



CATÓLICA  
ESCOLA DAS ARTES

---

PORTO

INVENTARIAÇÃO, TRATAMENTO E  
ACONDICIONAMENTO DA COLEÇÃO DE  
NUMISMÁTICA DO MUSEU DA MISERICÓRDIA  
DO PORTO (MMIPO)

Dissertação apresentada à Universidade Católica Portuguesa  
para obtenção do grau de Mestre em Conservação e Restauro de Bens Culturais

*Ana Catarina Caeiro Joaquim Lopes Cordeiro*

Porto, Setembro de 2020





CATÓLICA  
ESCOLA DAS ARTES

---

PORTO

INVENTARIAÇÃO, TRATAMENTO E  
ACONDICIONAMENTO DA COLEÇÃO DE  
NUMISMÁTICA DO MUSEU DA  
MISERICÓRDIA DO PORTO (MMIPO)

Dissertação apresentada à Universidade Católica Portuguesa  
para obtenção do grau de Mestre em Conservação e Restauro de Bens Culturais

Especialização em Património Móvel (Metais)

*Ana Catarina Caeiro Joaquim Lopes Cordeiro*

Trabalho efetuado sob a orientação de

Professora Doutora Eduarda Vieira

E coorientação de

Professor Doutor Nuno Camarneiro

Porto, Setembro de 2020



## Agradecimentos

Em primeiro lugar um enorme agradecimento ao Museu da Misericórdia do Porto pela atribuição da bolsa de mérito que me permitiu realizar esta dissertação, e também a toda a sua equipa, em particular à Dr. Armanda Canhota por toda ajuda e simpatia no decorrer deste processo.

Aos meus orientadores, Doutora Eduarda Vieira e Doutro Nuno Camarneiro um especial agradecimento pela orientação, sugestões e acompanhamento ao longo deste trabalho

Um agradecimento especial à professora Doutora Ana Leite Oliveira e às alunas Mestre Marta Duarte e Mestre Inês Vasconcelos da Escola Superior de Biotecnologia pela ajuda e disponibilidade para a utilização do CO<sub>2</sub> supercrítico.

Um grande obrigado ao Doutor Bruno Campos pela enorme disponibilidade e ajuda e à professora Doutora Patrícia Moreira pela colaboração.

Às colegas de trabalho, Daniela e Rita e ao Sr. Fernando Ferreira do Museu Marítimo de Esposende um grande obrigada pela compreensão e apoio.

Aos colegas de mestrado, pelo apoio, colaboração e interajuda.

Aos meus amigos, Jorge, Sara, Mariana, Pedro, Maria, Joana, Alter, Vera, Margarida, Beatriz, por todo o apoio, motivação e paciência durante o decorrer desta dissertação, porque mesmo longe sempre estiveram apenas a uma chamada de distância. Um obrigado gigante!

Ao Pedro, pela paciência, pelas sugestões, e pelo apoio enorme.

À minha família, em especial à avó Narcisa e ao mano João, pelo apoio incondicional.

Por último, não podia deixar de agradecer à minha mãe, a minha grande inspiração e fonte de motivação, o porto de abrigo nos momentos maus e nas grandes conquistas. A verdadeira responsável pela pessoa que sou e que me permitiu realizar este e todos os outros sonhos.



## RESUMO

O presente trabalho surge no âmbito da dissertação de Mestrado em Conservação e Restauro de Bens Culturais e da bolsa de mérito atribuída pela Santa Casa da Misericórdia do Porto. Tem como objeto de estudo a coleção de numismática do Museu da Misericórdia do Porto (MMIPO) e como principais objetivos a inventariação, o tratamento e o acondicionamento da referida coleção, bem como o desenvolvimento de metodologias de inventariação e limpeza adequadas a coleções de numismática no âmbito da conservação e restauro.

A metodologia aplicada para a elaboração deste projeto consistiu na criação de normas de inventário especializadas para numismática, na realização do inventário das 1309 moedas que constituem a coleção, e no levantamento de estado de conservação de todas elas. Posteriormente, definiu-se o método de acondicionamento a aplicar e escolheu-se o grupo de moedas a interencionar. Optou-se por um grupo de 35 moedas em liga de bronze que apresentavam necessidade de intervenção. A metodologia de limpeza aplicada a este grupo teve como objetivo a preservação da pátina de oxidação.

Para a intervenção de conservação e restauro, realizou-se primeiro a análise de Microscopia Eletrónica de Varrimento com Dispersão de Energia (SEM-EDS) para confirmar a constituição da liga. De seguida, efetuaram-se doze testes de limpeza, entre os quais limpezas mecânicas, químicas, por ultrassons e com CO<sub>2</sub> supercrítico, por forma a determinar qual a mais eficiente e menos prejudicial para a conservação das moedas. Realizou-se a análise de Espectroscopia de Infravermelhos por Transformada de Fourier (FTIR) para confirmação dos resultados da limpeza com CO<sub>2</sub> supercrítico. A limpeza mecânica foi a que apresentou melhores resultados a par com a limpeza química tradicional com ácido acético e ácido etileno diamino tetra-acético (EDTA), ao contrário da limpeza com CO<sub>2</sub> supercrítico, que obteve os piores resultados. A limpeza com ultrassons aparenta ser promissora, no entanto necessita de um estudo mais alargado. Foi ainda feito um estudo de forma a comparar se o uso de inibidor de corrosão Benzotriazol (BTA) tem influência na limpeza e no aspeto final das moedas. Optou-se pela aplicação de cera microcristalina como camada protetora. Por fim as moedas foram acondicionadas individualmente em bolsas de polipropileno de baixa densidade.

**Palavras-chave:** MMIPO; Numismática; Inventário, Acondicionamento; Limpeza de bronze; SEM-EDS; BTA.



## ABSTRAT

This work is part of the master's dissertation in Conservation and Restoration of Cultural Heritage and was carried out a merit scholarship awarded by *Santa Casa da Misericórdia do Porto*. It focuses on the numismatics collection of the *Museu da Misericórdia do Porto* (MMIPO) and the main goals were the inventorying, conservative treatment of and packaging this collection, as well as the development of inventory and cleaning methodologies suitable for numismatics collections in the conservation and restoration.

The methodology adopted for in his project consisted in the creation of specialized standards for numismatics, the inventory of the 1309 collection coins and in the survey of their condition. Subsequently, the packaging method to be applied was defined and the group of currencies to be treated was chosen. We opted for a group of 35 bronze alloy coins that needed intervention. The cleaning methodology undertaken in this group aimed to preserve the oxidation patina.

For the diagnosis towards the conservation work, the first analysis of Scanning Electron Microscopy with Energy Dispersion (SEM-EDS) was performed to confirm the constitution of the alloy. Then, cleaning tests were carried out, including mechanical, chemical, ultrasound and supercritical CO<sub>2</sub> cleaning, in order to determine which is the most efficient and least harmful for the conservation of coins. An analysis of Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) was performed to confirm the results of cleaning with supercritical CO<sub>2</sub>. Mechanical cleaning was the one that presented best results along with the traditional chemical cleaning with acetic acid and ethylene diamino tetraacetic acid (EDTA), in contrast with the cleaning with supercritical CO<sub>2</sub>, which provided the worst results. Ultrasonic baths appears to be promising, however we need further studies. A study was also carried out to compare whether the use of benzotriazole corrosion inhibitor (BTA) has an influence on the cleaning and the final appearance of the coins. It was decided to apply microcrystalline wax (Cosmolloid 80H) as a protective layer. Finally, the coins were packed individually in low density polypropylene bags.

**Keywords:** MMIPO; Numismatics; Inventory, Packaging; Bronze cleaning; SEM-EDS; BTA.



## ÍNDICE

<b>Agradecimentos .....</b>	<b>iii</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAT .....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE.....</b>	<b>ix</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>xi</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>xiv</b>
<b>LISTA DE SIGLAS.....</b>	<b>xv</b>
<b>O Glossário.....</b>	<b>xvi</b>
<b>Capítulo I - Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1. Caracterização da Coleção de Numismática do Museu da Misericórdia do Porto 1	
1.2. Metodologia.....	2
1.3. Estrutura da dissertação .....	3
<b>Capítulo II - Coleções de Numismática – Estado da Arte .....</b>	<b>4</b>
2.1. Inventariação.....	4
2.2. Limpeza e Inibição.....	5
2.3. Revestimento de Proteção.....	5
2.4. Acondicionamento .....	6
<b>Capítulo III - Inventariação de coleções de numismática.....</b>	<b>7</b>
3.1. Normas de Inventário para Coleções de Numismática.....	7
3.2. Metodologia para descrição de moedas .....	8
3.3. Levantamento do estado de conservação.....	11
<b>Capítulo IV - Tratamento de Conservação e Restauro de Coleções de Numismática .....</b>	<b>13</b>
4.1. Grupo de moedas da Coleção do Museu da Misericórdia do Porto.....	13
4.2. Ligas de Cobre e as suas patologias.....	14
4.3. Métodos de exame e análise para coleções de numismática.....	16
4.3.1. Microscopia eletrónica de varrimento – SEM-EDS.....	17
4.4. Metodologia de limpeza.....	21
4.5. Tratamento de Limpeza e Inibição .....	22
4.5.1. Limpeza Mecânica .....	23
4.5.2. Limpeza Química .....	24
4.5.2.1. Detergente Neutro.....	24
4.5.2.2. Ácido Etileno Diamino Tetra-Acético (EDTA) .....	25

4.5.2.3. Ácido Acético .....	27
4.5.2.4. Ácido Cítrico .....	28
4.5.3. Limpeza por Ultrassons.....	29
4.5.3.1. Água Destilada.....	30
4.5.3.2. Ácido Acético .....	31
4.5.3.3. Ácido Etileno Diamino Tetra-Acético (EDTA) .....	32
4.5.3.4. Peróxido de Hidrogénio .....	33
4.5.4. Limpeza com CO <sub>2</sub> Supercrítico.....	34
4.5.5. Discussão dos resultados.....	38
4.6. Revestimento de proteção .....	41
<b>Capítulo V - Acondicionamento de Coleções de Numismática .....</b>	<b>42</b>
5.1. Acondicionamento da Coleção do Museu da Misericórdia do Porto .....	43
<b>Capítulo VI – Conclusões.....</b>	<b>46</b>
<b>Bibliografia.....</b>	<b>48</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>53</b>
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO: NUMISMÁTICA - PRÁTICAS NA CONSERVAÇÃO DE MOEDAS.....	54
APÊNDICE B – FICHA DE INVENTÁRIO .....	60
APÊNDICE C – DIRETRIZES DE PREENCHIMENTO DA FICHA DE INVENTÁRIO .....	61
APÊNDICE D - FICHEIRO EXCEL UTILIZADO PARA O INVENTÁRIO DA COLEÇÃO DE NUMISMÁTICA DO MUSEU DA MISERICÓRDIA DO PORTO.....	63
APÊNDICE E – FICHA DE LEVANTAMENTO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO.....	65
APÊNDICE F – ESPETROS DA ANÁLISE SEM-EDS .....	66
APÊNDICE G – TABELA DE AMOSTRAS E MÉTODOS DE LIMPEZA .....	68
APÊNDICE H – TABELAS COM ESPECIFICAÇÕES DAS LIMPEZAS .....	69
APÊNDICE I – REGISTO FOTOGRÁFICO ANTES E APÓS LIMPEZA.....	72
<b>ANEXOS .....</b>	<b>76</b>
ANEXO A – CLASSIFICAÇÃO DE ESTADO DE CONSERVAÇÃO – NUMISMATAS.....	77
ANEXO B – MÉTODOS DE ACONDICIONAMENTO DE MOEDAS .....	78

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figuras 1 e 2</b> - Anverso e reverso, respetivamente, de uma moeda da monarquia. ....	10
<b>Figuras 3 e 4</b> – Anverso e reverso, respetivamente, de uma moeda da I Republica. ....	10
<b>Figuras 5 e 6</b> – Anverso e reverso, respetivamente, de uma moeda comemorativa.....	10
<b>Figura 7</b> – Elementos constituintes de uma moeda .....	11
<b>Figura 8</b> – Grupo de moedas em liga de cobre a ser intervencionado.....	13
<b>Figura 9</b> - Espectro dos dois pontos analisados na amostra NM0337_11.....	19
<b>Figura 10</b> – Espectro dos dois pontos analisados na amostra NM0333_14.....	19
<b>Figuras 11 e 12</b> – Pontos sem corrosão da amostra NM0333_14 com ampliações de 250x e 8000x respetivamente. ....	20
<b>Figuras 13 e 14</b> – Pontos com corrosão da amostra NM0333_14 com ampliações de 400x e 6000x respetivamente. ....	20
<b>Figuras 15 e 16</b> – Zona da amostra NM0337_11, sem e com corrosão, respetivamente, com apiação de 150x. ....	20
<b>Figuras 17 e 18</b> – Pormenor do antes e depois da limpeza mecânica da moeda NM0331_5.....	23
<b>Figuras 19 e 20</b> – Pormenor do antes e depois da limpeza mecânica da moeda NM0333_2.....	23
<b>Figuras 21 e 22</b> – Pormenor do antes e depois da limpeza mecânica da moeda NM0337_11.....	23
<b>Figuras 23 e 24</b> – Amostra NM0337_11 sem tratamento de BTA e NM0333_2 tratada com BTA. ....	24
<b>Figuras 25 e 26</b> – Promenor do antes e depois da limpeza com detergente neutro da moeda NM0332_18.....	25
<b>Figuras 27 e 28</b> – Promenor do antes e depois da limpeza com detergente neutro da moeda NM0332_27.....	25
<b>Figuras 29 e 30</b> – Pormenor do antes e depois da limpeza com detergente neutro da moeda NM0332_28.....	25
<b>Figuras 31 e 32</b> - Pormenor do antes e depois da limpeza química com EDTA da moeda NM0333_5.....	26

<b>Figuras 33 e 34</b> – Pormenor do antes e depois da limpeza química com EDTA da moeda NM0332_4.....	26
<b>Figuras 35 e 36</b> – Pormenor do antes e depois da limpeza química com EDTA da moeda NM0336_12.....	26
<b>Figuras 37 e 38</b> – Amostra NM0333_5 sem tratamento de BTA e NM0332_4 com tratamento de BTA. ....	26
<b>Figuras 39 e 40</b> – Pormenor do antes e depois da limpeza química com ácido acético da moeda NM0332_11.....	27
<b>Figuras 41 e 42</b> – Pormenor do antes e depois da limpeza química com ácido acético da moeda NM0336_2.....	27
<b>Figuras 43 e 44</b> – Pormenor do antes e depois da limpeza química com ácido acético da moeda NM0335_1.....	27
<b>Figuras 45 e 46</b> – Amostra NM0332_11 sem tratamento de BTA e NM0337_2 com tratamento de BTA.....	28
<b>Figuras 47 e 48</b> – Pormenor do antes e depois da limpeza química com ácido cítrico da moeda NM0332_13.....	28
<b>Figuras 49 e 50</b> – Pormenor do antes e depois da limpeza química com ácido cítrico da moeda NM0336_16.....	28
<b>Figuras 51 e 52</b> – Pormenor do antes e depois da limpeza química com ácido acético da moeda NM0333_19.....	29
<b>Figuras 53 e 54</b> – Pormenor do antes e depois da limpeza química com ácido acético da moeda NM0337_12.....	29
<b>Figuras 55 e 56</b> – Amostra NM0332_13 sem tratamento de BTA e NM0337_12 com tratamento de BTA.....	29
<b>Figura 57 e 58</b> – Pormenor do antes e depois da limpeza por ultrassons com água destilada da moeda NM0331_3.....	30
<b>Figuras 59 e 60</b> – Pormenor do antes e depois da limpeza por ultrassons com água destilada da moeda NM0331_2.....	31
<b>Figuras 61 e 62</b> – Pormenor do antes e depois da limpeza por ultrassons com água destilada da moeda NM0333_8.....	31
<b>Figuras 63 e 64</b> – Pormenor do antes e depois da limpeza com solução a 5% da moeda NM0332_14.....	31
<b>Figuras 65 e 66</b> – Pormenor do antes e depois da limpeza com solução a 10% da moeda NM0333_14.....	31

<b>Figuras 67, 68, 69 e 70</b> – Amostras NM332_14; NM0333_14; NM0336_15 e NM0340 após limpeza .....	32
<b>Figuras 71 e 72</b> – Pormenor do antes e depois da limpeza com solução a 5% da moeda NM0333_12.....	32
<b>Figuras 73 e 74</b> – Pormenor do antes e depois da limpeza com solução a 10% da moeda NM0336_10.....	32
<b>Figuras 75, 76, 77 e 78</b> – Amostras NM0332_23; NM0333_12; NM0336_10 e NM0945 após limpeza. ....	33
<b>Figuras 79 e 80</b> – Pormenor do antes e depois da limpeza com solução a 10% da moeda NM0333_16.....	33
<b>Figuras 81 e 82</b> – Pormenor do antes e depois da limpeza com solução a 10% da moeda NM0337_9.....	33
<b>Figuras 83 e 84</b> – Amostras NM0333_16 e NM0337_9 após limpeza .....	34
<b>Figuras 85, 86 e 87</b> – Amostras após limpeza com scCO <sub>2</sub> sem co solvente. ....	35
<b>Figuras 88, 89 e 90</b> – Pormenores da amostras 50 centavos após 1h10min nos ultrassons. ....	35
<b>Figuras 91, 92 e 93</b> – Amostra 50 centavos e pormenores após limpeza com scCO <sub>2</sub> e EDTA. ....	36
<b>Figuras 94 e 95</b> – Amostra 20 centavos antes e após limpeza com scCO <sub>2</sub> e ácido acético. ....	36
<b>Figura 96</b> – Espectro de FTIR da coloração azulada recolhida na amostra de 20 centavos após lavagem com CO <sub>2</sub> supercrítico com ácido acético.....	37
<b>Figura 97</b> – Moedas dentro da caixa de madeira.....	43
<b>Figura 98</b> – Álbum de moedas em plástico PVC. ....	43
<b>Figura 99</b> – Alvéolos e bolsas plásticas que continham moedas.....	44
<b>Figura 100</b> – Álbum de moedas com identificação dos países.....	44
<b>Figura 101</b> – Acondicionamento .....	45
<b>Figura 102</b> – Armazenamento das bolsas em caixas.....	45
<b>Figura 103</b> – T e HR Agosto 2019 .....	45
<b>Figura 104</b> – T e HR Janeiro 2020.....	45

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Produtos de corrosão do cobre e as suas características.....	15
<b>Tabela 2:</b> Comparação entre as bandas características da malaquite e do acetato de cobre (II) com as obtidas na análise FTIR da figura 96. ....	37
<b>Tabela 3:</b> Fotografias das moedas após limpeza .....	38
<b>Tabela 4:</b> Experiências executadas e respetivos resultados.....	40

## **LISTA DE SIGLAS**

ATR – Reflexão Total Atenuada

BTA – Benzotriazol

DGPC – Direção Geral do Património Cultural

EDTA – Ácido Etileno Diamino Tetra-Acético

FTIR – Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier

HR – Humidade Relativa

ICOM – Conselho Internacional de Museus

MMIPO – Museu da Misericórdia do Porto

SEM-EDS – Microscopia Eletrónica de Varrimento com Dispersão de Energia

T – Temperatura

XRF – Fluorescência de Raios X

## O Glossário

Neste glossário consta uma compilação dos termos numismáticos considerados relevantes e necessários para a compreensão e correta descrição de moedas [1].



