revez & Rodrigues [17] para a avaliação de risco de operações de limpeza à escultura. Foi apenas considerada a hipótese de limpeza aquosa com escovagem manual por ser um procedimento controlável e geralmente usado para a remoção de camadas superficiais.

Esta proposta de análise de risco envolve refletir e estimar sobre determinados fatores nomeadamente a vulnerabilidade do substrato (A), a agressividade e controlo do método de limpeza (B) e os efeitos sinérgicos entre o substrato e o método de limpeza (C) para obter-se o fator de dano (L) dessa operação. Do seu cruzamento com um fator que toma em conta a relevância do objeto (D), calcula-se o risco de limpeza associado ao método/procedimento escolhido (IR). Seguindo-se nesta sequência:

$$L = A \times B \times C \qquad IR = L \times D$$

Para o fator A, a vulnerabilidade de um substrato pétreo às operações de limpeza, atribuiu-se para o substrato de mármore branco de Carrara deste caso de estudo o valor 3. A atribuição de este valor deve-se ao facto do substrato apresentar alguma vulnerabilidade, visto por observação em FEG-MEV, a superfície dos grãos de calcite estarem algo corroídas e também considerando as intervenções efetuadas anteriormente [6].

O fator B, a agressividade e controlo causado pelo método de limpeza no substrato, ao considerar-se uma escovagem manual a água corrente sem pressão e a temperatura ambiente, atribuiu-se um valor de 3.

Ao fator C, os efeitos sinérgicos entre o substrato afetado (A) e o método de limpeza referido (B), atribuiu-se um valor de 1,3 considerando haver pouca interação entre ambos.

Face ao exposto, a probabilidade do dano (L) resultou num valor de 11,7. Segundo os autores [17] trata-se de uma probabilidade média de ocorrência de dano (efeitos da limpeza) no substrato.

O fator D, conhecido como a relevância do objeto e sua afetação pelo processo de limpeza, atribuiu-se um valor de 3,5. O valor atribuído levou em conta a relevância desta escultura para o JBT e que esta não seria afetada após a limpeza, considerando-a controlável.

Conforme os procedimentos de Revez & Rodrigues [17], os fatores A, C e D associados a uma intervenção por escovagem manual a água na escultura de mármore de Carrara concluem que esta teria um efeito “Moderado” à superfície da pedra. Um risco considerado aceitável para

a *Morte de Cleópatra*, tendo em conta que se reduziria a camada superficial associada à fumagina. No entanto, como se pode ver no capítulo anterior a limpeza não é suficiente para a eliminação do problema existente uma vez que a origem do mesmo se encontra associado a um processo derivado do ataque biológico ocorrente no vinhático-das-ilhas.

## 6. Proposta de conservação preventiva, intervenção mínima e manutenção para a *Morte de Cleópatra*

A atual localização da escultura no Jardim face às espécies botânicas envolventes coloca um risco contínuo e preocupante para a sua conservação. De entre algumas medidas de conservação preventiva destacam-se: (i) realocização da escultura para um local do Jardim com maior exposição solar, maior vigilância e maior distância ao arvoredo; (ii) criação de uma estrutura que proteja e evite o contacto direto e indireto entre as espécies botânicas e a escultura, caso esta permaneça na sua localização atual (Figura 14).



Figura 14: Proposta de estrutura de proteção/abrigo da *Morte de Cleópatra* contra o contacto direto e indireto das espécies botânicas vinhático-das-ilhas e bambu.

A seguinte proposta tem o principal objetivo de propor metodologias futuras de intervenção mínima que possibilitem recuperar alguma da integridade visual à *Morte de Cleópatra*, tendo por base os resultados dos estudos efetuados ao longo deste trabalho.

O primeiro ato de intervenção seria uma limpeza manual e/ou a seco com uso de trincha para retirar matéria morta, líquenes, briófitos e outros fatores de decaimento presentes na escultura pela sua fácil remoção ao substrato da escultura. Ao longo do caso de estudo, um bom levantamento fotográfico, provou-se útil, juntamente com sua amostragem e exercício de testes *in situ* da colonização referida anteriormente.

O segundo ato de intervenção seria uma escovagem por escova macia e água corrente em toda a escultura, para remover o máximo possível do filme biológico aderido ao substrato (conforme a análise de risco no capítulo anterior). A escovagem sugerida seria suave para não promover abrasão mecânica do mármore e não causar fissuras a induzir maior perda de material. Conforme referido na análise de risco efetuada, esta limpeza manual por água consistiria num método controlável e de pouca agressividade ao substrato, capaz de revelar o substrato original da escultura após a intervenção.

Em termos da sustentabilidade da escultura, a importância de uma etapa de manutenção periódica ao espaço envolvente à *Morte de Cleópatra* é crucial, devido a encontrar-se subjugada ao ecossistema do JBT, e como referido anteriormente numa área não visitável, quase excluída do público. Uma dos aspetos mais preocupantes no início deste trabalho foi observar que a área circundante da escultura se encontrava cercada por matéria orgânica que estaria a contribuir para um maior desenvolvimento biológico (Figura 15A). Após autorização por parte dos

membros responsáveis pelo JBT, os funcionários encarregados pela manutenção do jardim efetuaram uma limpeza à área, salientando-se: (i) o corte de vários ramos das espécies do bambu, que estavam em contacto com a escultura e a despromovê-la de luz solar; (ii) e a remoção das folhas, ramos, e outra matéria orgânica morta presente no chão (Figura 15B).

Face ao observado no início deste trabalho propõe-se que seja continuado regularmente a limpeza da área envolta da escultura, incluindo o corte parcial de eventuais ramos de bambu em contacto com a escultura.

Um outro panorama também a referir é a existência de vigilância periódica à escultura, baseando-se no resíduo de graffiti encontrado no seu plinto e noutros atos de vandalismo conhecidos noutras estátuas deste jardim de entrada pública.



Figura 15: Imagens do estado prévio (A-11 de Novembro de 2017) e posterior (B-16 de Janeiro) à manutenção da área da *Morte de Cleópatra*.

## 7. Conclusões

Efetuiu-se o mapeamento, medições colorimétricas e testes de aderência ao filme negro, que confirmaram o mau estado de conservação da escultura. Face às análises efetuadas por Microscopia Ótica, Microscopia Eletrónica de Varrimento e Análise de Infravermelho com Transformada de Fourier de Reflectância Total Atenuada verificou-se que o filme negro era na realidade composto por fumagina ou *sooty mold*. Da observação ao microscópio ótico foi

possível verificar que o principal género de fungo encontrado no filme negro foi o *Mucor* sp. A presença de estruturas de ceras, açúcares e o desenvolvimento dos fungos foi observada utilizando MEV. Apesar de não ser aparente, em termos macroscópicos, indícios de processos de deterioração química, foi observada nos grãos de calcite padrões de dissolução diferencial. O que indicia um processo ativo bioquímico promovido pelos ácidos excretados pelos fungos existentes na fumagina. A FTIR-ATR confirmou igualmente a presença de sacarose (açúcares) e cera.

Da análise dos resultados obtidos concluiu-se que o vinhático-das-ilhas é o espécime botânico responsável pela formação e queda de fumagina, devido a este possuir nas folhas um filme negro mais desenvolvido e mais espesso, do que o observado no bambu. Salientando-se que por esta árvore encontrar-se numa altura elevada e localização relativamente enquadrada à escultura, após a infestação pelos insetos infestadores, há a queda do particulado negro e/ou gotas de melada/ *honeydew* nas folhas de bambu e a *Morte de Cleópatra*.

Apesar de ser facilmente removida a camada superficial do filme negro da escultura, refere-se haver elevada adesão de camadas em contato direto com a pedra.

Acresce que a escovagem aquosa manual proposta teria um risco moderado na superfície do mármore de Carrara. Risco esse aceitável para a *Morte de Cleópatra*, na medida em que reduziria a camada superficial de fumagina.

Em súmula, o filme negro da escultura *Morte de Cleópatra* foi identificado como fumagina (*sooty mold*). Este ocorre devido à escultura possuir no seu lado SW duas espécies arbóreas, o bambu e o vinhático-das-ilhas. Nestes exemplares botânicos habitam insetos, alimentadores de seiva que vão segregar e excretar gotas de melada (*honeydew*) provenientes das folhas de espécies botânicas com propriedades açucaradas. Essas gotas caem das folhas para outras zonas das árvores ou ainda, como neste estudo, sobre a escultura. A fumagina formada constitui um fator de risco para a escultura na medida em que a componente fúngica a si associada contribui para o ataque químico do mármore evidenciado pela dissolução parcial dos grãos de calcite. Nesta situação, os fungos identificados do género *Mucor* causam corrosão da rocha hospedeira e simultaneamente retiram nutrientes da pedra necessários para a sua sobrevivência e proliferação dos microrganismos. Deste modo, a fumagina constitui um agente de degradação para a *Morte de Cleópatra*, e não há vantagem em efectuar uma intervenção de limpeza na escultura enquanto esta se mantiver debaixo de espécies botânicas. De forma que aconselha-se ao Jardim Botânico Tropical realocar a escultura para um local do seu Jardim sem árvores a envolvê-la.

## 8. Referências bibliográficas

- [1] J. Torres, F.P. Almeida, F.A.N. Silva, A.F. Castilho, A.S. Túlio, *Archivo pitoresco: semanário ilustrado*, Tomo V, 28-29 (1862) 1000-2500 exemplares por volume; Castro Irmão e C.<sup>a</sup> Lda. Consultado por último a 19 Julho de 2018. Disponível no endereço eletrónico: [http://hemerotecadigital.cm-lisboa.pt/Periodicos/ArquivoP/ArquivoPittoresco\\_TomoV.htm](http://hemerotecadigital.cm-lisboa.pt/Periodicos/ArquivoP/ArquivoPittoresco_TomoV.htm).
- [2] R. L. Ramalho, M.C. Ramalho *Guia de Portugal Artístico*. Vol II. Portugal: Lisboa, 1935. Consultado por último a 19-Julho de 2018. Disponível no endereço eletrónico: [http://purl.pt/12076/4/ba-4871-v/ba-4871-v\\_item4/ba-4871-v\\_PDF/ba-4871-v\\_PDF\\_24-C-R0150/ba-4871-v\\_0000\\_capa-cap\\_a\\_t24-C-R0150.pdf](http://purl.pt/12076/4/ba-4871-v/ba-4871-v_item4/ba-4871-v_PDF/ba-4871-v_PDF_24-C-R0150/ba-4871-v_0000_capa-cap_a_t24-C-R0150.pdf).
- [3] C. Varela, *Jardins e Escultura do Palácio de Belém*, 1st ed. Portugal: Lisboa, 2005.
- [4] M.V. Thau, *Dizionario Briografico degli Italiani*, vol. 72, Italia; 2008. Pp.34, 35, 39, 43. Consultado por último a 22-Julho de 2018. Disponível no endereço eletrónico: [http://www.treccani.it/enciclopedia/mazzuoli-giuseppe-il-vecchio\\_\(Dizionario-Biografico\)/](http://www.treccani.it/enciclopedia/mazzuoli-giuseppe-il-vecchio_(Dizionario-Biografico)/).
- [5] <http://www2.iict.pt/jbt/index.php?idc=217&idi=11897>. Consultado por último a 20-Julho de 2018.
- [6] S.A.T.F. Neves, *Intervenção de Conservação na escultura “Morte de Cleópatra”*. FCT: UNL, 2007.