**Anverso** – Lado principal da moeda, onde estão os elementos identificativos da moeda, como a figura do chefe de estado, esfinge ou brasão. Oposto ao reverso.

**Bordo** – Parte mais estreita da moeda, a espessura. Pode ter várias configurações: liso, com letreiro ou legendado, serrilhado, recortado ou dentado.



**Busto** – Cabeça ou retrato de chefes de estado, esfinges, ou personificações das nações que se encontra, por norma, no anverso da moeda. Estes podem estar virados para a direita, para a esquerda ou de frente. Pode haver apenas um busto ou mais que um, sendo que podem ter ou não pescoço, estar de corpo inteiro, em pé, sentado ou a cavalo.



**Campo** – Espaço na moeda, tanto no anverso como no reverso, onde estão as figuras principais. O fundo da moeda.



**Cercadura** – Pontos, granulos ou traços que circulam a legenda da moeda, perto do bordo.

**Coroa** – Elemento muito utilizado em moedas da monarquia portuguesa e pode apresentar vários tipos. É também denominada de diadema.

**Cruz** – Elemento muito utilizado em moedas de todos os tipos e épocas, pode variar o tipo de cruz sendo as mais comuns a cruz de Cristo; de S. Jorge; de Avis; de S. Tiago; do Santo Sepulcro; de Malta.

**Cunho** – Representações de figuras ou elementos, que estão cunhados na moeda.

**Epigrafe** – O letreiro da moeda, ou seja, todas as palavras, letras, número ou datas presentes na mesma.



**Exergo** – Espaço da moeda situado abaixo das figuras principais, no anverso e reverso, que contém letras ou datas.

**Florão** – Ornamento em forma de flor estilizada que tem a função de separar palavras ou datas. Pode também ser designado de roseta.

**Grinalda** – Ornamento muito utilizado nas moedas que é composto por dois ramos entrelaçados em baixo, não se confundindo com coroa, que não tem esse enlace.

**Inscrição** – Epigrafe da moeda que ocupa a sua parte central.

**Legenda** – Epigrafe a moeda que ocupa a sua orla.



**Orla** – Extremidade da moeda próxima do rebordo.



**Rebordo** – Saliência que o bordo da moeda faz, também chamado de cordão.



**Reverso** – Face oposta ao anverso.

## **Capítulo I - Introdução**

No âmbito do segundo ano de Mestrado em Conservação e Restauro de Bens Culturais e da bolsa de mérito atribuída pela Santa Casa da Misericórdia do Porto, foi proposta a realização de um estudo sobre inventariação, acondicionamento e tratamento de coleções numismática, no caso específico da coleção do Museu da Misericórdia do Porto. Este estudo tem como principais objetivos a realização do inventário de toda a coleção, o seu correto acondicionamento e a elaboração de uma metodologia de limpeza e proteção para um grupo de moedas em liga de bronze pertencentes à coleção. Esta metodologia pretende ir de encontro às necessidades que a coleção apresenta, seguindo os critérios da conservação e restauro, tendo em conta as normas usadas pelos colecionadores (numismatas).

A conservação de moedas é um tema muito relacionado com o colecionismo e pouco explorado a nível da Conservação e Restauro, especialmente nos museus. Por este motivo, surge a necessidade de criar normas e metodologias que satisfaçam as necessidades dos mesmos, sem que as normas dos colecionadores sejam deixadas de parte. Para além dos objetivos descritos anteriormente, este estudo, pretende ainda criar uma ponte entre o mundo da Colecionismo de moedas (numismática) e o da Conservação e Restauro, em particular dentro dos museus, traçando uma metodologia de tratamento, inventariação e acondicionamento que, além de satisfazer essas necessidades, abra caminho e desperte interesse para este tema.

### **1.1. Caracterização da Coleção de Numismática do Museu da Misericórdia do Porto**

A coleção de Numismática do Museu da Misericórdia do Porto, objeto de estudo da presente dissertação, integra um conjunto de 1309 moedas, provenientes de 42 países (Angola, Moçambique, Macau, Brasil, Índia, Filipinas, Venezuela, Roménia, Singapura, Malásia, Tailândia, Bulgária, Emirados Árabes Unidos, Turquia, Congo Belga, Hong Kong, Inglaterra, República Checa, Irlanda, Cuba, República Democrática do Congo, Alemanha, Suíça, Ucrânia, Hungria, Países Baixos, Rússia, Áustria, Israel, Polónia, Estados Unidos da América, Bélgica, Espanha, França, Itália, Noruega, Marrocos, Líbia, China, Taiwan, Irão e Portugal), sendo a maioria da coleção de origem portuguesa, com um total de 771 moedas. A coleção é bastante diversificada, contendo exemplares

comemorativos e destinados à circulação normal, que representam diferentes períodos da história de cada país, variando entre a Monarquia, Império e República. Apresentam datações compreendidas entre 1750 e 2010, sendo a moeda mais antiga da monarquia portuguesa, reinado de D. José I. A mais recente é da Confederação Helvética da Suíça, que se encontra ainda hoje em circulação. Além desta, existem outras moedas da coleção que também se encontram em circulação, em países como Taiwan, Rússia e Tailândia.

As ligas das moedas presentes na coleção são muito variadas consoante, não só, o país de origem, mas também o período a que pertencem. As ligas mais comuns são o Bronze, Prata e ligas com Níquel como Cuproníquel. Todas as moedas da presente coleção foram já produzidas através de cunhagem mecânica.

A coleção teve origem numa doação anónima e a informação que existe sobre a mesma é escassa. Não se conhece o seu colecionador e/ou dador, o motivo da doação nem a data em que foi doada. Encontrava-se armazenada numa caixa de madeira e em álbuns com micas para moedas em plástico PVC.

## **1.2. Metodologia**

A metodologia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho partiu de uma pesquisa bibliográfica exaustiva sobre o tema da numismática, não só no âmbito da conservação e restauro, mas também do colecionismo. Efetuou-se também um questionário aos colecionadores de moedas sobre os procedimentos por eles usados na preservação das suas coleções. No decorrer do trabalho foi ainda necessário recorrer a métodos analíticos como o SEM-EDS para o levantamento do estado de conservação e auxílio na escolha de métodos adequados de limpeza e FTIR para a comprovação de resultados.

O trabalho começou pela inventariação da coleção em estudo e pelo desenvolvimento das normas para essa inventariação. Em simultâneo fez-se o correto acondicionamento e respetiva organização da coleção, por anos e países de origem das moedas. A etapa seguinte do trabalho passou pela elaboração da metodologia de limpeza e a pesquisa de métodos de limpeza para ligas de bronze. Seguiu-se o trabalho prático em que as moedas foram tratadas e posteriormente realizadas comparações entre os testes de

limpeza efetuados e respetiva discussão de resultados. Por último, passou-se à escrita da dissertação.

No decorrer do estudo forem encontradas algumas dificuldades, nomeadamente nos critérios utilizados para inventariação e descrição de moedas. Na fase de limpeza, houve também algumas dificuldades no que toca à definição do que limpar, dado que este tema é bastante controverso, em particular na área do colecionismo. Na conservação e restauro também não existem linhas orientadoras por este não ser um tipo de património que os museus tratem com regularidade.

### **1.3. Estrutura da dissertação**

A dissertação está organizada em dois núcleos: o primeiro de componente mais teórico onde se apresenta uma revisão geral do tema e onde é feita uma pesquisa exaustiva sobre a inventariação e acondicionamento de coleções de numismática. A criação de uma ficha com normas de inventário específicas para numismática (Apêndice B e C), uma ficha de levantamento de estado de conservação (Apêndice E) e ainda a conceção de regras para a descrição de moedas que vão de encontro às terminologias usadas pelos numismatas. Partindo desta pesquisa será realizada a inventariação que inclui a descrição, o levantamento de estado de conservação e o correto acondicionamento de toda a coleção; O segundo núcleo do trabalho, engloba a pesquisa bibliográfica de métodos de limpeza para metais e moedas, métodos de proteção e métodos de inibição e a criação de uma metodologia de limpeza e proteção, para moedas em liga de cobre. Esta metodologia foi aplicada num grupo de moedas da coleção, que foram selecionadas tendo em conta o material da liga e as patologias presentes. Esta fase englobou ainda a análise dos resultados do exame de SEM-EDS, de forma a perceber o real estado de conservação das moedas e a sua composição permitindo uma melhor discussão dos resultados obtidos.

## Capítulo II - Coleções de Numismática – Estado da Arte

O estudo de Numismática é um tema pouco investigado a nível da conservação e restauro. Apesar de muitos museus integrarem este tipo de coleções no seu espólio, subsistem ainda inúmeras questões relacionadas com a inventariação, acondicionamento e tratamento deste tipo de objetos. Ao nível do colecionismo, a informação relativa à conservação de moedas é dispersa e existe sobretudo em fóruns de colecionadores na internet [2;3]. No entanto não é consensual a forma de descrever as moedas, a maneira correta de as acondicionar, nem a limpeza de camadas de corrosão [2-6], e deste modo cada numismata opta por estratégias próprias, quer relativamente à descrição, inventário e acondicionamento, quer em relação à limpeza da sua coleção. Geralmente esta limpeza é rara e feita apenas quando estritamente necessária para a leitura da moeda <sup>1</sup>.

### 2.1. Inventariação

O inventário consiste no levantamento de todos os objetos que fazem parte do acervo da própria instituição e tem como objetivo principal a identificação individualizada de cada uma das peças dentro das coleções que constituem o acervo museológico [7]. Nas normas de inventário editadas pela Direção Geral do Património Cultural (DGPC), não existem normas específicas para moedas, mas apenas normas gerais de arte e arqueologia [7;8], que podem ser adaptadas. No entanto, há a necessidade de criação de normas específicas para este tipo de coleções, por requererem uma série de termos singulares que não devem ser descurados. Assim, a maioria dos museus Portugueses, inventaria as suas coleções com critérios próprios, adaptando as normas existentes, o que origina uma certa confusão na utilização de termos e em geral não integram informação técnica como o estado de conservação. O Conselho Internacional de Museus (ICOM) desenvolveu, em 2013, um documento dedicado à conservação de coleções de numismática [9], onde apresenta, entre outros elementos, os campos considerados fundamentais para a inventariação de coleções de numismática para auxiliar os museus na criação dos seus catálogos.

---

<sup>1</sup> Para melhor entender os procedimentos nas práticas de conservação de moedas por parte dos colecionadores (numismatas) houve a necessidade de realizar um questionário de forma a recolher esta informação e puder complementar e comparar com a vasta informação existente em fóruns online de numismática. Ver questionário completo no Apêndice A.

## **2.2. Limpeza e Inibição**

A limpeza é um assunto muito controverso, quer pela interpretação do que é a limpeza, quer pelo nível a que esta é utilizada. A controvérsia da limpeza relaciona-se com a profundidade com que esta deve ser feita [4;5]. Há colecionadores que defendam a limpeza das manchas ou oxidações de forma a revelar o metal original e outros a sua permanência [5]. Este conflito tem que ver com a definição de estado de conservação por parte dos numismatas [10] (Anexo A) e consequentemente com o valor atribuído à moeda, além do próprio gosto pessoal [2]. No campo da conservação e restauro, defende-se o critério da conservação mínima, que estabilize e zele pela conservação do objeto [11]. Assim, os métodos de limpeza mais aconselhados são os métodos mecânicos, por serem precisos e menos agressivos [4;12]. No entanto, poderá ser necessária a utilização de soluções químicas quando os depósitos de corrosão são mais resistentes [4;12;13]. Soluções químicas ácidas, alcalinas e soluções que recorram a agentes de complexificação [4;14-16] apresentam bons resultados para a remoção dos produtos de corrosão do cobre. Têm sido também desenvolvidos estudos com a utilização de CO<sub>2</sub> supercrítico, usado na conservação e restauro para limpeza de têxteis e polímeros, como solvente para limpeza de metais [17-21]. Este é um método sustentável alternativo aos solventes orgânicos comumente usados na área de conservação [22].

Estudos realizados por David Watkinson aconselham o uso de inibidores de corrosão, na fase de tratamento, uma vez que estes inibem a interação entre o cloreto cuproso, o oxigénio e a humidade do ar. A molécula inibidora comumente utilizada para ligas de cobre é o BTA, um composto orgânico heterocíclico, que apresenta uma boa solubilidade em água e tem estabilidade térmica [15;23-27]. Apesar de irem surgindo estudos com a utilização de outros inibidores, esta molécula orgânica continua a ser a que apresenta melhores resultados.

## **2.3. Revestimento de Proteção**

A proteção, é um passo fundamental para que o objeto se mantenha íntegro após o tratamento de limpeza. O revestimento de dupla proteção constituído por resina acrílica e cera microcristalina [4;11;13;28] apresenta melhores resultados que o emprego de apenas um dos componentes, [11;13;28]. A camada de resina protege a moeda de futura

corrosão, mas é ligeiramente permeável à passagem de água e de oxigénio. A camada de cera irá proteger a camada de resina, e é hidrófuga, prevenindo a passagem de humidade e oferece resistência à foto-degradação da resina pelos raios UV, garantindo a estabilidade do sistema de proteção[4;11;13;28]. Este revestimento é utilizado após a intervenção e não substitui o uso de inibidores de corrosão, usados durante a intervenção.

#### **2.4. Acondicionamento**

Finalmente, o correto acondicionamento das coleções numismáticas é fundamental para a sua conservação, enquanto permite uma boa organização das mesmas [5;12;29]. Ao longo do tempo, têm surgido estudos sobre a utilização de alvéolos, bolsas plásticas e envelopes feitos de materiais estáveis, inertes e livres de ácido, como o polietileno [5;29]. Segundo Robert Hoge estes constituem um bom método de isolamento e acondicionamento para moedas, ao contrário dos métodos utilizados anteriormente, como, por exemplo, medalheiros, módulos de madeira, alumínio ou acrílico revestidos a veludo (Anexo B) onde existe a circulação de ar e contaminantes que contribuem para a oxidação do metal e álbuns com micas de plástico PVC, polímero que se decompõe ao longo do tempo, libertando ácido clorídrico provocado a corrosão das moedas que estejam em contacto com o mesmo [5]. Para um correto acondicionamento as moedas não devem estar em contacto direto umas com as outras pois podem criar corrosão galvânica, nem em contacto com materiais orgânicos que libertem ácidos, com é o caso da madeira, papel e de alguns tecidos. Assim, a forma mais correta de acondicionamento passa pela escolha dos materiais e pela individualização dos objetos [29].

## **Capítulo III - Inventariação de coleções de numismática**

Um inventário, de uma forma geral, consiste na enumeração e descrição dos bens de uma instituição ou indivíduo [30] e tem como principal objetivo identificar individualmente cada peça de cada coleção que constitui o acervo museológico de uma determinada instituição ou museu [7].

O inventário de coleções de numismática, em particular, é a enumeração e descrição detalhada de todas as moedas existentes no acervo de um museu, instituição ou colecionador recorrendo a nomenclatura específica.

### **3.1. Normas de Inventário para Coleções de Numismática**

As normas de inventário servem para que os objetos sejam registados de forma correta e estruturada, com o máximo de informação possível. É fundamental que as normas sejam adaptadas ao tipo de objeto a inventariar, para que cada campo da ficha de inventário seja específico e útil no processo de inventariação. As normas de inventário ajudam a que este processo seja mais simples e rápido, mas também permitem que a consulta de informação sobre os objetos seja intuitiva, facilitando vários processos dentro do museu, como a organização de exposições ou os procedimentos de empréstimo.