- [7] C. Simões, Diagnóstico e Intervenção de Conservação de uma Escultura em Pedra. FCT: UNL, 2007.
- [8] ICOMOS-ISCS, Illustrated glossary on stone deterioration patterns, Champigny/Marne, France Paris (2008). Consultado por último a 19-Julho de 2018. Disponível no endereço eletrónico: [https://www.icomos.org/publications/monuments\\_and\\_sites/15/pdf/Monuments\\_and\\_Sites\\_15\\_ISCS\\_Glossary\\_Stone.pdf](https://www.icomos.org/publications/monuments_and_sites/15/pdf/Monuments_and_Sites_15_ISCS_Glossary_Stone.pdf).
- [9] P.W. Crous, U. Braun, K. Schubert, J.Z. Groenewald, The genus *Cladosporium* and similar dematiaceous hyphomycetes, *Stud.Mycol* 58 (2007) 1-253. DOI: 10.3114/sim.2007.58.01.
- [10] J. Fiorentino, The genus *xanthoria* (teloschistaceae, lichenised ascomycota) in the maltese islands, *The central Mediterranean Naturalist* 5 (2014) 9-17. Consultado por último a 19-Julho de 2018. Disponível no endereço eletrónico: [https://www.researchgate.net/publication/263959180\\_THE\\_GENUS\\_XANTHORIA\\_TELOSC\\_HISTACEAE\\_LICHENISED\\_ASCOMYCOTA\\_IN\\_THE\\_MALTESE\\_ISLANDS](https://www.researchgate.net/publication/263959180_THE_GENUS_XANTHORIA_TELOSC_HISTACEAE_LICHENISED_ASCOMYCOTA_IN_THE_MALTESE_ISLANDS).
- [11] M. Westberg, The lichen genus *Candelariella* in western North America, *Perspect. Plant Ecol. Evol. Syst.* (2005), 1-52. Consultado por último a 20-Julho de 2018. Disponível no endereço eletrónico: [https://www.researchgate.net/publication/34724393\\_The\\_lichen\\_genus\\_Candelariella\\_in\\_western\\_North\\_America](https://www.researchgate.net/publication/34724393_The_lichen_genus_Candelariella_in_western_North_America).
- [12] C. Sérgio, P. Carvalho, C. Garcia, Guia de campo dos briófitos e líquenes das florestas portuguesas, (2009).
- [13] W.S. Mokrzycki, M. Tatol, Color difference  $\Delta E$  – A survey, *MGV* 20 (2011) 383-411. Consultado por último a 19-Julho de 2018. Disponível no endereço eletrónico: [https://www.researchgate.net/publication/236023905\\_Color\\_difference\\_Delta\\_E\\_-\\_A\\_survey](https://www.researchgate.net/publication/236023905_Color_difference_Delta_E_-_A_survey).
- [14] M. Drdácák, J. Lesák, S. Rescic, Z. Slížková, P. Tiano, J. Valach, Standardization of peeling tests for assessing the cohesion and consolidation characteristics of historic stone surfaces, *Mater. Struct.* 45 (2012) 505-520. DOI: 10.1617/s11527-011-9778-x.
- [15] R.A. Samson, E.S. Horkstra, J. Frisvad, O. Filtenborg, *Introduction to Food and Airborne fungi*, 6th ed., Lyngby:Denmark, 2001.
- [16] A. Philips. *Mycology An Introduction to the Fungi*, Guia Laboratorial, 2005.
- [17] M.J. Revez, J.D. Rodrigues, Incompatibility risk assessment procedure for the cleaning of built heritage, *J Cult Herit* 18 (2016), 219-228. DOI: 10.1016/j.culher.2015.09.003.
- [18] ICOMOS New Zealand Charter for the Conservation of Places of Cultural Heritage Value, (2010). Consultado por último a 20-Julho de 2018. Disponível no endereço eletrónico: [https://www.icomos.org/images/DOCUMENTS/Charters/ICOMOS\\_NZ\\_Charter\\_2010\\_FINAL\\_11\\_Oct\\_2010.pdf](https://www.icomos.org/images/DOCUMENTS/Charters/ICOMOS_NZ_Charter_2010_FINAL_11_Oct_2010.pdf).
- [19] M.K. Dhami, B.S. Weir, M.W. Taylor, J.R. Beggs, Diverse Honeydew-consuming Fungal Communities Associated with Scale Insects, *PLoS ONE* 8:7 (2013) 1-12, e70316. DOI: 10.1371/journal.pone.0070316.
- [20] S.A.P. Santos, C. Santos, S. Silva, G. Pinto, L.M. Torres, A.J.A. Nogueira, The effect of sooty mold on fluorescence and gas Exchange properties of olive tree, *Turkish J. Biol.* 37 (2013), 620-628. DOI: 10.3906/biy-1301-81.
- [21] E.P. Burford, M. Kierans, G.M. Gadd, *Geomycology: fungi in mineral substrata*, *Mycologist* 17 (2003) 98-107. DOI: 10.1017/S0269-915X(03)00311-2.
- [22] M. Garcia-Vallès, C.Urzi, M. Vendrel-Saz, Weathering processes on the rock surface in natural outcrops: the case of an ancient marble quarry (Belevi, Turkey), *Environ Geol* 41 (2002), 889-897. DOI: 10.1007/s00254-001-0466-y.
- [23] Y. Shim, H. Jung, J.W. Jang, H.S. Yang, H. Bae, J. Park, B. Choi, S. Lee, Fabrication of hollow porous PLGA microspheres using sucrose for controlled dual delivery of dexamethasone and BMP2, *JIEC* 37 (2016), 101-106. DOI: 10.1016/j.jiec.2016.03.014.
- [24] E.D. Ammar, R. Alessandro, R.G. Shatters, D.G. Hall, Behavioral, Ultrastructural and Chemical Studies on the Honeydew and Waxy Secretions by Nymphs and Adults of the Asian