Dada a escassez de normas específicas para a inventariação de numismática, surge no âmbito desta dissertação a necessidade de criação dessas normas, adaptando não só as normas aplicadas pela DGPC [7;8], as fichas de inventário disponíveis de vários museus que contêm este tipo de coleção, como o Museu do Dinheiro [31] e a Imprensa Nacional - Casa de Moeda [32], e também a utilização e adaptação dos critérios para catalogação de objetos numismáticos aconselhados pelo ICOM [9].

A ficha criada pretende, não só uma inventariação e consulta intuitiva e simplificada que forneça o máximo de informação sobre a coleção de numismática do MMIPO, mas também poder ser utilizada por qualquer museu ou colecionador que pretenda inventariar a sua coleção. Assim, esta é uma ficha que pode ser utilizada para o inventário de todas as moedas e também medalhas, contendo campos específicos para numismática.

A ficha de inventário (Apêndice B) apresenta 27 campos que se podem dividir em quatro áreas específicas. A primeira é relativa à instituição a que pertence, o número de inventário, a localização dentro do museu, e a categoria /coleção. A segunda é relativa à própria moeda como o título, a descrição, se pertence a um conjunto e o número de moedas do conjunto, a autoria, a datação e o local de execução, oficina, país, período e origem. A terceira consiste nas especificações técnicas como, a técnica de execução, a liga da moeda, as marcas que apresenta, o peso, as dimensões e o seu estado de conservação. Por fim, a quarta área é composta pela parte burocrática relacionada com a gestão de coleções e refere o tipo de incorporação, as fontes bibliográficas e os movimentos da moeda.

No processo de criação destas normas houve a necessidade de esclarecer e especificar alguns campos que se podem tornar confusos e criar conflito na interpretação. Deste modo, associado à ficha de inventário, foi feito um documento “Diretrizes de Preenchimento da ficha de inventário” (Apêndice C), para que quando necessária a utilização da ficha, esta seja coerente mesmo que usada por várias pessoas ou em vários momentos.

Para facilitar o processo de inventariação da coleção do Museu da Misericórdia do Porto, esta ficha foi transcrita para um ficheiro Excel (Apêndice D), onde foram colocadas todas as moedas. Este ficheiro é facilmente transferido para o programa de inventário usado pela instituição e tem a vantagem de poder ser utilizado o mesmo ficheiro para o inventário de toda a coleção o que facilita o processo.

### **3.2. Metodologia para descrição de moedas**

A descrição de moedas é um assunto controverso e, mesmo entre os especialistas, não existe um consenso sobre a correta forma de descrever uma moeda, principalmente no que toca à definição de anverso (cara) e reverso (coroa) [1;10]. Assim, há a necessidade de definir normas, por forma a que a descrição seja consensual e coerente.

No caso de estudo da coleção de numismática do Museu da Misericórdia do Porto, dada a grande variedade de moedas existentes, foi possível criar uma metodologia que abrangesse tanto as moedas nacionais como internacionais, bem como os seus períodos históricos. Não é possível definir uma regra geral para todas as tipologias de moedas,

contudo é possível chegar a critérios que permitam descrever de uma forma consensual a coleção.

A coleção foi dividida em dois grandes grupos: Moedas Nacionais e Moedas Internacionais. Esta divisão teve por base o facto de mais de metade da coleção (771 moedas) serem Nacionais, e por isso apresentar uma grande variedade de moedas que envolviam períodos de Monarquia e República. Deste modo foi ainda possível dividir em três conjuntos: Monarquia, I República e Comemorativas determinando-se o anverso e reverso tendo por base estas categorias. Nas moedas internacionais esta divisão foi feita sobretudo entre moedas da Monarquia e outras. Por definição anverso é “a página principal da moeda, onde está o tipo de letreio mais importante, como a figura de um chefe de estado, a personificação de uma nação, uma divindade” [1] em oposição ao reverso que seria o lado menos importante.

- Monarquia (figuras 1 e 2) – anverso: busto do monarca ou símbolo nacional caso não haja busto. Reverso: valor fácil e pode conter a data (notar que a data pode variar de lado).
- I República (figuras 3 e 4) – anverso: figura alegórica da república (esfinge) e identificação do país. Reverso: Valor fácil e pode conter brasão ou símbolo nacional.
- Comemorativas (figuras 5 e 6) – anverso: símbolo nacional ou identificação do país; Reverso: motivo da comemoração.

O valor facial encontra-se sempre no reverso, com exceção de algumas moedas comemorativas (figuras 5 e 6), e nas moedas em que a identificação do país e o valor facial se encontram no mesmo lado. A data não se encontra num lado específico, podendo variar.

Os símbolos nacionais e/ou identificação do país encontram-se sempre no anverso, sendo este um elemento identificativo do anverso, uma vez que este é o lado principal da moeda. No caso de existir o símbolo nacional (brasão) num lado e a identificação do país no outro, então opta-se por definir o anverso como o lado onde não se encontra o valor fácil (exemplo da moeda de 50 centavos, figuras 3 e 4).



**Figuras 1 e 2** - Anverso e reverso, respetivamente, de uma moeda da monarquia. (Catarina Cordeiro ©)



**Figuras 3 e 4** – Anverso e reverso, respetivamente, de uma moeda da I Republica. (Catarina Cordeiro ©)



**Figuras 5 e 6** – Anverso e reverso, respetivamente, de uma moeda comemorativa. (Catarina Cordeiro ©)

Para o caso das moedas internacionais, as regras aplicadas são as mesmas que para as moedas nacionais. As moedas do período da Monarquia apresentam sempre semelhanças, mesmo variando de país. Deste modo as regras de descrição são exatamente as mesmas que as referidas para moedas nacionais. Nas restantes moedas, como regra geral, quando existe a presença de um busto, esfinge ou cara este encontra-se sempre no anverso. Quando este não existe, no anverso devem estar as figuras alegóricas ou os símbolos nacionais do país. O valor facial por norma encontra-se sempre no reverso da moeda. Existem moedas que apresentam a identificação do país ou o valor facial em ambos os lados. Nestes casos, deve optar-se por denominar o anverso como o lado que apresente a data, e o reverso como o lado em que se encontra o valor facial.

A descrição da moeda deve ser objetiva, começando por descrever o anverso e depois o reverso. Deve ser feita do interior para o exterior, começando pelo campo, seguindo-se a orla, o exergo, a cercadura/listel e por fim o bordo (figura 7) [1;10]. Após a descrição de ambos os lados, descreve-se o eixo da moeda, o formato e, por fim, o tipo de rebordo [1;10].



Figura 7 – Elementos constituintes de uma moeda [10].

### 3.3. Levantamento do estado de conservação

No decorrer do processo de inventariação e à parte da classificação de estado de conservação com normas numismáticas que se refere sobretudo ao aspeto estético da moeda e ao seu valor monetário, foi também feito o levantamento do estado de conservação de toda a coleção com normas da conservação e restauro, mais direcionado para o estado material e de forma a facilitar o processo de escolha na fase de tratamento. Deste modo surgiu a necessidade de criação de uma ficha de levantamento do estado de conservação específica para objetos metálicos, especialmente moedas.

A ficha de levantamento de estado de conservação (Apêndice E) divide-se em três campos. Um primeiro campo de seleção, relativo a patologias gerais que os objetos metálicos móveis podem apresentar, nomeadamente: riscos, incisões, fissuras, destacamentos, fragmentos, lacunas, desgaste, deformação mecânica, poeiras, sujidades, depósitos, oxidação, corrosão, eflorescências. O segundo campo é referente à condição geral da moeda, tendo em conta todas as patologias encontradas anteriormente. Assim definem-se quatro categorias de classificação do estado de conservação [33;34], seguidas por museus e instituições inglesas como o British Museum ou o Museum of London.

- **C1 – Boa** (também designada de categoria A ou 4) significa que o objeto se encontra estável, em boas condições de conservação e que não necessita, no momento, de intervenção.
- **C2 – Razoável** (também designada de categoria B ou 3) significa que a prioridade de conservação é baixa e o objeto encontra-se estável. No entanto poderá haver uma

intervenção aconselhada, necessitar de alguma atenção ou apresentar-se danificado, apesar de não necessitar de ação imediata.

- **C3 – Urgente** (também designada de categoria C ou 2) o que significa que a prioridade de conservação é média e o objeto está instável e em deterioração. Necessita de uma intervenção assim que possível, apesar de o risco não ser imediato.
- **C4 – Imediata** (também designada de categoria D ou 1) o que significa que a prioridade de conservação é alta e o objeto encontra-se em corrosão ativa. Necessita de uma intervenção imediata.

Por fim, o terceiro campo, destina-se à escrita de notas, caso estas sejam necessárias. Nas notas deve constar informação mais específica, como o tipo de camada de corrosão, qual a sua cor, se esta é coesa e apresenta uma boa adesão, entre outras informações que se considerem relevantes. Este tipo de conhecimento é importante para que no futuro se possa comparar a evolução do estado de conservação do objeto e também para que no processo de intervenção se possam tomar as melhores decisões tendo em conta o estado específico de cada moeda.

No caso de estudo da Coleção do Museu da Misericórdia do Porto, este processo teve extrema importância para a seleção do grupo de moedas a tratar. Assim, estas quatro categorias de classificação do estado de conservação, distinguem-se das utilizadas no inventário, pois permitem classificar a moeda pelo seu estado estrutural e pela corrosão presente e não somente pelo seu aspeto físico, uma vez que as normas de classificação do estado de conservação utilizadas pelos numismatas não têm por objetivo a conservação e restauro dos objetos, mas sim classificar o seu valor. Na ficha de inventário foram utilizadas essas normas por exigência do museu e para que pudessem ser compreendidas por todos, ao passo que nesta ficha é utilizada a norma dos conservadores restauradores que permite uma avaliação diferente.

## Capítulo IV - Tratamento de Conservação e Restauro de Coleções de Numismática

### 4.1. Grupo de moedas da Coleção do Museu da Misericórdia do Porto

Durante o processo de inventariação fez-se o levantamento de estado de conservação de toda a coleção de numismática do Museu da Misericórdia do Porto, com o intuito de selecionar quais as moedas que necessitavam de intervenção, e dentro dessas, qual o grupo em que seria urgente intervir. Assim, constatou-se que o grupo de 35 moedas da monarquia portuguesa em liga de cobre (figura 8), possivelmente bronze, datadas entre 1882 e 1891, exibiam diferentes produtos de corrosão permitindo, deste modo, a execução de uma grande variedade de testes de limpeza, tanto químicos como mecânicos, e ainda o estudo de inibição e proteção das moedas.

Esta liga é muito utilizada em numismática. Desta forma, a metodologia de tratamentos criada para este grupo de moedas e os resultados conseguidos nos testes de limpeza pretendem ser um contributo para a conservação e restauro de moedas compostas por ligas de cobre.



**Figura 8** – Grupo de moedas em liga de cobre a ser intervencionado. (Catarina Cordeiro ©)

## 4.2. Ligas de Cobre e as suas patologias

O cobre é um metal extensamente utilizado, não só na indústria como também no património cultural, e em particular na produção de moedas e medalhas [35]. Esta extensa utilização, para vários fins, deve-se sobretudo às suas características de bom condutor elétrico e térmico, boa resistência à corrosão, ser macio, fácil de trabalhar (dúctil e maleável), acessível e ainda possibilita a liga com vários outros metais, de forma a variar as características referidas anteriormente [36;37].

As principais ligas de cobre são os bronzes e os latões. Os bronzes são uma mistura de cobre e estanho (Liga Cu-Sn), podendo também apresentar outros metais em menores quantidades com objetivos específicos para cada um. Esta liga foi largamente utilizada desde os primórdios da humanidade para inúmeros fins, sendo um deles a produção de moedas, por se tratar de uma liga fácil de obter e trabalhar e que apresenta uma boa durabilidade. Os latões são ligas compostas por cobre e zinco (ligas Cu-Zn) [37].

Quando exposto a vários contaminantes presentes na atmosfera, o cobre (e as suas ligas) forma óxidos e produtos de corrosão. Dependendo da composição atmosférica existe uma variação de formação e intensidade de corrosão na superfície do metal. Esta corrosão é causada por contaminantes, poluentes e a humidade do ar, uma vez que se trata de um processo eletroquímico causado pela formação de uma película de água contaminada na superfície do metal [36;38;39].

Os óxidos, comumente chamados de pátinas, são os primeiros produtos que se formam na superfície do metal exposto. Estes apresentam características estáveis e funcionam como camada natural protetora de futura corrosão [36]. Esta camada é maioritariamente constituída por óxidos de cobre que apresentam uma tonalidade castanha avermelhada a negra. A cuprite ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) é o óxido mais comum e o primeiro a aparecer na superfície do cobre, a tenorite ( $\text{CuO}$ ) de cor mais negra, é menos comum e está associada ao aumento de temperatura do metal, podendo surgir sobre a cuprite mas nunca sobre o metal puro [38;40].

Como referido anteriormente, os principais produtos de corrosão do cobre são formados a partir dos contaminantes atmosféricos. Assim, quando existe a presença de sulfuretos como o dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ) há a formação de sulfatos na superfície do metal, tais como a brocantite ( $\text{Cu}_4\text{SO}_4(\text{OH})_6$ ) e a antlerite ( $\text{Cu}_3\text{SO}_4(\text{OH})_4$ ), os quais

apresentam uma coloração verde e, apesar de conferirem ainda alguma proteção, diminuem o grau de proteção concedido pelos óxidos [37-40].

Em locais contaminados por iões de cloreto, muito comum em zonas marítimas, dá-se a formação de cloretos de cobre. Esta espécie química é muito nociva, originando uma rápida degradação do cobre [37;38]. Os cloretos de cobre mais comuns são a atacamite e a paratacamite ( $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$ ), que apresentam uma coloração verde e são polvorentos e pouco aderidos [38;40]. O menos comum, que aparece, sobretudo em objetos arqueológicos, é o nantoquite ( $\text{CuCl}$ ) de cor verde a esbranquiçada e está à superfície do objeto ou no seu interior, o que pode provocar perdas irreversíveis de metal [40]. Este tipo de corrosão designa-se de ativa, e tem um rápido desenvolvimento [41]. São também estes produtos de corrosão os responsáveis pela formação da chamada “Doença do bronze”, que é um mecanismo de corrosão ativa caracterizado pela expansão volumétrica do metal que leva à desagregação das camadas superiores do metal e pode levar à perda total do mesmo [37].

Em atmosferas húmidas com grandes quantidades de  $\text{CO}_2$  dá-se a formação de carbonatos. Estes produtos de corrosão são caracterizados por uma cor verde a azulada e podem ser a malaquite ( $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ ) ou a azurite ( $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ ). A malaquite, mais comum, surge sobre a cuprite e na sua maioria em artefactos arqueológicos [37;40].

Apesar dos produtos de corrosão referidos anteriormente serem os mais comuns de encontrar em cobre e ligas de cobre, como os bronzes, existem ainda outros como os nitratos ou os sulfatos; ambos formam-se em condições mais específicas, como por exemplo, na ausência de oxigénio ou a partir de elementos de pátinas artificiais colocadas na superfície do metal e portanto são mais raros e difíceis de encontrar, sobretudo nas moedas em estudo [40]. Na tabela 1 são apresentados os produtos de corrosão do cobre.

**Tabela 1:** Produtos de corrosão do cobre e as suas características [37;40].

<b>Óxidos</b>	Cuprite	$\text{Cu}_2\text{O}$	Castanho escuro
	Tenorite	$\text{CuO}$	Negro
<b>Carbonatos</b>	Malaquite	$\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	Verde escuro
	Azurite	$2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	Azul
<b>Cloretos</b>	Atacamite	$\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$	Verde
	Paratacamite	$\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{Cl}$	Verde pálido

	Nantoquite	CuCl	Verde pálido, branco
<b>Sulfatos</b>	Antlerite	Cu <sub>3</sub> SO <sub>4</sub> (OH) <sub>4</sub>	Verde escuro
	Brocantite	Cu <sub>4</sub> SO <sub>4</sub> (OH) <sub>6</sub>	Verde
	Calcantita	CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	Azul escuro
<b>Sulfuretos</b>	Anilita	Cu <sub>7</sub> S <sub>4</sub>	Azul metálico
	Calcocite	Cu <sub>2</sub> S	Negro azulado
	Covelite	CuS	Castanho escuro
<b>Nitratos</b>	Gerhardtite	Cu <sub>2</sub> (NO <sub>3</sub> )(OH) <sub>3</sub>	Azul/ verde

Além dos produtos de corrosão do próprio cobre, estas ligas, podem ainda apresentar produtos de corrosão dos outros elementos da liga, como é o caso das ligas ricas em Zinco, onde pode ocorrer o fenómeno da deszincificação, em que a liga perde a sua resistência mecânica e adquire uma tonalidade rosa causada pela corrosão seletiva do zinco [38].

A corrosão galvânica é também um tipo de corrosão a ter em consideração quando se fala na corrosão de ligas de cobre, uma vez que quando ligas metálicas de diferentes potenciais entram em contacto entre si, e há a presença de humidade, o metal menos nobre tende a corroer em função do metal mais nobre [38].