- Citrus Psyllid *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae), PLoS ONE 8:6 (2013) 1-10, e64938. DOI:10.1371/journal.pone.0064938.
- [25] C. Hallman, J. Rüdlich, M. Eseleit, T. Friedl, M. Hoppert, Microbial diversity on a marble monument: a case study, *Environ.Earth.Sci.* 63 (2011) 1701-1711. DOI: 0.1007/s12665-010-0772-3.
- [26] O. Anjos, M.G. Campos, P.C. Ruiz, P. Antunes, Application of FTIR-ATR spectroscopy to the quantification of sugar in honey, *Food Chem* 169 (2015) 218-223. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.07.138.
- [27] M. Ibrahim, M. Alaam, H. El-Haes, A.F. Jalbout, A. Leon, Analysis of the structure and vibrational spectra of glucose and fructose, *Eclat.Quím.* 31 (2006) 15-21. DOI: 10.1590/S0100-46702006000300002.
- [28] D. Weinbuch, J.K. Cheung, J. Ketelaars, V. Filipe, A. Hawe, J. Engelsman, W. Jiskoot, Nanoparticulate Impurities in Pharmaceutical-Grade Sugars and their Interference with Light Scattering-Based Analysis of Protein Formulations, *Pharm. Res.* 32(2015), 2419-2427. DOI: 10.1007/s11095-015-1634-1.
- [29] E.M. Cruywagen, P.W. Crous, J. Roux, B. Slippers, M.J. Wingfield, Fungi associated with black mould on baobab trees in southern Africa, *Antoine van Leeuwenhoek* 108 (2015):85-95. DOI: 10.1007/s10482-015-0466-7.
- [30] M.L.A. Bovi, M.D.V. Resende, L.A. Sáes, R.P. Uzzo, Genetic Analysis for Sooty Mold Resistance and Heart of Palm Yield in Archontophoenix, *Sci. Agric.(Piracicaba, Braz.)* 61 (2004) 178-184. DOI: 10.1590/S0103-90162004000200009.
- [31] P. Chomnunti, S. Hongsanan, B. Aguirre-Hudson, Q. Tian, D. Person, M.K. Dhimi, A.S. Alias, J. Xu, X. Liu, M. Stadler, K.D. Hyde, The Sooty moulds, *Fungal Divers* 66 (2014) 1-36. DOI: 10.1007/s13225-014-0278-5.
- [32] J.P.L. Filho, E.A.S. Paiva, The effects of sooty mold on photosynthesis and mesophyll structure of mahogany (*Swietenia macrophylla* King., Meliaceae), *Bragantia* 65 (2006) 11-17. DOI: 10.1590/S0006-87052006000100003.
- [33] P. Insausti, E.L. Ploschuk, M.M. Izaguirre, M. Podworny, The effect of sunlight interception by sooty mold on chlorophyll content and photosynthesis in Orange leaves (*Citrus sinensis* L.), *Eur.J. Plant Pathol.* 143 (2015) 559-565. DOI: 10.1007/s10658-015-0709-5.
- [34] S. Nelson, Sooty Mold, *PPS* 52 (2008) 1-6. DOI: <http://hdl.handle.net/10125/12424>.
- [35] P. Amaro, *A Protecção Integrada*, ISA/Press. AGRO (2003) 12. Consultado por último a 9-Dezembro de 2018. Disponível no endereço eletrônico: [http://www.isa.utl.pt/files/pub/ISAPRESS/PDF\\_Livros\\_ProfPedroAmaro/Proteccao\\_Integrada.pdf](http://www.isa.utl.pt/files/pub/ISAPRESS/PDF_Livros_ProfPedroAmaro/Proteccao_Integrada.pdf).
- [36] C. Boavida, *Psilas em Eucaliptos- Glycaspis brimblecombei* Moore, *DRAP* (2007) 1-2. Consultado por último a 9-Dezembro de 2018. Disponível no endereço eletrônico: [http://www.inia.pt/fotos/editor2/glycaspis\\_brimblecombei\\_moore\\_\\_psilas\\_em\\_eucalipto.pdf](http://www.inia.pt/fotos/editor2/glycaspis_brimblecombei_moore__psilas_em_eucalipto.pdf).
- [37] C. Coutinho, *A cochonilha algodão na Vinha*. (2011) 1-3. Consultado por último a 9-Dezembro de 2018. Disponível no endereço eletrônico: [http://www.drapn.min-agricultura.pt/drapn/conteudos/ft2010/ficha\\_tecnica\\_43\\_2011.pdf](http://www.drapn.min-agricultura.pt/drapn/conteudos/ft2010/ficha_tecnica_43_2011.pdf).
- [38] E. Neto, *Afídeos*. Ficha de Divulgação n.º 1, MADRP, DRAP Algarve, (2009) 1-5. Consultado por último a 9-Dezembro de 2018. Disponível no endereço eletrônico: [http://www.drapalgarve.gov.pt/downloads/Temas%20e%20servicos/Inimigos\\_Culturas\\_FD\\_EAA/VINHA\\_FD\\_EAA/FD\\_EAA\\_01\\_2009\\_Afideos.pdf](http://www.drapalgarve.gov.pt/downloads/Temas%20e%20servicos/Inimigos_Culturas_FD_EAA/VINHA_FD_EAA/FD_EAA_01_2009_Afideos.pdf).
- [39] S.A. Khodaparast, F. Byrami, M.J. Pourmoghadam, A.R. Amirmijani, M. Salimi, A further contribution to the knowledge of sooty mould fungi from Iran, *Mycol Iran* 2 (2015) 46-58. DOI: 10.22043/MI.2015.14224.
- [40] F.F. Laemmlen, Sooty mold, *AGNR* 2011; 74108, 1-3. Consultado por último a 19-Julho de 2018. Disponível no endereço eletrônico: <http://ipm.ucanr.edu/PMG/PESTNOTES/pn74108.html#REFERENCE>.