### 4.3. Métodos de exame e análise para coleções de numismática

Do ponto de vista da conservação e restauro é fundamental a realização de análises para um melhor conhecimento dos objetos, diagnóstico e para a elaboração da proposta de tratamento em função da sua constituição, do estado de conservação e da presença de produtos de corrosão que os possam pôr em risco [4;41].

Sendo o metal inorgânico, existem análises e exames que se podem efetuar de forma a identificar a liga metálica e também os compostos formados pela sua degradação. Estes métodos, individualmente ou conjugados entre si, fornecem informação relevante para o estudo de bens culturais e, em particular, para o caso das moedas.

Existem inúmeros métodos de exame e análise que se podem utilizar em objetos metálicos, desde a simples observação ao microscópio ótico, que pode fornecer informação muito importante. Outros métodos mais avançados como é o caso da Micro

Fluorescência de Raios X ( $\mu$ XRF), uma técnica analítica elementar não invasiva que possibilita a identificação de uma vasta gama de elementos com número atómico iguais ou superiores a 11 ou 12 (consoante o aparelho utilizado) através da observação dos raios X característicos ( $K\alpha$  e  $K\beta$  ou  $L\alpha$  e  $L\beta$ ) dos elementos presentes na amostra analisada (85% a 90% dos elementos da tabela periódica) [42] e também a Espectroscopia Raman, uma técnica de espectroscopia vibracional não destrutiva, que permite identificar os compostos ou moléculas presentes numa determinada amostra [43]. Além destes métodos, podem ainda ser usados outros como a difração de raios X ou o FT-IR, estes não para analisar a estrutura metálica mas sim os compostos cristalinos, como é o caso dos produtos de corrosão, que podem ou não ser orgânicas.

Para o caso de estudo do presente projeto, recorreu-se à Microscopia Eletrónica de Varrimento (SEM) [44;45] aliada à espectrometria de dispersão de energias (EDS) por ser um método analítico que permite, não só a identificação dos constituintes da liga e dos produtos de corrosão, como também uma análise morfológica da superfície da moeda com grande resolução.

#### **4.3.1. Microscopia eletrónica de varrimento – SEM-EDS**

A microscopia eletrónica de varrimento é uma técnica analítica não destrutiva, pois a amostra pode ser analisada inúmeras vezes, o que permite analisar a superfície do objeto e a sua composição química.

A técnica de microscopia eletrónica de varrimento baseia-se na utilização de um feixe de eletrões, em vez dos fotões usados num microscópio ótico convencional. Os eletrões podem ser focalizados por campos eletromagnéticos e electroestáticos, devido à sua carga, o que permite a formação de imagens. Por esta razão são utilizados em microscópios de alta resolução. O princípio da técnica consiste em fazer incidir na amostra um feixe de eletrões de pequeno diâmetro. Este feixe explora a amostra ponto a ponto em linhas sucessivas e transmite o sinal a uma tela catódica [44]. O sinal de imagem obtido resulta da interação do feixe que incide na amostra e a superfície da própria amostra. A imagem formada pode ter várias características, uma vez que esta resulta da ampliação do sinal conseguido a partir de uma interação, como referido anteriormente. A amostra pode emitir diferentes sinais. Dentro destes, os mais utilizados para a obtenção de imagens, são provenientes dos eletrões secundários (eletrões de baixa energia) e dos

eletrões retrodifundidos (eletrões com energias entre os 50eV até energias de eletrões primários) [44;46].

O SEM acoplado ao EDS permite obter informação sobre a morfologia e identificação de elementos químicos de uma determinada amostra. É muito utilizado em conservação e restauro, pois permite analisar as características microestruturais de objetos sólidos com uma resolução de até 1nm. Para além disto, esta análise permite a visualização tridimensional da superfície da amostra [44;46] devido à grande profundidade de campo [46].

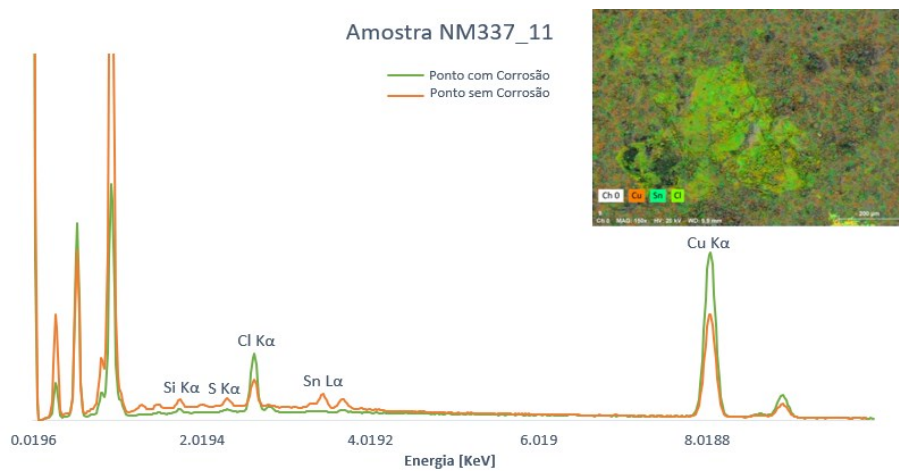
Para a análise dos elementos presentes, este método permite fazer uma microanálise de raios X, semelhante à análise de XRF, uma vez que a amostra é bombardeada com eletrões e este feixe é suficientemente energético para ionizar as camadas mais profundas dos átomos provocando a emissão de raios X característicos de cada elemento presente na amostra [44]. Elementos como o hidrogénio, oxigénio, carbono e nitrogénio podem não ser detetados devido ao seu baixo número atómico. Este é um método semi quantitativo, uma vez que é possível medir a área dos picos que é associada a um coeficiente através do qual é calculada a percentagem. No entanto, este cálculo apresenta, algumas dificuldades e não muitas certezas [44].

Para esta análise podem ser utilizados dois tipos de detetores que captam os raios X característicos: por dispersão de energia ou por dispersão de comprimento de onda, os primeiros detetam números atómicos superiores a 11 e os segundos, números atómicos superiores a 4 [44].

Assim, esta técnica analítica permite obter resultados diferentes, partindo do mesmo princípio físico, sendo por isso uma técnica bastante útil para a análise de Bens Culturais [46]. Para a análise de metais esta é uma técnica bastante eficaz. Por um lado identifica os elementos presentes na amostra, permitindo saber qual o tipo de liga presente e os seus produtos de corrosão, por outro mostra o estado em que se encontra a superfície metálica, informação muito útil para que se perceba o seu estado de conservação, de modo a que a intervenção posterior seja o mais adequada possível.

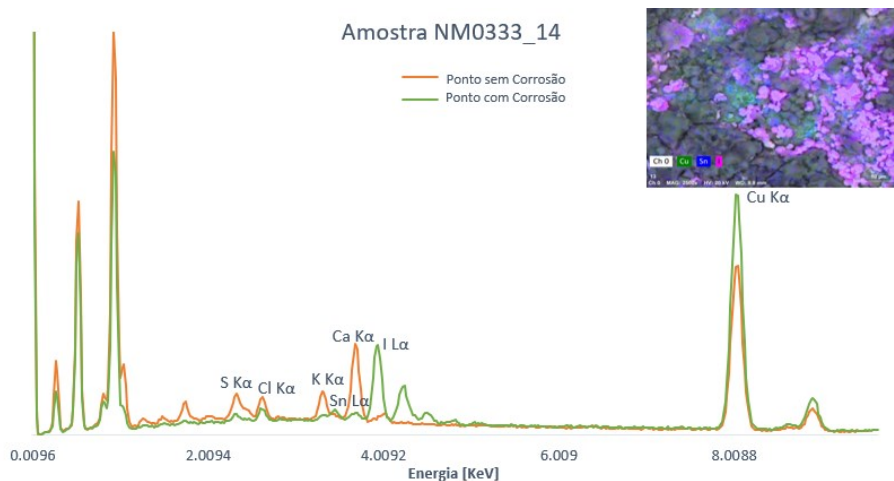
No presente estudo, foi utilizado o equipamento TM4000 Plus Tabletop Microscope da marca Hitachi equipado com o espectrómetro de raios-X por dispersão de energia Bruker® Quantax 75, em alto vácuo usando uma tensão de 15 kV. Foram analisadas duas moedas de diferentes anos e épocas, (uma de 1884, rei D. Luiz, e outra

de 1892, rei D. Carlos) escolhidas tendo em contra a extensão dos produtos de corrosão. E analisados e dois pontos de cada uma, um ponto onde a corrosão era mais evidente e outro em que esta era pouco presente (Apêndice F). Em ambas foi encontrada a presença de cobre e estanho (figura 9 e 10), o que indica que são constituídas por bronze, sendo que não foi detetado mais nenhum metal relevante. Relativamente aos produtos de corrosão foi detetada a presença de cloro e enxofre nas duas amostras (figuras 9 e 10), que correspondem a produtos de corrosão como cloretos, sulfatos e sulfuretos, muitos comuns em ligas de cobre.



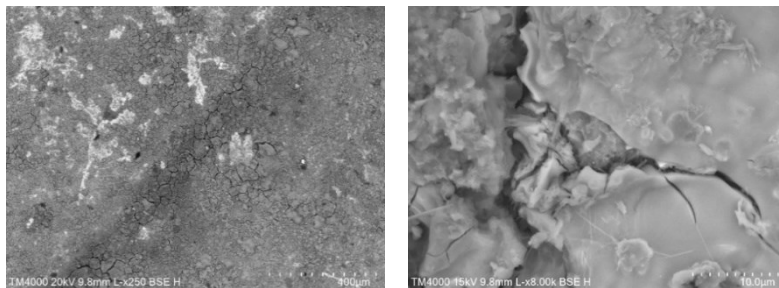
**Figura 9** - Espectro dos dois pontos analisados na amostra NM337\_11. (Catarina Cordeiro©)

No caso da amostra NM0333\_14 foram também detetados potássio e iodo (figura 10), estes elementos podem indicar uma contaminação por contacto com qualquer produto ou até mesmo proveniente de algum tipo de limpeza efetuado. No caso do iodo, a sua presença era bastante localizada (figura 10). Na amostra NM337\_11 foi detetado silício também este pode ser proveniente de uma contaminação ou da presença de areias.

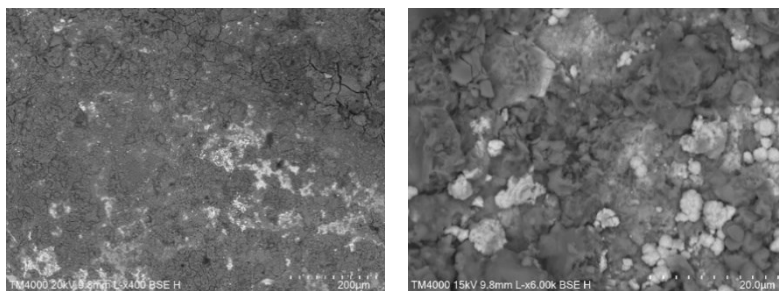


**Figura 10** – Espectro dos dois pontos analisados na amostra NM0333\_14. (Catarina Cordeiro©)

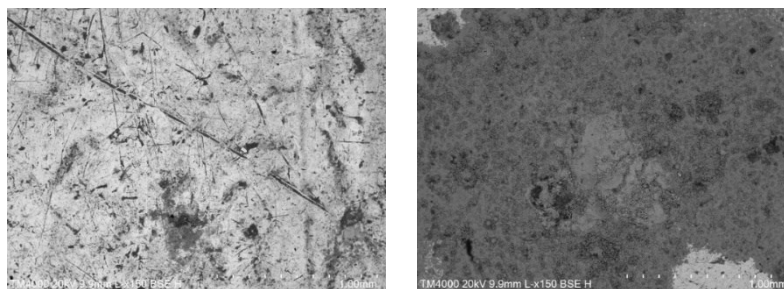
No que diz respeito à morfologia foi possível perceber que a moeda mais antiga, datada de 1884 (NM0333\_14), apresentava uma superfície mais danificada e com aspeto de pouca aderência e pouca coesão, tanto no ponto onde apresentava corrosão como no ponto onde esta aparentemente não existia (figuras 11 e 12). No caso da amostra de 1892 (NM0337\_11) é possível ver que a superfície do ponto com corrosão (figuras 13 e 14), encontra-se mais coesa comparativamente com a amostra de 1884. O ponto sem corrosão apresenta algumas incisões (figuras 15 e 16), mas não um aspeto de pouca coesão como na primeira amostra.



**Figuras 11 e 12** – Pontos sem corrosão da amostra NM0333\_14 com ampliações de 250x e 8000x respetivamente. (Catarina Cordeiro©)



**Figuras 13 e 14** – Pontos com corrosão da amostra NM0333\_14 com ampliações de 400x e 6000x respetivamente. (Catarina Cordeiro©)



**Figuras 15 e 16** – Zona da amostra NM0337\_11, sem e com corrosão, respetivamente, com aplicação de 150x. (Catarina Cordeiro©)

#### 4.4. Metodologia de limpeza

Quando se fala de limpeza existe uma grande controvérsia entre o que deve ser ou não limpo, quer por parte dos numismatas, quer por parte dos conservadores restauradores, onde subsiste uma grande discussão de qual o nível de profundidade correto de limpeza de uma moeda (Apêndice A)[4].

Antes de definir o nível de limpeza é importante perceber o motivo da limpeza, a sua importância, valor do objeto e a sua leitura. No caso das moedas, a limpeza é realizada para retirar os produtos de corrosão que se encontram ativos, facilitando, por um lado a leitura da moeda, uma vez que os produtos de corrosão podem estar a impedi-la, e por outro lado protege a moeda de corroer mais. A limpeza não deve, no entanto, retirar a história e a temporalidade do objeto, logo deve ser mínima ao ponto de cumprir o que foi mencionado anteriormente, ao mesmo tempo que não retira o valor histórico concedido pelos pátina e marcas de uso. A limpeza deve ainda ser adequada, utilizando materiais que não prejudiquem o metal constituinte da moeda. A limpeza é irreversível, logo há que ter em atenção os métodos escolhidos [4].

Assim, a metodologia de limpeza realizada no grupo de moedas em bronze, do Museu da Misericórdia do Porto, passou por retirar os produtos de corrosão ativos, mantendo, dentro do possível, as pátinas que as moedas foram criando ao longo do tempo, e que para além de constituírem uma camada de proteção para o metal, atribuem também valor histórico aos objetos. O objetivo estabelecido foi o de retirar apenas as camadas que danificassem o metal original ou que retirassem a leitura da moeda, no entanto, não se pretende deixar a moeda “como nova” expondo a superfície brilhante e sem danos. Esta metodologia vai de encontro aos princípios defendidos pelo colecionadores e numismatas que defendem que a moeda nunca deve ser limpa, já que pátina da mesma não deve ser retirada (Apêndice A), enquanto preserva a moeda e a estabiliza, processo também defendido pelos conservadores restauradores [4;6].

Em suma, tanto na área do colecionismo como na área da conservação e restauro, existe controvérsia quando o tema é limpeza de moedas. No entanto, ambas as áreas têm um objetivo em comum: não retirar o valor histórico da moeda. Este valor revela-se no metal pela criação de pátinas de oxidação (escurecimento da superfície) que não constituem perigo para a moeda [6;40;41], logo devem ser mantidas. Já os produtos de corrosão que estejam ativos, podem apresentar cores interessantes ao ponto de os

numismatas desejarem mantê-los. Contudo, estes irão pôr em risco a integridade material da moeda, podendo levar à perda total de metal e ainda impossibilitar a sua leitura. Nestes casos, esses depósitos deverão ser removidos tendo sempre em atenção a intervenção mínima e controlada.

#### **4.5. Tratamento de Limpeza e Inibição**

Tendo em conta a metodologia de tratamento definida anteriormente foram realizados doze testes de limpeza (Apêndice G), com o objetivo de se perceber qual (ou quais) o(s) método(s) de limpeza mais eficaz(es), simples e rápido(s) que cumprisse os objetivos definidos para o tratamentos de coleções numismáticas em liga de bronze e produtos de corrosão do cobre. Dos mais tradicionais, como a limpeza mecânica com bisturi e agulha e química com detergente neutro, EDTA, ácido acético e ácido cítrico. Aos mais complexos, como a utilização de ultrassons com água destilada e soluções de ácido acético, ETDA e peróxido de hidrogénio e o uso de CO<sub>2</sub> supercrítico.

Todos estes métodos foram escolhidos partindo da bibliografia [4-6;11-22;28;29;47;48;59] com o objetivo de retirar sujidade e produtos de corrosão ativos, enquanto preservavam a camada de oxidação (pátina) protetora e estável.

Foram ainda feitos testes com inibidor de corrosão Benzotriazol (BTA). Assim, cerca de metade das moedas foram imersas numa solução alcoólica de BTA a 3% durante quatro dias, com o objetivo de perceber se a utilização de inibidor de corrosão teria efeitos no método de limpeza utilizado.

Os inibidores de corrosão para ligas de cobre, como é o caso das moedas em estudo, têm a função de transformar o cloreto cuproso em compostos estáveis, reduzindo a sua interação com o oxigénio e com a humidade do ar e desta forma baixar a taxa de corrosividade do metal [49;50]. Este processo ocorre quando existe a formação de um precipitado nas zonas anódicas e catódicas das moedas. Este fenómeno impede as reações eletroquímicas responsáveis pela corrosão [23;26;47]. O BTA é um composto heterocíclico com baixa toxicidade, boa solubilidade em água e estabilidade térmica muito utilizado para cobre e ligas de cobre [25;27], pois forma um filme polimérico protetor cuja absorção é maior quanto maior for a presença de cobre na superfície do objeto [27].

#### 4.5.1. Limpeza Mecânica

A limpeza por via mecânica é o método mais recomendado para a limpeza de moedas [4-6], uma vez que permite um grande controlo da mesma e não necessita de utilizar produtos químicos e agressivos para o metal sendo, por isso pouco prejudicial para as moedas. Este método de limpeza foi utilizado em quatro moedas. Duas delas foram previamente estabilizadas com o inibidor de corrosão BTA, e duas sem qualquer estabilização, de forma a comparar se havia alguma alteração nos resultados.

A limpeza foi feita à lupa binocular com um bisturi e agulha, de forma a levantar apenas os produtos de corrosão ativos, sem danificar a camada de oxidação. De seguida, para retirar os produtos levantados da superfície da moeda, foi utilizado um cotonete embebido numa solução de água destilada e etanol 1:1.

Este método de limpeza, apesar de moroso, revelou-se bastante eficaz, não só por ser fácil de controlar o nível de limpeza a que se pretende chegar, como também por possibilitar que a pátina de oxidação se mantenha intacta e homogénea (figuras 17 a 22).



**Figuras 17 e 18** – Pormenor do antes e depois da limpeza mecânica da moeda NM0331\_5. (Catarina Cordeiro©)



**Figuras 19 e 20** – Pormenor do antes e depois da limpeza mecânica da moeda NM0333\_2. (Catarina Cordeiro©)



**Figuras 21 e 22** – Pormenor do antes e depois da limpeza mecânica da moeda NM0337\_11. (Catarina Cordeiro©)

Tanto nas moedas previamente estabilizadas com BTA, como nas que não levaram este tratamento prévio, os resultados foram semelhantes, não se notando diferenças na

limpeza (figuras 23 e 24). A longo prazo este pode revelar-se importante para impossibilitar a criação de futura corrosão.



**Figuras 23 e 24** – Amostra NM0337\_11 sem tratamento de BTA e NM0333\_2 tratada com BTA.  
(Catarina Cordeiro©)

#### **4.5.2. Limpeza Química**

Na fase de tratamento de limpeza pode ser necessário recorrer a soluções químicas para retirar produtos de corrosão ou sujidade incrustada, que não se consigam retirar facilmente com limpeza mecânica, ou que sejam em larga extensão. Por isso é necessário procurar um método mais rápido. No caso da limpeza de moedas de bronze este tipo de soluções traduz-se numa agilização do processo e que permite um acabamento mais homogéneo da moeda.

Desta forma, para a limpeza química foram utilizadas quatro soluções, todas elas já estudadas e recomendadas para o tratamento de ligas de cobre, como é o caso do bronze [4;12-15;37;48;51]. No entanto estes estudos não incidiam na necessidade de preservação da camada de oxidação (pátina). Assim, estes testes serviram para perceber qual a solução química que seria mais adequada para a metodologia de tratamento definida. Foi ainda feita uma comparação entre o uso destas soluções química em moedas tratadas previamente com inibidor de corrosão BTA e moedas sem este tratamento prévio, para perceber se existia alguma alteração no processo de limpeza.

##### **4.5.2.1. Detergente Neutro**

Foi testada a limpeza com Detergente Neutro (Derquim) a 30% em água destilada. O principal objetivo deste teste era perceber se alguma da sujidade e produtos de corrosão com menos aderência e coesão eram removidos, sem que fosse necessário recorrer a bisturi. Os resultados obtidos, tanto nas moedas previamente tratadas com BTA como

com as que não foram tratadas com inibidor, foram os mesmos. O detergente neutro ajudou a amolecer os produtos de corrosão e a sujidade facilitando a sua limpeza por via mecânica (figuras 25 a 30), em comparação com a limpeza mecânica de moedas sem detergente. No entanto, só por si, o detergente neutro proporcionou resultados.



**Figuras 25 e 26** – Promenor do antes e depois da limpeza com detergente neutro da moeda NM0332\_18. (Catarina Cordeiro©)



**Figuras 27 e 28** – Promenor do antes e depois da limpeza com detergente neutro da moeda NM0332\_27. (Catarina Cordeiro©)



**Figuras 29 e 30** – Pormenor do antes e depois da limpeza com detergente neutro da moeda NM0332\_28. (Catarina Cordeiro©)

#### **4.5.2.2. Ácido Etileno Diamino Tetra-Acético (EDTA)**

Foi testada uma solução de EDTA a 10% em água destilada, onde se imergiram quatro moedas. Duas delas previamente tratadas com BTA e duas sem tratamento prévio. Nas amostras que não foram tratadas com inibidor de corrosão, o tempo de imersão variou entre 5 horas e meia (Amostra NM0333\_5) e 6 horas (Amostra NM0339). Em ambas as moedas foi possível notar que a sujidade encrustada e os principais produtos de corrosão de cor verde desapareceram, a pátina de oxidação atenuou mas manteve-se visível e homogénea (figuras 31 e 32).



**Figuras 31 e 32** - Pormenor do antes e depois da limpeza química com EDTA da moeda NM0333\_5.  
(Catarina Cordeiro©)

As amostras previamente tratadas com BTA (NM0332\_4 e NM0336\_12) estiveram, ambas, em imersão durante 5 horas numa solução com as mesmas características da solução referida anteriormente. Neste caso, os resultados foram praticamente iguais às amostras anteriores, os produtos de corrosão e sujidade encrustada desapareceram na totalidade. A pátina de oxidação, apesar de ter atenuado, manteve-se visível e homogénea (figuras 33 a 36).



**Figuras 33 e 34** – Pormenor do antes e depois da limpeza química com EDTA da moeda NM0332\_4.  
(Catarina Cordeiro©)



**Figuras 35 e 36** – Pormenor do antes e depois da limpeza química com EDTA da moeda NM0336\_12.  
(Catarina Cordeiro©)

Em ambos os casos, com e sem BTA, os resultados deste teste foram bastante positivos, cumprindo os parâmetros definidos na metodologia de limpeza (figuras 37 e 38).



**Figuras 37 e 38** – Amostra NM0333\_5 sem tratamento de BTA e NM0332\_4 com tratamento de BTA.  
(Catarina Cordeiro©)

#### 4.5.2.3. Ácido Acético

No teste com solução de ácido acético, voltaram a ser testadas quatro moedas. Duas delas previamente tratadas com BTA e duas não tratadas. Usou-se uma solução de ácido acético a 10% em água destilada. As moedas sem tratamento de inibição foram imersas entre uma 1h e meia (NM0332\_11) e 3 horas (NM0336\_2). Em ambos os casos, os produtos de corrosão e a sujidade encrustada foram retirados (figuras 39 a 42). A pátina de oxidação manteve-se homogénea, apesar de ter atenuado ligeiramente e ter obtido uma tonalidade alaranjada.



**Figuras 39 e 40** – Pormenor do antes e depois da limpeza química com ácido acético da moeda NM0332\_11. (Catarina Cordeiro©).



**Figuras 41 e 42** – Pormenor do antes e depois da limpeza química com ácido acético da moeda NM0336\_2. (Catarina Cordeiro©)

No caso das duas moedas tratadas com BTA (NM0335\_1 e NM0337\_2), imersas durante 2 horas na mesma solução anteriormente descrita. Os produtos de corrosão desapareceram na sua totalidade e alguma da sujidade encrustada foi também retirada. A pátina de oxidação manteve-se homogénea, e apenas atenuou ligeiramente nas zonas de maior desgaste da moeda (figuras 43 e 44). Nestas amostras, a pátina não criou uma tonalidade alaranjada mantendo a cor inicial.



**Figuras 43 e 44** – Pormenor do antes e depois da limpeza química com ácido acético da moeda NM0335\_1. (Catarina Cordeiro©)

O teste de limpeza com ácido acético mostrou-se eficaz na remoção de produtos de corrosão e na maioria da sujidade encrustada. Preservou também a pátina de oxidação

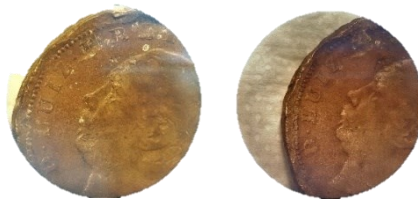
homogénea, contudo nas amostra que não foram previamente tratadas com BTA, essa pátina obteve uma tonalidade alaranjada (figuras 45 e 46).



**Figuras 45 e 46** – Amostra NM0332\_11 sem tratamento de BTA e NM0337\_2 com tratamento de BTA. (Catarina Cordeiro©)

#### 4.5.2.4. Ácido Cítrico

Foi feito um último teste de limpeza química com ácido cítrico, mais uma vez em quatro moedas, duas previamente tratadas com BTA e duas sem tratamento prévio. A solução usada para as quatro moedas foi uma solução a 10% em água destilada. As moedas sem tratamento prévio (NM0332\_13 e NM0336\_16), foram ambas imersas durante 1 hora e meia, e os resultados obtidos não foram os esperados uma vez que os produtos de corrosão desapareceram, no entanto, a sujidade encrustada manteve-se, apesar de pouco coesa (figuras 47 a 50). A superfície das moedas ficou baça e a camada de oxidação não fica homogénea.



**Figuras 47 e 48** – Pormenor do antes e depois da limpeza química com ácido cítrico da moeda NM0332\_13. (Catarina Cordeiro©)



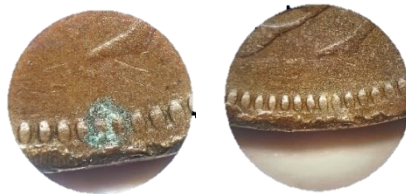
**Figuras 49 e 50** – Pormenor do antes e depois da limpeza química com ácido cítrico da moeda NM0336\_16. (Catarina Cordeiro©)

As moedas previamente tratadas com BTA (NM0333\_19 e NM0337\_12) foram ambas imersas na mesma solução descrita anteriormente durante 2 horas. Os resultados obtidos foram semelhantes aos já mencionados para as duas primeiras amostras. Os

produtos de corrosão desapareceram, e a sujidade superficial atenuou bastante (figuras 51 a 54), mas a camada de oxidação ficou pouco homogênea, tendo desaparecido em parte.



**Figuras 51 e 52** – Pormenor do antes e depois da limpeza química com ácido acético da moeda NM0333\_19. (Catarina Cordeiro©)



**Figuras 53 e 54** – Pormenor do antes e depois da limpeza química com ácido acético da moeda NM0337\_12. (Catarina Cordeiro©)

O teste de limpeza com ácido cítrico mostrou-se eficaz na remoção de produtos de corrosão e na maioria da sujidade encrustada, contudo não preserva a pátina de oxidação retirando-a em algumas zonas e deixando-a pouco homogênea (figuras 55 e 56). Por este motivo este método de limpeza não é adequado. A utilização de BTA não apresentou diferenças na superfície da moeda após limpeza.



**Figuras 55 e 56** – Amostra NM0332\_13 sem tratamento de BTA e NM0337\_12 com tratamento de BTA. (Catarina Cordeiro©)

#### 4.5.3. Limpeza por Ultrassons

A limpeza por ultrassons foi feita inicialmente com água destilada de forma a perceber se retirava os produtos de corrosão do cobre através da vibração e temperatura sem que fosse necessária a utilização de soluções químicas [11;47].

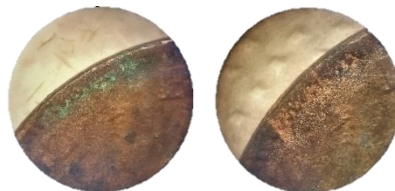
Optou-se por experimentar mais três soluções químicas em ultrassons, mais uma vez com a frequência de 37kHz, de forma a perceber se os resultados seriam mais

eficientes e rápidos evitando o surgimento de picadas na camada de oxidação. Escolheu-se uma solução de ácido acético e uma solução de EDTA, por serem as que mostram melhores resultados na limpeza química tradicional, e ainda uma limpeza adicional com solução de peróxido de hidrogénio, por ser um oxidante e por este motivo garantir a remoção dos produtos de corrosão e ao mesmo tempo não remover a pátina de oxidação (um dos principais objetivos desta limpeza)[52].

#### 4.5.3.1. Água Destilada

Foram colocadas duas moedas sem qualquer tratamento prévio em imersão (NM0944 e NM0331\_3) e outras duas que já tinham sido tratadas com o inibidor de corrosão BTA (NM0333\_8 e NM0331\_2).

Ao fim de cerca de 4 horas em imersão em ultrassons, com uma frequência de 37kHz, em que as moedas eram monitorizadas a cada 30 minutos, as amostras sem tratamento de BTA apresentaram bons resultados. Houve a remoção dos produtos de corrosão e de alguma sujidade incrustada, no entanto em certas zonas, devido às vibrações dos ultrassons, houve um desgaste da pátina de oxidação em picadas (figuras 57 e 58).



**Figura 57 e 58** – Pormenor do antes e depois da limpeza por ultrassons com água destilada da moeda NM0331\_3. (Catarina Cordeiro©)

Os resultados obtidos para as moedas com tratamento de BTA foram os mesmos, contudo o tempo de imersão foi reduzido para 1 hora e meia a 2 horas. Este facto pode não estar diretamente relacionado com a utilização de inibidor de corrosão, e sim com os próprios produtos de corrosão que poderiam estar menos coesos. Mais uma vez, houve zonas em que a pátina de oxidação sofreu pequenas picadas, tal como nas moedas sem BTA (figuras 59 a 62). Nestas amostras foi também necessário complementar a limpeza com bisturi em sítios muito pontuais.



**Figuras 59 e 60** – Pormenor do antes e depois da limpeza por ultrassons com água destilada da moeda NM0331\_2. (Catarina Cordeiro©)



**Figuras 61 e 62** – Pormenor do antes e depois da limpeza por ultrassons com água destilada da moeda NM0333\_8. (Catarina Cordeiro©)

#### 4.5.3.2. Ácido Acético

Foram testadas duas soluções com diferentes concentrações de ácido acético e duas moedas em imersão em cada, uma a 5% (NM332\_14 e NM0336\_15) e uma a 10% (NM0333\_14 e NM0340), durante 10 minutos, controlando o tempo. Tanto numa concentração como noutra os resultados obtidos não foram os desejados, uma vez que, apesar dos produtos de corrosão e sujidade encrustada terem desaparecido (figuras 63 a 66), a pátina de oxidação ficou manchada e nada homogénea, tendo desaparecido em algumas zonas (figuras 67 a 70). Esta reação ocorreu de forma muito rápida sem que fosse possível o seu controlo. Detetou-se também que a que mudança de concentração da solução não provocou nenhuma alteração.



**Figuras 63 e 64** – Pormenor do antes e depois da limpeza com solução a 5% da moeda NM0332\_14. (Catarina Cordeiro©)



**Figuras 65 e 66** – Pormenor do antes e depois da limpeza com solução a 10% da moeda NM0333\_14. (Catarina Cordeiro©)



**Figuras 67, 68, 69 e 70** – Amostras NM332\_14; NM0333\_14; NM0336\_15 e NM0340 após limpeza.  
(Catarina Cordeiro©)

#### 4.5.3.3. Ácido Etileno Diamino Tetra-Acético (EDTA)

A solução de EDTA foi testada também com duas concentrações, a 5% (NM0333\_12 e NM0945) e a 10% (NM0332\_23 e NM0336\_10), mais uma vez com duas moedas imersas em cada solução. Desta vez o tempo de imersão variou entre 7 minutos (NM0333\_12 e NM0336\_10) e 10 minutos (NM0332\_23 e NM0945). Com estas soluções químicas obtiveram-se os resultados esperados, pois os produtos de corrosão e a sujidade incrustada desapareceram quase na sua totalidade e a pátina de oxidação permaneceu homogénea (figuras 71 a 74). Contudo criaram-se picadas na superfície da moeda apesar da redução de tempo.



**Figuras 71 e 72** – Pormenor do antes e depois da limpeza com solução a 5% da moeda NM0333\_12.  
(Catarina Cordeiro©)



**Figuras 73 e 74** – Pormenor do antes e depois da limpeza com solução a 10% da moeda NM0336\_10.  
(Catarina Cordeiro©)

A variação de tempo de tratamento entre as moedas foi necessária, devido ao estado de conservação que cada uma apresentava, e este tempo foi controlado através de observações ao microscópio ótico. A variação de concentração não mostrou alterações nem no tempo de imersão nem nos resultados obtidos (figuras 75 a 78).



**Figuras 75, 76, 77 e 78** – Amostras NM0332\_23; NM0333\_12; NM0336\_10 e NM0945 após limpeza.  
(Catarina Cordeiro©)

#### 4.5.3.4. Peróxido de Hidrogénio

Por fim foi realizado um teste com peróxido de hidrogénio onde foi utilizada apenas uma concentração de 10% e as duas moedas (NM0333\_16 e NM0337\_9) foram imersas durante 8 minutos. Este método mostrou-se bastante eficaz, pois retirou os produtos de corrosão na sua totalidade e manteve a pátina homogénea (figuras 79 a 82). A sujidade incrustada manteve-se em algumas zonas, mas foi facilmente retirada com o auxílio de bisturi.