- [41] J. Park, S. Cho, S. Hong, I. Choi, H. Shin, Sooty Mould on *Hibiscus rosa-sinensis* caused by *Leptoxiphium kurandae* is associated with extrafloral nectaries, *J Phytopathol* 163 (2015), 1027-1030. DOI: 10.1111/jph.12332.
- [42] R.S. Santos, A.L.B.G. Peronti, Ocorrência de *Phenacoccus solenopsis tinsley* (Hemiptera : Pseudococcidae) em quiabeiro no estado do Acre, *EntomoBrasilis* 10 (2017), 135-138. DOI: 10.12741/ebrasilis.v10i2.684.
- [43] Á.M. Nieves-Rivera, T.A. Tattar, E.H. Williams, Sooty mould-planthopper association on leaves of the clack mangrove *avicennia germinans* (L.) Stearn in southwestern Puerto Rico, *Arboric J.* 26 (2002), 141-155. DOI: 10.1080/03071375.2002.9747328.
- [44] Y. Dong, L. Wan, R. Pereira, N. Desneux, C. Niu, Feeding and mating behaviour of Chinese citrus fly *Bactrocera minax* (Diptera) in the field, *J Pest Sci* 87 (2014) 647-657. DOI: 0.1007/s10340-014-0605-3.
- [45] <http://insecta.pro/gallery/62845>.
- [46] K.R. Summy, C.R. Little, Using Color Infrared Imagery to detect Sooty Mold and Fungal Pathogens of Glasshouse-propagated Plant, *HortScience* 43 (2008), 1485-1491. Consultado por último a 24-Julho de 2018. Disponível no endereço eletrônico: [https://www.researchgate.net/publication/230888321\\_Using\\_color\\_infrared\\_imagery\\_to\\_detect\\_sooty\\_mold\\_and\\_fungal\\_pathogens\\_of\\_glasshouse-propagated\\_plants](https://www.researchgate.net/publication/230888321_Using_color_infrared_imagery_to_detect_sooty_mold_and_fungal_pathogens_of_glasshouse-propagated_plants).
- [47] M.A. Hansen, Sooty Mold of Conifers and Hardwoods, Virginia Tech (2009) 1-2. Consultado por último a 24-Julho de 2018. Disponível no endereço eletrônico: [https://www.researchgate.net/profile/Yehya\\_Salih/post/How\\_we\\_can\\_identify\\_shooty\\_moulds/attachment/59d6464479197b80779a14df/AS%3A457044143677445%401485979223972/download/sooty+mold+12.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Yehya_Salih/post/How_we_can_identify_shooty_moulds/attachment/59d6464479197b80779a14df/AS%3A457044143677445%401485979223972/download/sooty+mold+12.pdf).
- [48] <https://www.google.com/culturalinstitute/beta/entity/m03gw9sf>.
- [49] [http://www.museu.presidencia.pt/expo\\_detail.php?id=8&ID=128](http://www.museu.presidencia.pt/expo_detail.php?id=8&ID=128).
- [50] [http://catalogo.fondazionezeri.unibo.it/scheda.v2.jsp?locale=en&decorator=layout\\_resp&apply=true&tipo\\_scheda=OA&id=82732&titolo=Mazzuoli+Giuseppe+il+Vecchio%2C+Cleopatra](http://catalogo.fondazionezeri.unibo.it/scheda.v2.jsp?locale=en&decorator=layout_resp&apply=true&tipo_scheda=OA&id=82732&titolo=Mazzuoli+Giuseppe+il+Vecchio%2C+Cleopatra).
- [51] [http://catalogo.fondazionezeri.unibo.it/scheda.v2.jsp?locale=en&decorator=layout\\_resp&apply=true&tipo\\_scheda=OA&id=82688&titolo=Ludovisi+Bernardino%2C+Carit%C3%A0+romana](http://catalogo.fondazionezeri.unibo.it/scheda.v2.jsp?locale=en&decorator=layout_resp&apply=true&tipo_scheda=OA&id=82688&titolo=Ludovisi+Bernardino%2C+Carit%C3%A0+romana).
- [52] [http://www.museu.presidencia.pt/expo\\_detail.php?ID=128&IMG=1717&PAGE=1&id=8](http://www.museu.presidencia.pt/expo_detail.php?ID=128&IMG=1717&PAGE=1&id=8).
- [53] <http://www.alexanderwild.com/Insects/Insect-Orders/Bountiful-Bugs/i-jZsF8qN>.
- [54] <https://www.pinpointpestcontrol.com/whiteflies>.
- [55] <http://www.nbair.res.in/insectpests/Cerataphis-brasiliensis.php>.
- [56] <http://www.abc.net.au/news/2010-07-14/chinese-fruit-fly/6199828/>.
- [57] <https://www.daf.qld.gov.au/business-priorities/plants/fruit-and-vegetables/a-z-list-of-horticultural-insect-pests/black-scale>.
- [58] <https://www.planetnatural.com/pest-problem-solver/tree-pests/psyllid-control/>.

## **Anexos**

## Anexo 1: Contexto do JBT, esculturas, e caracterização isotópica dos substratos

### 1.1. O Jardim Botânico Tropical

Com a decorrente posse da Coroa Portuguesa desta propriedade em 1726, D. João V procedeu à extensão da Quinta de Belém a partir da compra de outras quintas de relativa proximidade para constituir uma grande área terrena que poderia mudar conforme sua preferência [1,3,4]. A partir desta data, a Quinta foi sujeita a várias modificações por parte do Monarca, como sejam: (i) reconstrução da planta geral do Jardim para torná-lo mais geométrico; (ii) introdução de ruas largas que se cruzavam em estrela; (iii) plantação de múltiplas espécies botânicas para novos jardins; e (iv) recolocação ao longo da Quinta de algumas estátuas e vasos de mármore do Palácio [1,3]. Segundo a Carta Padrão de Venda do Palácio de Belém (1726), uma boa parte da estatuária dos jardins do Palácio encontrava-se *in situ*, mas algumas foram movimentadas para a Quinta, entre as quais se destacam duas peças escultóricas italianas que na literatura referem terem sido compradas por D. João V para embelezarem o seu *Regius Hortus Suburbanus*: a *Cáritas Romana* de 1737 de Bernardino Ludovici e a *Morte de Cleópatra* de Giuseppe Mazzuoli que é o objeto de estudo deste trabalho [1,2,3,4].

Em 1911, a Quinta (na altura separada do Palácio da Presidência) tornou-se propriedade do Estado e ficou denominada popularmente por “Cêrca do Palácio de Belém”, sendo mencionado em 1912 que estava “devoluta e semi-abandonada” [2]. Porém no mesmo ano, esse espaço foi aproveitado pelo Instituto Superior de Agronomia para fomentar a agricultura agronómica colonial e promover bases científicas, tendo transferido para o efeito várias espécies botânicas do Palácio das Laranjeiras para Belém [2]. O antigo Ministro da Agricultura, Mário de Azevedo Gomes refere que desde 1914, a “Cêrca” ficou oficialmente integrada no Instituto de Agronomia, passando a chamar-se Jardim Colonial [2].

Relativamente às duas peças italianas, o antigo Diretor do Jardim Colonial, o Professor José Joaquim de Almeida refere que as esculturas *Cáritas Romana* e *Morte de Cleópatra* encontravam-se à entrada da grande escadaria de acesso para as Estufas ornamentando a meia laranja do “Relógio de Sol” (Figura 1 B). Esta disposição ter-se mantido desde a data da sua instalação do Jardim até meados do século XX [1,2,3,4].

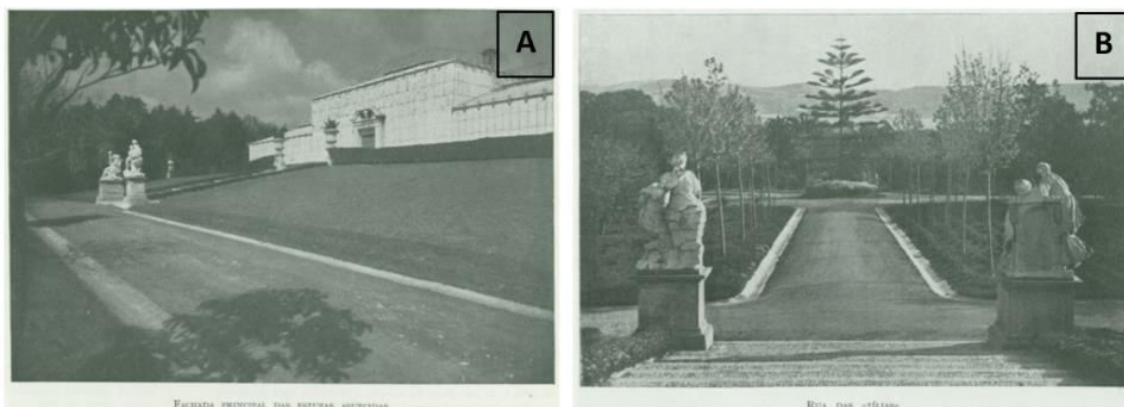


Figura 1: Fotografias datadas de 1935 das esculturas *Cáritas Romana* e *Morte de Cleópatra* à entrada da Estufa Principal: (A) Da estrada lateral esquerda de acesso à estufa; (B) Da escadaria de acesso à “meia laranja do “Relógio de Sol”” que refere-se à rotunda (com um pinheiro) orientada pela estrada [2].

Esta situação manteve-se até 1944, data em que o Jardim Colonial se fundiu com o Museu Agrícola Colonial para formar o Jardim e Museu Agrícola Colonial [2]. A designação evoluiu em 1951 para Jardim e Museu Agrícola do Ultramar, passando a integrar em 1974 a Junta de Investigações do Ultramar, posteriormente Instituto de Investigação Científica Tropical (IICT). A Exposição do Mundo Português (1940), que ocupou grande parte da zona de Belém, teve um polo muito importante no próprio jardim, a Seção Colonial, dando origem a várias novas estruturas.

## Estudo comparativo do estado de degradação das esculturas *Cáritas Romana* com a *Morte de Cleópatra*, no período compreendido entre meados do século XX e a atualidade

Na Figura 2 está uma sequência das fotografias das esculturas *Morte de Cleópatra* e *Cáritas Romana* em períodos distintos (1930-1960, 2004, 2007 e 2017). No primeiro registo fotográfico de 1930-1960, ambas as esculturas possuem um estado de conservação aceitável sem patologias de natureza biológica. Em 2004, as duas esculturas claramente mostram patologias de cariz biológicas distintas, apresentando a *Morte de Cleópatra*, fenómenos mais significativos. Em 2007, observam-se as esculturas após terem sido intervencionadas. Finalmente observa-se o estado atual das duas esculturas (em 2017).

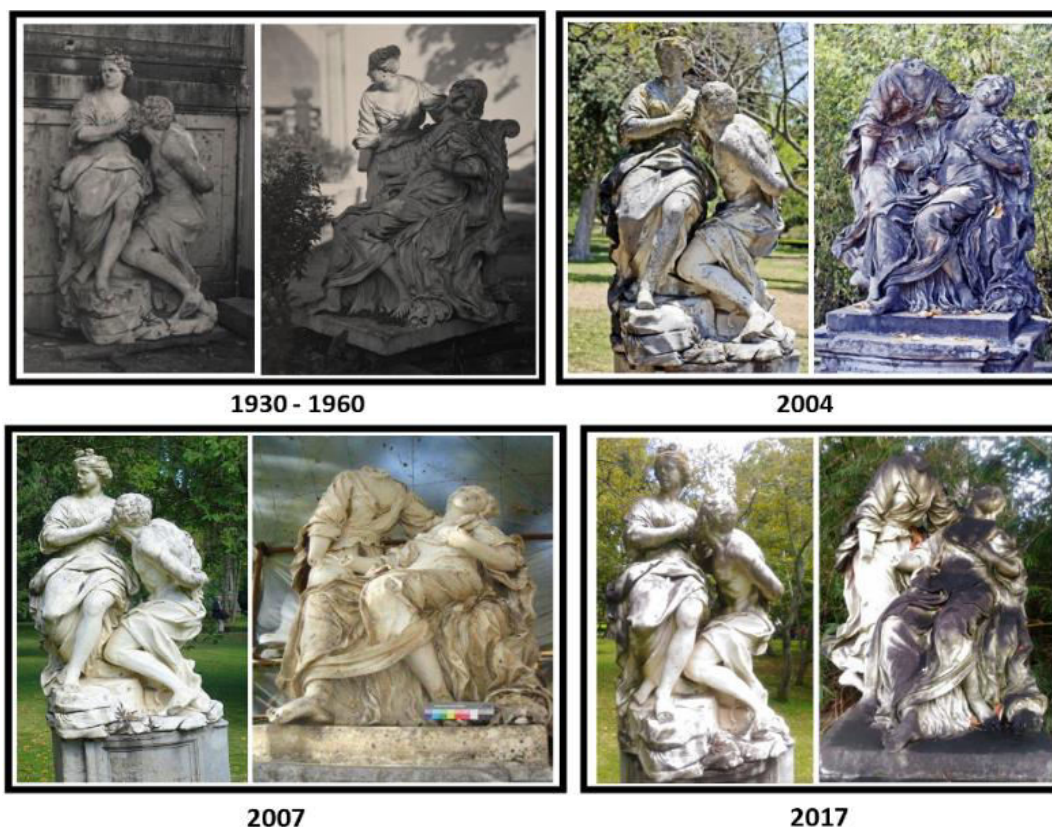


Figura 2: Sequência das fotografias do estado de conservação da *Cáritas Romana* (Esquerda) e *Morte de Cleópatra* (Direita): no decorrer do Século XX (1930-1960) [50,51], início do Século XXI (2004 [52]; 2007 (após intervenção) [6]; e 2017).