**Figuras 79 e 80** – Pormenor do antes e depois da limpeza com solução a 10% da moeda NM0333\_16.  
(Catarina Cordeiro©)



**Figuras 81 e 82** – Pormenor do antes e depois da limpeza com solução a 10% da moeda NM0337\_9.  
(Catarina Cordeiro©)

Optou-se por não deixar as moedas imersas mais tempo no banho de ultrassons, até retirar por completo a sujidade, pois começaram a criar-se as picadas na pátina de oxidação que não eram pretendidas (figuras 83 e 84).



**Figuras 83 e 84** – Amostras NM0333\_16 e NM0337\_9 após limpeza. (Catarina Cordeiro©)

A limpeza por ultrassons, tanto com água destilada como associada às soluções químicas testadas (à exceção da solução de ácido acético que criou manchas na pátina das moedas), mostrou-se bastante eficaz na remoção de sujidade e de corrosão e pode ser utilizada como tratamento inicial apenas para tornar estes produtos menos coesos e facilitar assim outro tipo de limpeza, como a mecânica. Associada a soluções químicas apropriadas como o EDTA e o peróxido de hidrogénio, os ultrassons, revelam-se muito eficazes e rápidos na limpeza de moedas de bronze, sendo a sua única desvantagem o rápido aparecimento de picadas na pátina de oxidação, possivelmente provocadas pelas vibrações dos ultrassons e pelo contacto de metal com metal presente no equipamento de ultrassons.

#### 4.5.4. Limpeza com CO<sub>2</sub> Supercrítico

O teste de limpeza por CO<sub>2</sub> supercrítico foi executado em moedas de teste que apresentam uma liga e produtos de corrosão muito similares às moedas em estudo <sup>2</sup>. Esta opção deveu-se ao facto de este teste de limpeza não poder ser controlado à medida que ia sendo executado. Deste modo foram então testadas três amostras em três ciclos diferentes. Antes desta limpeza foi realizada uma análise de ATR-FTIR de forma a perceber se existiam componentes orgânicos na superfície da moeda, como óleos, uma vez que este tipo de limpeza é muito eficaz para retirar óleos de objetos metálicos da indústria [17;20]. Esta análise não foi conclusiva, porque os espectros obtidos entre os 4000-400 cm<sup>-1</sup> apresentavam bandas residuais o que, em parte, se deve à rugosidade das superfícies analisadas [53]. No entanto, é possível concluir que os produtos de corrosão presentes eram na sua maioria de origem inorgânica. Antes de executar os testes de

---

<sup>2</sup> Com base nas composições de moedas portuguesas presentes no catálogo de Alberto Gomes [10]

limpeza foi também feita a leitura de colorimetria de forma a perceber se teria havido ou não alguma alteração aparentemente ao visível na sua superfície.

O teste de limpeza por CO<sub>2</sub> supercrítico foi inicialmente feito sem qualquer co solvente de forma a perceber se apenas com CO<sub>2</sub> supercrítico como solvente retirava os produtos de corrosão e a sujidade. Este teste foi feito nas três moedas (1 escudo, 50 centavos e 20 centavos). As amostras foram colocadas dentro do vaso de pressão de um reator de alta pressão Parr Instruments série 4540 (Parr Instrument Company, Illinois, EUA). Um ciclo de tratamento com scCO<sub>2</sub> foi realizado na pressão máxima de 240-250 bar, durante 1 hora (estágio platô), a 80°C, seguido de um estágio contínuo de despressurização de aproximadamente 40 minutos no total. Nas três moedas os resultados obtidos permitiram confirmar que produtos de corrosão verdes ficaram mais evidenciados (figuras 85 a 87), isto pode ter ocorrido devido à remoção da sujidade superficial e deste modo ter evidenciado os produtos de corrosão que permaneceram na superfície da moeda. De seguida, a amostra (50 centavos) foi colocada durante 1 hora e 10 minutos nos ultrassons com água destilada, de modo a perceber se os produtos de corrosão eram retirados de uma forma mais rápida após o scCO<sub>2</sub> comparativamente com a limpeza de ultrassons realizada noutras amostras sem scCO<sub>2</sub>. No entanto isto também não ocorreu, uma vez que apenas alguns produtos de corrosão foram retirados e a pátina de oxidação sofreu algumas picadas neste processo, o que não é recomendado (figuras 88 a 90).



**Figuras 85, 86 e 87** – Amostras após limpeza com scCO<sub>2</sub> sem co solvente. (Catarina Cordeiro©)



**Figuras 88, 89 e 90** – Pormenores da amostras 50 centavos após 1h10min nos ultrassons. (Catarina Cordeiro©)

De seguida foram feitos mais dois testes com o CO<sub>2</sub> supercrítico, desta vez utilizando co solventes e apenas uma moeda para cada teste. A amostra 1 escudo foi colocada dentro do vaso de pressão de um reator de alta pressão Parr Instruments série

4540 (Parr Instrument Company, Illinois, EUA). Foi realizado um ciclo de tratamento com scCO<sub>2</sub> na pressão máxima de 240-250 bar, durante 1 hora (estágio platô), a 80°C, com 10% de EDTA como aditivo, seguido de um estágio contínuo de despressurização de aproximadamente 40 minutos no total. A moeda manteve-se inalterada, tendo apenas evidenciado mais os produtos de corrosão após o teste de limpeza (figuras 91 a 93), o que indica que nestas condições este teste não obtém resultados para a remoção dos produtos de corrosão.



**Figuras 91, 92 e 93** – Amostra 50 centavos e pormenores após limpeza com scCO<sub>2</sub> e EDTA. (Catarina Cordeiro©)

Por fim, a amostra de 20 centavos foi colocada dentro do vaso de pressão de um reator de alta pressão Parr Instruments série 4540 (Parr Instrument Company, Illinois, EUA). Um ciclo de tratamento com scCO<sub>2</sub> foi realizado na pressão máxima de 240-250 bar, durante 1 horas (estágio platô), a 80°C, com 10% de ácido acético como aditivo, seguido de um estágio contínuo de despressurização de aproximadamente 40 minutos no total. Ao concluir este teste de limpeza a moeda passou da sua tonalidade verde (possivelmente malaquite) para um tom azul pálido (figuras 94 e 95).



**Figuras 94 e 95** – Amostra 20 centavos antes e após limpeza com scCO<sub>2</sub> e ácido acético. (Catarina Cordeiro©)

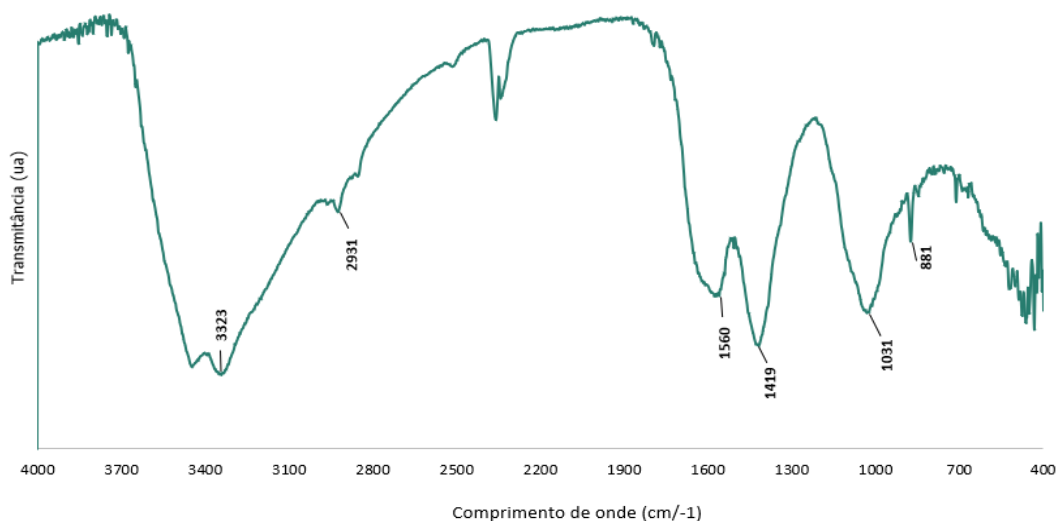
Provavelmente, a alteração de cor pode ser explicada pela formação de acetato de cobre (II) como demonstra a seguinte equação (de acordo com os parâmetros experimentais, anteriormente falados):



Nesta reação forma-se o acetato de cobre (II) de cor azulada. Este tipo de reação é comum quando existe uma elevada concentração de ácido acético. Neste caso as condições em que o ácido acético foi sujeito e por reação com malaquite a temperatura e

pressão elevadas levaram a que se formasse acetato de cobre (II). Para conferir este resultado foi realizada a análise de FTIR (figura 96) com o aparelho Perkin Elmer Spectrum 100 FT-IR Spectromete.

Esta análise permitiu confirmar a presença de malaquite pelos comprimentos de onda 3413, 3323, 1511, 1395, 1053, 881, 821 e 753  $\text{cm}^{-1}$  característicos [54]. E acetato de cobre (II) pelos comprimentos de onda característicos das bandas mais significativas do acetato que são o grupo metil ( $-\text{CH}_3$ ), o grupo carboxilato (COO) e as vibrações C-C [58]. As faixas do grupo metil aparecem na região de 2930-3020  $\text{cm}^{-1}$  por norma três faixas, as bandas de deformação estão na região 1350–1450  $\text{cm}^{-1}$ , e as bandas de balanço estão nas faixas de 1050–1060  $\text{cm}^{-1}$ . O grupo carboxilato aparece na região de 1360-1650  $\text{cm}^{-1}$ . As bandas associadas as vibrações C-C estão na região 930-940  $\text{cm}^{-1}$  [55;56].



**Figura 96** – Espectro de FTIR da coloração azulada recolhida na amostra de 20 centavos após lavagem com  $\text{CO}_2$  supercrítico com ácido acético. (Catarina Cordeiro©)

**Tabela 2:** Comparação entre as bandas características da malaquite e do acetato de cobre (II) com as obtidas na análise FTIR da figura 96.





















Malaquite*	Acetato de Cobre (II)*	Pátina Azul
3413 $\text{cm}^{-1}$	3475 $\text{cm}^{-1}$	3413 $\text{cm}^{-1}$
3323 $\text{cm}^{-1}$	3375 $\text{cm}^{-1}$	3323 $\text{cm}^{-1}$
-	2940 $\text{cm}^{-1}$	2931 $\text{cm}^{-1}$
1511 $\text{cm}^{-1}$	1603 $\text{cm}^{-1}$	1560 $\text{cm}^{-1}$
1400 $\text{cm}^{-1}$	1445 $\text{cm}^{-1}$	1419 $\text{cm}^{-1}$
1395 $\text{cm}^{-1}$	-	1395 $\text{cm}^{-1}$
1095 $\text{cm}^{-1}$	1052 $\text{cm}^{-1}$	1053 $\text{cm}^{-1}$
-	1033 $\text{cm}^{-1}$	1031 $\text{cm}^{-1}$
802 $\text{cm}^{-1}$	-	821 $\text{cm}^{-1}$
748 $\text{cm}^{-1}$	692 $\text{cm}^{-1}$	753 $\text{cm}^{-1}$

\*Dados recolhidos nas referências bibliográficas 55-58.

#### 4.5.5. Discussão dos resultados

Após a execução dos 12 testes de limpeza de várias tipologias (Apêndice G), desde as mais tradicionais, como a limpeza por via mecânica e por via química, às mais inovadoras como a utilização de fluido supercrítico, foi possível comparar a eficácia e chegar à conclusão de quais os métodos de limpeza mais eficazes para moedas em liga de bronze tendo em conta as condições de execução e a facilidade de limpeza (apêndice H). Esta comparação é feita, principalmente, tendo em conta o efeito obtido nas moedas. Isto é, se retirou a sujidade e os produtos de corrosão prejudiciais, mas manteve a pátina de oxidação protetora, principal foco na metodologia de limpeza definida. Na tabela 2 são apresentadas as fotografias de todas as moedas após a sua limpeza, de forma a comparar os resultados das diferentes limpezas testadas.

**Tabela 3:** Fotografias das moedas após limpeza.

	Sem de BTA		Com de BTA	
MECÂNICA	NM0332_6	NM0337_11	NM0331_5	NM0333_2
				
DETERGENTE NEUTRO	NM0332_28	NM0332_30	NM0332_34	NM0332_27
				
ACIDO ACÉTICO	NM0332_11	NM0336_2	NM0335_1	NM0337_2
				
ACIDO CÍTRICO	NM0332_13	NM0336_16	NM0333_19	NM0337_12
				
EDTA	NM0333_5	NM0339	NM0332_4	NM0336_12
				

ULTRASSONS	NM0331_3	NM0944	NM0331_2	NM0333_8
	NM0332_14	NM0333_14	NM0336_15	NM0340
	NM0332_23	NM0333_12	NM0336_10	NM0945
	NM0333_16	NM0337_9		
ULTRASSONS + ÁCIDO				
ULTRASSONS + EDTA				
ULTRASSONS + PEROXIDO DE				
CO <sub>2</sub> SUPERCRÍTIC	50 CENTAVOS			
SCCO <sub>2</sub> + ACIDO ACÉTICO	20 CENTAVOS			
SCCO <sub>2</sub> + EDTA	1 ESCUDO			

Partindo dos resultados mostrados anteriormente (Apêndice I) foi feita uma esquematização dos métodos de limpeza e da sua eficácia, onde são apresentados os resultados em três níveis (tabela 4): Recomendado para os testes de limpeza que retiraram na totalidade os produtos de corrosão e a sujidade, mas mantiveram intacta a camada de oxidação; efeito questionável para os testes que retiraram os produtos de corrosão e a sujidade e mantiveram a pátina de oxidação, mas não na sua totalidade, apesar desta perda

não ser significativa ou totalmente prejudicial; não recomendado para os testes de limpeza que ou não retiraram os produtos de corrosão nem a sujidade ou ao retirá-los também removeram totalmente ou parcialmente, não deixando homogénea, a pátina de oxidação e que portanto não devem ser utilizados futuramente para moedas em liga de bronze nas condições testadas.

**Tabela 4:** Experiências executadas e respetivos resultados (Apêndices H e I).

<b>Tipo de limpeza</b>	<b>Solução</b>	<b>Recomendação</b>	
<b>Mecânica</b>	Alcoólica	Recomendado	
<b>Química</b>	EDTA	Recomendado	
	Ácido acético	Recomendado	
	Ácido cítrico	Não recomendado	
	Detergente neutro	Efeito questionável	
<b>Ultrassons</b>	H <sub>2</sub> O	Efeito questionável	
	Ácido acético	Não Recomendado	
	EDTA	Efeito questionável	
	Peróxido de hidrogénio	Efeito questionável	
<b>CO<sub>2</sub> supercrítico</b>	Sem co solvente	Não Recomendado	
	Ácido acético	Não Recomendado	
	EDTA	Não Recomendado	

No que toca à utilização de inibidor de corrosão, antes da intervenção de limpeza, foi possível compreender que a utilização de Benzotriazol tem benefícios para a limpeza das moedas que foram imersas numa solução de BTA a 3% em etanol durante quatro dias [4], embora não no sentido de facilitar o processo de limpeza em si, mas na preservação da pátina e da sua coloração, como ocorreu na limpeza química com ácido acético, em que a pátina das moedas sem BTA ficou ligeiramente mais alaranjada que as previamente tratadas o inibidor de corrosão (tabela 3). Foi também possível observar que os tempos de imersão das limpezas químicas, à exceção do ácido cítrico, e da limpeza com água destilada em ultrassons foi reduzido (apêndice H). Este fator pode não estar diretamente relacionado com a utilização de BTA, mas sim com as características das próprias moedas, embora a utilização de inibidor de corrosão possa ter tido alguma influência.

Deste modo, pode concluir-se que a utilização de inibidor de corrosão tem inúmeras vantagens para o tratamento de moedas em ligas de bronze, para a preservação da sua pátina e para a redução da taxa de corrosividade do cobre, preservando os objetos por um maior período de tempo.

#### **4.6. Revestimento de proteção**

O revestimento de proteção é largamente aconselhado após uma intervenção de conservação e restauro para prolongar os seus resultados e para proteger os objetos do manuseamento e de futura corrosão [11;13]. É no entanto necessário escolher o melhor método de proteção tendo em conta as condições a que este vai estar exposto, a sua reversibilidade e durabilidade, e que não altere a aparência do objeto, nem a sua condição física [4;11;13;49].

Para revestimento de proteção de metais é aconselhado um sistema de dupla proteção constituído por uma resina acrílica e cera microcristalina. A camada de resina protege a moeda de futura corrosão, mas é ligeiramente permeável à água e à passagem de oxigénio [4;11;13;45]. A camada de cera irá proteger a camada de resina, e é hidrófuga, prevenindo a passagem de humidade e oferece resistência à foto-degradação da resina pelos raios UV, garantindo a estabilidade do sistema de proteção [4;11;13;28].

No caso particular das moedas em estudo optou-se por utilizar apenas a camada de cera microcristalina. Esta decisão prende-se com vários fatores, o primeiro é que estas não são moedas arqueológicas e portanto a corrosão que apresentavam era bastante reduzida. Por outro lado já apresentam também a camada de oxidação natural que funciona como um ótimo método de proteção natural. Além destes fatores as moedas estarão acondicionadas na reserva, com ambiente controlado e com um sistema de acondicionamento correto. Assim, optou-se por colocar uma fina camada de cera microcristalina Cosmolloid® 80H (cera parafínica altamente refinada) dissolvida em *white spirit*. Esta é reversível e confere uma camada de proteção estável contra contaminantes e humidade às moedas, não alterando a sua aparência nem danificando a pátina de oxidação [4;13;28]. Esta camada foi aplicada a pincel e de seguida passou-se algodão para retirar o excesso de cera. Antes da aplicação da cera as moedas formam desengorduradas com álcool para que não restasse qualquer sujidade na sua superfície [13].