### 1.2. Iconografia da *Morte de Cleópatra*

Tendo em conta a iconografia julga-se que o escultor representou de facto uma analogia ao último momento da Cleópatra a sacrificar-se nobremente pelo amor que a rainha tinha pelo seu povo egípcio, preferindo cometer suicídio a cair na posse do povo Romano. A escultura encontra-se num plinto onde se pode ler, na sua parte frontal (a NE) uma citação em latim também a letras maiúsculas do poema Eneida de Virgilius Maro, canto IV, verso 412: “INPROBE AMOR QUID NON MORTALIA PECTORA COGIS! VIRG. A ENEID. LIB. IV. V. 412”; traduzindo: “Cruel Amor, a quanto não obrigas os corações dos mortais!”. Comparativamente à escultura, o autor desconhecido do plinto baseou-se numa inspiração do último ato de Dido, uma personagem cartaginense que cometeu também suicídio numa suposta pira funerária com vários objetos pessoais do seu apaixonado, mas por abandono e frustração. Assume-se que aquando o fabrico do plinto, o seu autor quis possivelmente acentuar a temática de um amor trágico representado na escultura italiana.

A *Morte de Cleópatra* possui dois estudos preparatórios de menor escala realizados em 1713, em Siena (Figura 2): o primeiro em terracota (Figura 2A) e encontra-se no Museu de Arte de Filadelfia (Estados Unidos da América); e o segundo (Figura 2B) em terracota branca, depositado

no Istituto di Instruzione Superior di Siena (Itália) [3,4,6]. Relativamente a este grupo escultórico (estudos preparatórios e final), que inicialmente não terá correspondido a uma encomenda de D. João V terá sido feita numa oficina italiana (provavelmente em Siena) e era intenção do artista que o mesmo permanecesse indiviso entre seus herdeiros [4], o que acabou por não se verificar.

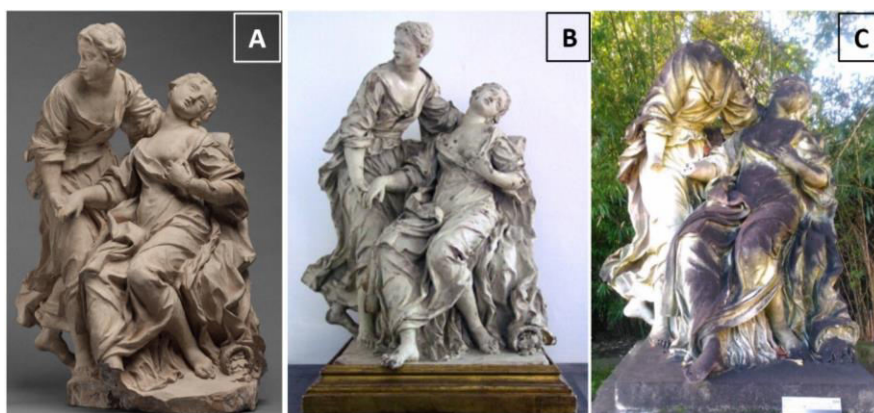


Figura 3: Estudo de 1713 atualmente no Museu de Arte de Filadélfia (A) [48]; Estudo de 1713 atualmente no Instituto de Instrução de Siena (B) [49]; Obra final feita entre 1717 e 1723 em mármore branco de Carrara, atualmente no JBT de Lisboa (C).

### 1.3. Caracterização macroscópica e análise isotópica do mármore empregue na escultura *Morte de Cleópatra* [6] e no seu plinto

Com base em análises de espectrometria de massa efetuadas em amostras coligidas na escultura, de dois dos elementos constituintes principais do mármore, isto é, carbono e oxigénio foi possível com base na projeção diagrama de  $^{13}\text{C}$  em função de  $^{18}\text{O}$ , e tendo em conta os campos característicos das composições isotópicas dos mármore do Anticlinal de Estremoz (Figura 4) e de mármore branco de pedreiras de Carrara, mostrar que o bloco utilizado para este grupo escultórico teria sido muito provavelmente extraído de uma pedreira de Carrara [6].

Refere-se igualmente nesse mesmo trabalho que o mármore azul-acinzentado do plinto da *Morte de Cleópatra* corresponde a um substrato do Alto Alentejo (Figura 4).

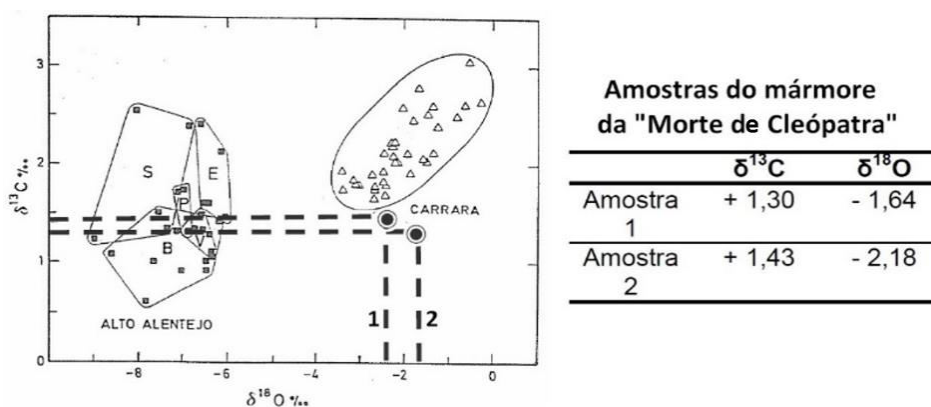


Figura 4: Diagrama dos resultados obtidos na análise isotópica das amostras 1 e 2 relativas ao mármore branco de carrara da escultura *Morte de Cleópatra* [6].

De acordo com a informação relativa às análises isotópicas e cruzando com a literatura, a *Morte de Cleópatra* foi esculpida em mármore branco de Carrara, uma rocha da região de Itália central, mais concretamente da província Toscana [6]. O substrato remete à província da Massa-Carrara, cuja localização é reconhecida pela sua exploração e qualidade do mármore extraído. A rocha é conhecida por exibir uma tonalidade branca homogénea de grão fino a médio, possuindo uma estrutura aparentemente compacta, cuja cor se assemelha a branco-leite e de grão de dimensão reduzida (sacaróide) aparentando elevada uniformidade e isotropia [6].