## Capítulo V - Acondicionamento de Coleções de Numismática

O correto acondicionamento dos objetos é um passo fundamental para a preservação dos mesmos. Por este motivo, existe a necessidade de se utilizarem materiais específicos que não danifiquem ou provoquem a corrosão do metal ao mesmo tempo que permitem uma boa organização da coleção e conseqüentemente uma boa consulta da mesma [5;12;29;59].

Desde o início do colecionismo que os numismatas utilizam várias formas de acondicionamento para as suas coleções. As mais comuns são os medalheiros, que são módulos de madeira, alumínio ou acrílico revestidos a veludo, mas que não se revelam a melhor forma de acondicionar as moedas pois existe muita circulação de ar e contaminantes que contribuem para a oxidação do metal [5]. São também utilizados álbuns com folhas de plástico PVC, sendo que este não é o melhor material de acondicionamento, pois este polímero decompõe-se ao longo do tempo, libertando ácido clorídrico provocando a corrosão das moedas que estejam em contacto com o mesmo [5;12;29]. Outras formas de acondicionamento utilizadas são alvéolos, bolsas plásticas e envelopes (Apêndice A). Relativamente aos alvéolos e às bolsas, ambos de plástico, há que ter em atenção ao tipo de plástico de que são feitos e também a forma como são selados. No entanto, constituem uma boa forma de isolamento e acondicionamento de moedas [29]. Relativamente aos envelopes, estes são feitos de papel e mais uma vez é necessário tomar em atenção se são livres de ácidos e de boa qualidade. Contudo, são a forma mais económica de armazenamento e que permitem também uma boa organização das coleções [29]. Estes riscos são, no entanto, algo desconhecido para a maioria dos colecionadores e também para alguns museus o que leva a que estes utilizem este método para o armazenamento das suas coleções, por ser uma forma eficaz e económica de as organizar.

As moedas, tal como os objetos metálicos no geral, não devem estar em contacto direto umas com as outras, pois podem criar corrosão galvânica, nem em contacto com materiais orgânicos que libertem ácidos, como é o caso da madeira, papel e de alguns tecidos. Assim, a forma mais correta de acondicionamento será em bolsas plásticas de polietileno. Este é um material estável e inofensivo para o metal [29]. Envelopes em papel livre de ácido também podem constituir uma boa opção de acondicionamento.

### 5.1. Acondicionamento da Coleção do Museu da Misericórdia do Porto

A coleção de numismática do Museu da Misericórdia do Porto encontrava-se armazenada de diferentes formas. Cerca de um terço da coleção estava numa caixa de madeira (figura 97). Os restantes dois terços estavam distribuídos por dois álbuns de moedas em plástico PVC (figura 98). Dentro da caixa de madeira existiam ainda alvéolos e bolsas plásticas de pequenas dimensões (figura 99), também estes em plástico PVC e cartão comum. A distribuição das moedas por estes métodos de armazenamento apresentava alguma organização: num dos álbuns encontravam-se apenas moedas portuguesas de escudo, no segundo álbum apenas moedas estrangeiras com identificação de alguns países (figura 100) e dentro da caixa de madeira existia uma grande variedade de moedas, tanto portuguesas, como estrangeiras, de várias épocas. Todas estas sem identificação, à exceção das que estavam dentro dos alvéolos e bolsa plástica.



**Figura 97** – Moedas dentro da caixa de madeira. (Catarina Cordeiro ©)



**Figura 98** – Álbum de moedas em plástico PVC. (Catarina Cordeiro ©)



**Figura 99** – Alvéolos e bolsas plásticas que continham moedas. (Catarina Cordeiro ©)



**Figura 100** – Álbum de moedas com identificação dos países. (Catarina Cordeiro ©)

O novo acondicionamento adotado, pretende que as moedas sejam individualizadas e devidamente protegidas, contribuindo assim para a sua conservação. Para isso, foram colocadas em bolsas “*mini grip*” de polipropileno de baixa densidade, um plástico estável e inerte apropriado para o acondicionamento de objetos metálicos [60;61]. Dentro destes, foi colocado um cartão absorvente livre de ácido, onde foi escrito a grafite, o respetivo número de inventário (figura 101).

As bolsas de polipropileno, sendo transparentes, permitem uma observação das moedas, sem que seja necessário o seu manuseamento. O cartão tem como objetivo, não só a colocação do número de inventário, mas também dar estrutura à embalagem, facilitando o seu armazenamento dentro de caixas (figura 102). O facto de ser um papel absorvente, vai também impedir a criação de microclimas caso haja alteração de valores de humidade relativa.

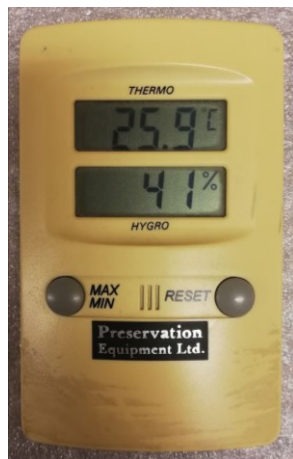


**Figura 101** – Acondicionamento das moedas. (Catarina Cordeiro ©)



**Figura 102** – Armazenamento das bolsas em caixas. (Catarina Cordeiro ©)

O objetivo é que as moedas fiquem armazenadas na reserva do museu, dentro do cofre que não contém janelas que fica no interior do edifício, o que facilita o controle ambiental [62]. Esta é uma reserva mista, que contém objetos de vários materiais, orgânicos e inorgânicos e assim o controlo ambiental tem de ter em conta estas limitações. Existe um controlo de temperatura e humidade relativa, sendo que estes dois fatores apresentam variações dependendo da altura do ano (figuras 103 e 104). Os valores ideais para a conservação de objetos metálicos são de +/- 35% de humidade relativa, contudo no caso de coleções mistas (que integram materiais orgânicos), valores entre 35% e 55%, já são aceitáveis. Valores próximos de 60% podem ser preocupantes [62]. No que toca à temperatura, e apesar desta não ter influência direta na conservação de metais, é recomendado que os valores estejam entre os 18°C e os 20°C [62]. Na reserva do Museu da Misericórdia do Porto, onde as moedas se encontram, os valores variam entre os 24°C a 26°C e 39% a 42% de humidade relativa no verão e 12°C a 14°C e 60% a 63% de humidade relativa no inverno.



**Figura 103** – T e HR Agosto 2019. **Figura 104** – T e HR Janeiro 2020. (Catarina Cordeiro ©)

## Capítulo VI – Conclusões

A realização desta dissertação tinha como principais objetivos o inventário da coleção de numismática do Museu da Misericórdia do Porto, o tratamento conservativo num grupo de moedas da coleção e, por fim, o correto acondicionamento de mesma. Como objetivos secundários propunha-se a criação de normas de inventários para coleção de numismática e a definição de uma metodologia de limpeza para moedas de bronze aplicável no âmbito do colecionismo e da conservação e restauro.

Ao concluir os objetivos propostos acima foi possível perceber que existem algumas lacunas a nível da conservação e restauro no que toca a coleções de numismática e medalhística, sobretudo na sua inventariação, como referido anteriormente, o que levou à necessidade de criação de normas de inventário com nomenclatura específica. O objetivo principal da criação destas normas era, não só, a inventariação de toda a coleção de uma forma coesa e completa, como também o destas normas poderem ser usadas por outras instituições ou colecionadores. Ao inventariar cerca de 1300 moedas confirmou-se que estas normas são completas e adaptáveis para várias tipologias de moedas.

Relativamente ao acondicionamento, a informação existente já é vasta e cabe a cada instituição, museu ou colecionador optar pelo método mais eficiente tendo em conta o espaço de que dispõe e as suas condições, nomeadamente temperatura e humidade relativa. A opção tomada pelo Museu da Misericórdia do Porto é bastante eficaz e económica permitindo também a rentabilização do espaço e a observação da coleção sem que seja necessário o seu manuseamento.

Foi ainda possível perceber que já existe uma preocupação, por parte dos numismatas, em relação à conservação das suas moedas, tanto a nível de acondicionamento com materiais adequados como a nível de limpeza, sendo que este último fator é ainda bastante controverso. Deste modo surgiu a necessidade de desenvolver uma metodologia que pudesse compilar toda a informação nesta área, preservando por um lado a integridade e história da moeda e por outro a sua integridade física.

Ao efetuar os 12 testes de limpeza, foi possível concluir que alguns métodos tradicionais como a utilização de limpezas químicas podem não ser adequadas para a preservação da pátina de oxidação, por serem métodos que não permitem um grande

controlo. A limpeza mecânica continua a ser o método mais aconselhado e o que permite uma limpeza controlada, sendo este o principal fator a ter em consideração na metodologia definida.

Por fim, é possível concluir que a área de numismática ainda é pouco estudada a nível conservação e restauro, no entanto considera-se que os avanços desenvolvidos por esta dissertação podem ser um contributo para o desenvolvimento deste tema, sempre em parceria com os colecionadores por serem estes os que mais têm estudado este tipo de coleções ao longos dos anos.

Como perspetivas futuras sugere-se a criação de manuais e/ou normas de inventários como as redigidas pela DGPC, para coleções de numismática. De modo a tornar este processo mais simples e a reduzir as controvérsias existentes em relação a este tema.

No que toca à controvérsia da limpeza, este tema será sempre bastante discutível, contudo, é importante criar normas, como as que foram desenvolvidas na presente dissertação, que possam, no futuro, ser adotadas tanto pelos numismatas como por instituições museológicas.

## Bibliografia

- [1] Vasconcelos, J. L. (1994). *Nomenclatura Numismática*. Ulmeiro.
- [2] Estados de conservação. In <https://www.portugalmoedas.com.pt/content/14-estados-de-conservacao> (30/09/2019, 17h)
- [3] Discussão. In <http://forum-numismatica.com/viewtopic.php?t=11994> (30/09/2019, 17h)
- [4] Cuddeford, M. J. (1997). *Cleaning and Restoring Coins and Artifacts* (2º ed.). Inglaterra: Mount Publications.
- [5] Hoge, R. W. (1997). *Conservations Rules For Coins and Medals*. Madid: Museo Casa de la Moneda.
- [6] Alcarção, A. (1976). *Aspectos de Técnica para a Conservação e Recuperação de Espécies Numismáticas.*, (pp. 47-50).
- [7] Freitas, I. C., & Pinho, E. G. (2000). *Normas de Inventário. Normas Gerais: Artes Plásticas e Artes Decorativas* (2º ed.). Instituto Portugues de Museus.
- [8] Correia, V., Martins, A. S., & Raposo, L. (2000). *Normas de Inventário. Normas Gerais: Arquiologia*. Instituto Português dos Museus.
- [9] Galvin, E.; Berrett, K. (2013). *Resources for Curators of Numismatic Collections*. ICOMON.
- [10] Gomes, A. (2007). *Moedas Portuguesas e do Território que Hoje é Portugal*. Associação Numismática de Portugal.
- [11] Costa, D. M. (2014). *Limpeza e Conservação de Objetos Metálicos*. Porto Alegre.
- [12] Turner-Walker, G. (2008). *A Practical Guide to the Care and Conservation of Metals*. Taipel, Taiwan: Xi Wang Art and Design Agency.
- [13] Barclay, B., & Hett, C. (2007). The Cleaning, Polishing, and Protective Waxing of Brass and Copper. *CCI Notes* 9/3.
- [14] Viljus, A., & Viljus, M. (2012). The Conservation of Early Post-Medieval Period Coins Found in Estonia. *Jornal of Conservation and Museum Studies*, 10(2), 30-44.
- [15] Watkinson, D. (2010). 4.43 Preservation of Metallic Cultural Heritage. Em *Corrosion Management* (pp. 3307-3340). Reino Unido: Elsevier.
- [16] Abdel-Kareem, O., Al-Zahrani, A., & Al-Sadoun, A. (2016). Authentication and Conservation of Marine Archaeological Coins Excavated from underwater of the Red Sea, Saudi Arabia . *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 16(2), 107-118.

- [17] Liu, W., Et all. (2015). Supercritical carbon dioxide cleaning of metal parts for remanufacturing industry. *Journal of Cleaner Production* 93, pp. 339-346.
- [18] Tissot, I. (Fevereiro de 2006). CO<sub>2</sub> Cleaning method applied to metal objects from the Science Museum 19th c. Chemical Laboratory. *BROMECE* 17, p. 5.
- [19] Cutulle, C., Kim, S. (2015). Dry ice blasting in the conservation of metals: A technical assessment as a conservation technique and practical application in the removal of surface coating. *Objects Specialty Group Postprints, Volume 22*, pp. 77-100.
- [20] Liu, W., Qing, X., Li, M., Liu, L., & Zhang, H. (2015). Supercritical CO<sub>2</sub> cleaning of carbonaceous deposits on diesel engine valve. *Elsevier, Procedia CIRP* 29, pp. 828-832.
- [21] Russick, E., Poulter, G. A., Adkins, C., & Sorensen, N. R. (1996). Corrosive effects of supercritical carbon dioxide and cosolvents on metals. *The Journal of Supercritical Fluids*, 9, 43-50.
- [22] Ricardo, A., Casimiro, T., Sousa, M., Melo, M., & Tomaz, P. (2007). Dióxido de carbono supercrítico: a arte da tecnologia na conservação de arte. *Conservar Património*, 6, 3-9.
- [23] Dariva, C. G., & Galio, A. F. (2014). Corrosion Inhibitors - Principles, Mechanisms and Applications. *Developments in Corrosion Protection*, 335-379.
- [24] Mezzi, A., Angelini, E., Caro, T., Grassini, S., Faraldi, F., Riccucci, C., & Ingo, G. M. (2012). Investigation of the Benzotriazole Inhibition Mechanism of Bronze Disease. *Surface and Interface Analysis*, 44, 968-971.
- [25] Cano, E., & Lafuente, D. (2013). Corrosion Inhibitors for the Preservation of metallic Heritage Artefacts. Em P. Dillmann, A. Adriens, E. Angelini, D. Watkinson, & E. F. Corrosion (Ed.), *Corrosion and Conservation of Cultural Heritage Artefacts* (pp. 570-594). WoodHead Publishing.
- [26] Antonijevic, M. M., & Petrovic, M. B. (2008). Copper Corrosion Inhibitors. A review. *International Journal of Electrochemical Science*, 3, 1-28.
- [27] Custódio, J. V. (2006). Viabilidade do emprego do benzotriazol . *Dissertação de Mestrado*. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Química.
- [28] Roll, S. (s.d.). *A Method for Cleaning Ancient Bronze Coins*. In [www.romanorum.com](http://www.romanorum.com)
- [29] Stone, T. (2007). Basic Care of Coins, Medals and Metallic Art. *CCI Notes* 9/4.
- [30] Priberam – Inven.tá.ri.o. In <https://dicionario.priberam.org/invent%C3%A1rio> (15/04/2020; 15h)

- [31] Acervo Museológico. In <https://www.museudodinheiro.pt/acervo/38/20-reis> (15/09/2019; 15h)
- [32] Coleções. In <https://www.museucasadamoeda.pt/collection/16#r10396> (15/09/2019; 16h)
- [33] Keene, S., & Orton, C. (s.d.). *Measuring the condition of museum collections*. London.
- [34] Keene, S. (s.d.). *Conditions Reports - the essentials. Managment of the collections of the english national museum of London*.
- [35] Mateos, L. e. (2017). Análisis arqueométrico de los productos de corrosión de un caldero de bronce de baja época ibérica del Cerro de la Cruz. *Antiquitas*, 29, 85-94.
- [36] Mennucci, M. M. (2013). *Estudo da corrosão do cobre em meios de sulfato e de cloreto com auxílio do microeletrodo com cavidade e de uma microcélula*. São Paulo: Universidade de São Paulo
- [37] Silva, R. (2016). *Fundamentos de Diagnóstico e Conservação em Metais*. Monte da Caparica: FCT-UNL.
- [38] Fontinha, R., & Pereira, E. (2017). Corrosão e conservação de estatuária em ligas de cobre. *Laboratório Nacional de Engenharia Civil*, Lisboa.
- [39] Oudbashi, O. e. (2019). Study on the corrosion mechanisms and morphology of archaeological bronze objects from a bronze age graveyard in southwestern iran. Em C. Chamello, L. Brambilla, & E. Joseph, *Metal 2019* (pp. 150-157). ICOM-CC.
- [40] Martínez, S. D., & Alonso, E. G. (s.d.). *Técnicas metodológicas aplicadas a la conservación-restauración del patrimonio metálico*. Espanha: Ministerio de cultura. In [https://www.researchgate.net/publication/281856377\\_Tecnicas\\_metodologicas\\_aplicadas\\_a\\_la\\_conservacion-restauracion\\_del\\_patrimonio\\_metalico](https://www.researchgate.net/publication/281856377_Tecnicas_metodologicas_aplicadas_a_la_conservacion-restauracion_del_patrimonio_metalico).
- [41] Logan, J. (2007). Recognizing Active Corrosion. *CCI Notes 9/1*.
- [42] Karydas, A. G. (2007) - Application of a portable xrf spectrometer for the noninvasive analysis of museum metal artefacts. *Annali di Chimica*, 97, Società Chimica Italiana, pp. 419-432.
- [43] Faria, D; Afonso, M; Edwards, H; (2002) - Espectroscopia Raman: Uma Nova Luz No Estudo De Bens Culturais, *Museu de Arqueologia e Etnologia*, São Paulo, v. 72, pp. 249-26.
- [44] Dedavid, B.A.; Gomes, C.I.; Machado, G.; (2017) - *MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA, Aplicações e preparação de amostras*, Materiais Poliméricos,

metálicos e semicondutores. Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, pp. 9-26.