Distinguindo-se do mármore da estátua, a rocha acinzentado-azulado empregue no plinto é igualmente um mármore, que pelas suas características macroscópicas, se assemelha a uma rocha ornamental portuguesa natural de Beja (Baixo-Alentejo) denominada por mármore Trigaches Escuro [6]. O substrato do plinto é de grão grosseiro, apresentando uma estrutura compacta, textura granoblástica e granularidade consistente (médio a grosso) sob visível observação macroscópica [6]

## Anexo 2: Identificação macroscópica líquénica, estimação por ImageJ e condições meteorológicas do JBT

### 2.1. Identificação macroscópica dos espécimes líquénicos

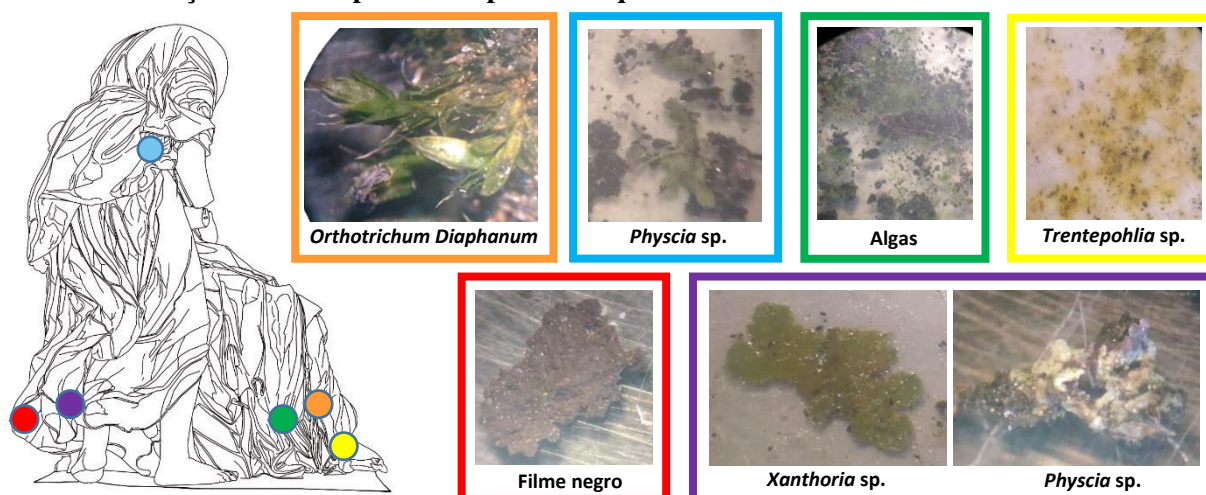


Figura 5: Mapeamento face SE (Barra de escala: 5 cm) e respetiva localização da amostragem líquénica (*Xanthoria* sp., *Trentepohlia* sp. e *Physcia* sp.), algas verdes, briófitos (*Orthotrichum diaphanum*) e do filme negro.

### 2.2. Estimação das áreas ocupadas por algumas formas de degradação, de acordo com o programa ImageJ































A estimativa da área ocupada pelo filme negro é apresentada na Tabela 1. Nesta verifica-se que o filme negro ocupa uma média significativa de 44% de toda a escultura apresentando os valores máximos de 51 % e 44%, nas faces voltadas a Sudoeste e Noroeste, respetivamente. Em comparação, as superfícies do mármore de Carrara são menores: registando os valores mínimos de 2% e 4% (nos lados a Noroeste e Sudoeste), e o valor máximo de 30% (nos lados a Nordeste e Sudeste). A camada algal também possui uma presença significativa na escultura, a uma percentagem média de 37%, com os valores máximos de 56% e 46% (nos lados Sudoeste e Noroeste, respetivamente) e valores mínimos de 19% e 27% (a Sudeste e Nordeste, respetivamente). Em comparação às anteriores áreas, há pouca presença de argamassa na superfície da escultura com um valor médio de 3%.

Tabela 1: Percentagens estimadas das áreas ocupadas pelo filme negro, camada algal, depósitos de argamassa e área desocupada por formas de degradação da escultura em cada face da *Morte de Cleópatra*, de acordo com a ferramenta digital programa ImageJ.

Face da escultura	Filme negro	Camada Algal	Depósitos de argamassa	Área sem patologias/ com mármore visível
Frente (NE)	44% ± 1,4	27% ± 2,2	3% ± 1,4	26% ± 0,1
Esquerda (NW)	51% ± 1,8	46% ± 1,9	1% ± 0,7	2% ± 0,5
Direita (SE)	42% ± 0,6	19% ± 3,5	8% ± 0,6	30% ± 0,4
Verso (SW)	38% ± 0,3	56% ± 0,3	1% ± 0,3	4% ± 0,2
<b>Média</b>	<b>44%</b>	<b>37%</b>	<b>3%</b>	<b>16%</b>









### Anexo 3: Caracterização da aderência do filme negro e por microscópio ótico do filme negro

Tabela 3: Sequência de fotografias da superfície da escultura *Morte de Cleópatra* prévio à aplicação da fita adesiva Crystal (1), e da primeira a quinta (2-6) aplicação. (a.) Traje da Aia a SE; (b.) Braço esquerdo da Cleópatra a NE; (c.) Coxa esquerda da Cleópatra a NE; (d.) Chão junto ao pé da Aia a SE; (e.) Chão junto ao pé da Cleópatra a NE.

	1 (Prévio à aplicação)	2 (Primeira aplicação)	3 (Segunda aplicação)	4 (Terceira aplicação)	5 (Quarta aplicação)	6 (Quinta aplicação)
a.						
b.						
c.						
d.						
e.						

**Anexo 4: Espécimes infestadores, produtores e/ou excretadores de gotas de melada/ *honeydew*, responsáveis pelo desenvolvimento da fumagina encontrados na literatura**

Tabela 4: Espécimes infestadores, produtores e/ou excretadores de gotas de melada/ *honeydew*, responsáveis pelo desenvolvimento de fumagina na literatura.

<b>Espécime</b>	<b>Imagem dos espécimes infestantes</b>	<b>Bibliografia</b>
<i>Aphidoidea</i> sp. (Afídeo)	 [45]	[20,30,34,43]
<i>Planococcus citri</i> (Cochinilha)	 [53]	[20,34,43]
<i>Aleyrodoidea</i> sp. (Mosca branca)	 [54]	[20,34,43]
<i>Cerataphis brasiliensis</i> (Afídeo das palmáceas)	 [55]	[29]
<i>Bactrocera minax</i> (Mosca citrina chinesa)	 [56]	[42]
<i>Saissetia oleae</i> (Insetos de escala)	 [57]	[19,20,34]
<i>Cicadellidae</i> sp. (cicadelídeos)	 [40]	[20,34]
<i>Psyllidae</i> sp. (Psylídeos)	 [58]	[24,25]