[45] Stuart, B. (2007) - *Analytical Techniques in Materials Conservation*. Inglaterra: Wiley.

[46] Ferreira, H. H.; (2016) - *Importância do estudo em Microscopia Eletrónica de Varrimento de amostras incluídas em parafina para fins de diagnóstico*, dissertação de mestrado em tecnologias biomédicas, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa.

[47] Mature, I. C., & Urbano, R. O. (2003). Conservación y Restauración de un grupo de piezas de diversos materiales. Em *Boletín de la asociación provincial de museos locales de cordoba n°4* (pp. 207-223). Córdoba.

[48] Pernel, C., Farkas, J., & Louis, D. (2006). Copper in organic acid based cleaning solution. *Jouranal of Vacuum Science e Technology B* 24, 2467-2471.

[49] Rocca, E., & Mirambet, F. (2007). Corrosion inhibitors for metallic artefacts: temporary protection. Em P. Dillmann, & e. al., *Corrosion of metallic eritage artefacts* (pp. 308-334). USA: European Federation of Corrosion Publucations n° 48.

[50] Galtayries, A., Mongiatti, A.; & Marcus, P. (2007). Surface characterisation of corrosion inhibitors on bronzes for artistic casting. Em P. Dillmann, & e. al., *Corrosion of metallic eritage artefacts* (pp. 335-351). USA: European Federation of Corrosion Publucations n° 48.

[51] Hoppe, E. W., & all, e. (2007). Cleaning and passivation of copper surfaces to remove surface radioactivity and prevent oxide formation. *Nuclear instruments e methods on physics research*, 486-409.

[52] Jones, C. W. (1999). *Applications of Hydrogen Peroxide and Derivatives*. UK: James H. Clark.

[53] Heller, N. W. – Questões ATR. In [https://www.researchgate.net/post/How\\_does\\_surface\\_roughness\\_affect\\_the\\_quality\\_of\\_ATR-FTIR\\_spectra\\_especially\\_for\\_polymeric\\_substrates](https://www.researchgate.net/post/How_does_surface_roughness_affect_the_quality_of_ATR-FTIR_spectra_especially_for_polymeric_substrates) (09/09/2020; 16h)

[54] Wang, T., Xu, S., & Yang, F. (2012). Green synthesis of CuO nanoplates from CuCO<sub>3</sub>.Cu(OH)<sub>2</sub> powder and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> aqueous solution. *Powder technology*, 128-130.

[55] Andrés, M., Roja, J., Baonza, V., & Sancho, N. (2010). Verdigris pigment: a mixture of compounds. *Journal of Raman Spectroscopy*, 1468-1476.

[56] Nardeli, J., & al., e. (2014). Síntese, Caracterização e Atividade Biológica do Acetato de Cu(II) para larvas de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) e Bactérias *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium* e *Lysteria monocytogenes*. *The Electronic Journal of Chemistry* v.6, n.3, 122-129.

[57] Frost, Ray L. and Martens, Wayde N. and Rintoul, Llew and Mahmutagic, Emir and Kloprogge, J. Theo (2002). Raman spectroscopic study of azurite and malachite at 298 and 77 K. *Journal of Raman Spectroscopy*, 33(4). pp. 252-259.

[58] Buse, J.; Otero, V., Melo, M. (2019). New Insights into Synthetic Copper Greens: The Search for Specific Signatures by Raman and Infrared Spectroscopy for Their Characterization in Medieval Artworks. *Heritage*, 2, pp. 1614-1629.

[59] Niemeyer, S. (Abril de 1995). Conservação de Objectos Metálicos.

[60] Amaral, J. R. (2020). Pensar dentro da caixa: avaliação da eficácia de embalagens em polipropileno para acondicionamento de bens culturais. *II Colóquio Investigações em Conservação do Património* (pp. 143-154). CONSERVAR PATRIMÓNIO 34. In <http://revista.arp.org.pt/pt/artigos/2018058.html>

[61] Larkin, N., Blades, N., & Makridou, E. (2000). Investigation of volatile organic compounds associated with polyethylene and polypropylene containers used for conservation storage. *The conservator*, 24, 41-51.

[62] Carvalho, A., & Pereira, M. (2004). *Temas de Museologia Circulação de Bens Culturais*. Instituto Português de Museus .

## **APÊNDICES**

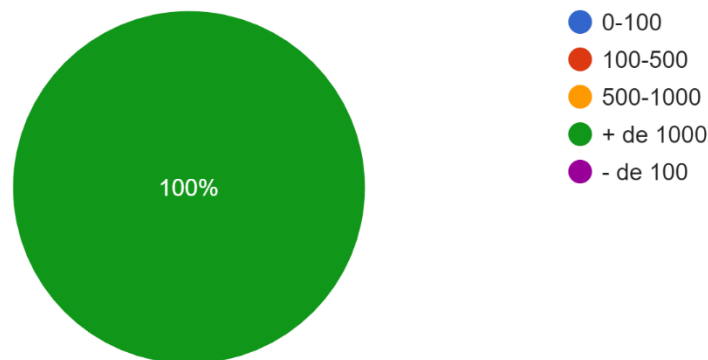
## APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO: NUMISMÁTICA - PRÁTICAS NA CONSERVAÇÃO DE MOEDAS

Este questionário, disponibilizado via email, tem como principal objetivo inquirir vários colecionadores de moedas (numismatas) com o objetivo de entender as práticas que seguem na conservação das suas coleções em relação a inventariação e descrição, acondicionamento e limpeza. Desta forma o questionário pretende complementar e enriquecer a informação obtida através de fóruns online de numismática. Foram colocadas 20 questões e obtiveram-se os seguintes resultados:

### Perguntas de resposta rápida

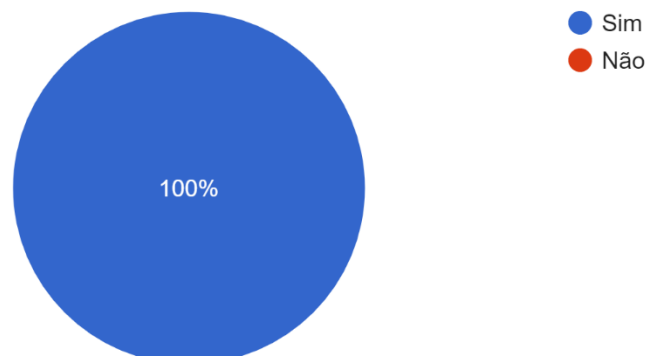
Quantos exemplares tem a sua coleção?

5 respostas



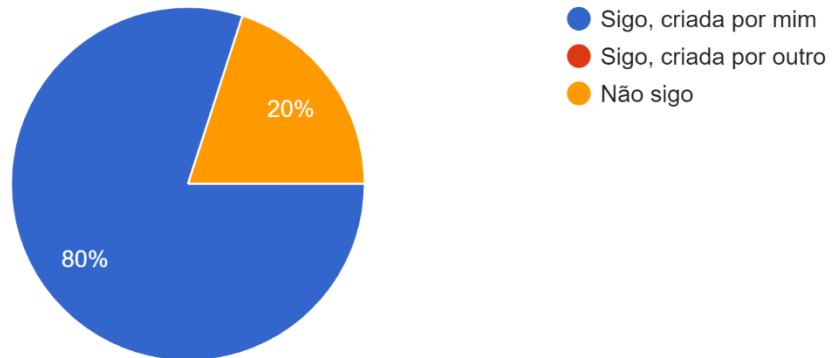
Inventaria a sua coleção

5 respostas



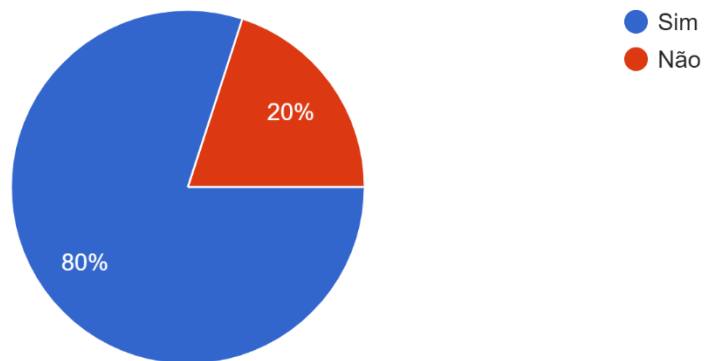
Se sim, segue alguma ficha de inventário específica?

5 respostas



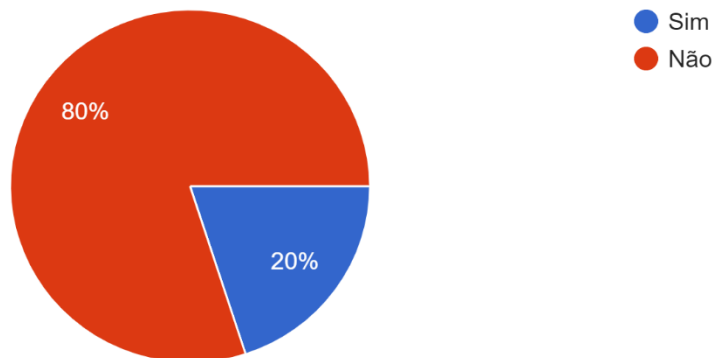
Tem por hábito fazer a descrição das suas moedas?

5 respostas



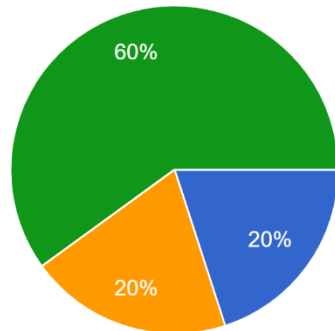
Costuma limpar as suas moedas?

5 respostas



O que determina a opção de limpar uma moeda? Selecione a opção que mais se adequa à prática com a sua coleção

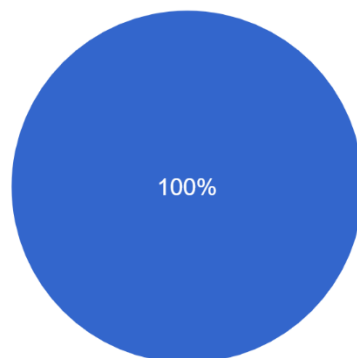
5 respostas



- A sujidade superficial e o seu impacto estético na moeda
- Limpo com frequência porque prefiro ter as moedas brilhantes
- Limpo apenas quando acho necessário
- Raramente limpo as minhas moedas
- Nunca limpo as minhas moedas
- Deixo a limpeza ao cuidado de profissionais

Sabe reconhecer uma pátina numa moeda?

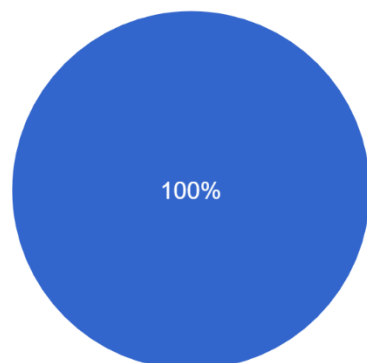
5 respostas



- Sim
- Não

Se respondeu sim na pergunta anterior, considera que pátina confere valor à moeda?

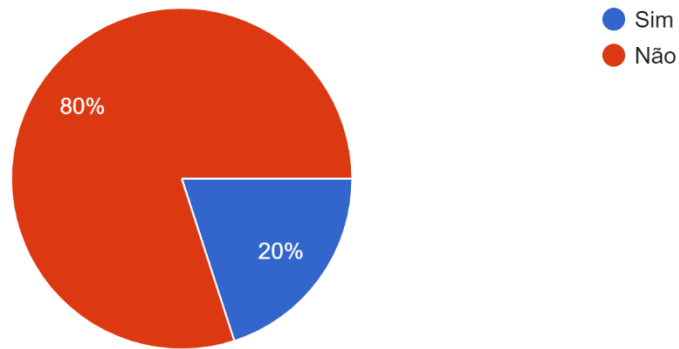
5 respostas



- Sim
- Não

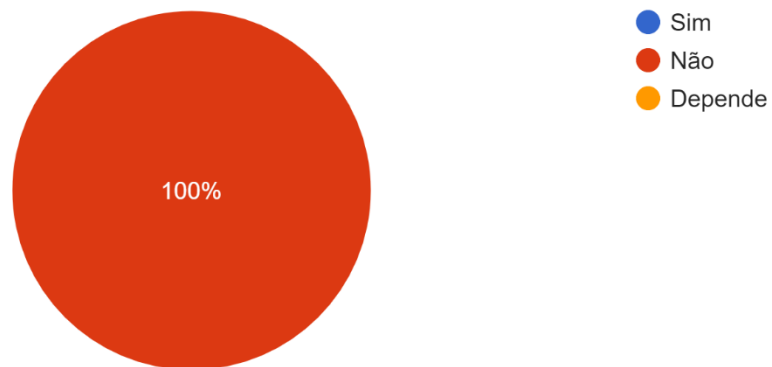
Acha que pátina se pode confundir com sujidade?

5 respostas



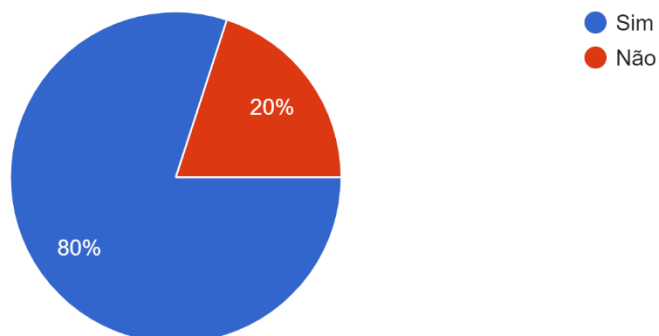
Concorda com a remoção de pátinas?

5 respostas



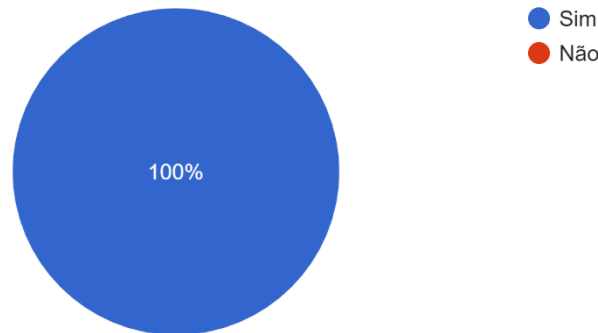
Se efetua a limpeza das suas moedas, concorda com a limpeza das camadas de corrosão (verdetes)?

5 respostas



Quando limpa as suas moedas tem algum cuidado especial na escolha dos produtos e métodos a usar?

5 respostas



### **Perguntas de resposta longa**

Quais os principais campos dessa ficha de inventário?

A maioria das respostas incide em campos como: Metal, Peso/dimensões, data, casa de cunhagem, foto, legenda, estado de conservação, preço/valor, referência de catálogo.

De que forma descreve a moeda? Segue alguma regra ou nomenclatura específica?

A maioria segue as regras de catálogo, por exemplo o catálogo de Alberto Gomes. Uma descrição por extenso começando pelo anverso e depois reverso, sucinta sem regra específica.

Como distingue o anverso do reverso da moeda?

A maioria classifica o anverso como o lado que identifica o estado emissor, o nome do rei ou do país e a respetiva simbologia, parte que melhor identifica a moeda.

Justificação da forma de determinar a limpeza de uma moeda.

A maioria refere que apenas se deve limpar quando a moeda está comprometida ou tenha elementos ilegíveis desde que a limpeza não afete a pátina da moeda.

Justificação da escolha dos métodos e produtos de limpeza.

A maioria refere que os produtos não devem ser abrasivos, utilização de óleos (amêndoas doces). A escolha depende do metal.

Qual a sua opinião sobre a limpeza de moedas?

100% das respostas referem que a limpeza é desnecessária e de evitar, a não ser em caso específicos em que a sujidade impeça a identificação correta dos elementos da moeda.

De que forma acondiciona a sua coleção de moedas?

A maioria dos inquiridos refere que guarda as moedas em alvéolos, folhas de plástico e envelopes.

Existe algum cuidado especial na escolha dos materiais de acondicionamento?

Metade dos inquiridos refere que não tem cuidado especial na escolha dos materiais. Outra metade refere que tem em atenção a escolha de materiais apropriados para metais, livres de ácido, inertes e em locais com pouca humidade.

## APÊNDICE B – FICHA DE INVENTÁRIO

### Ficha de inventário – Numismática

Nº Inventário: _____	FOTO (anverso e reverso)
instituição / proprietário: <u>Museu da Misericórdia do Porto</u>	
Localização: (na reserva) _____	
Coleção / Categoria: <u>Numismática/Medalhística</u>	
Denominação: <u>Moeda</u>	
Título: (escudo, euro, franco) _____	
Descrição: _____ _____ _____	
Denominação do conjunto: _____	
Nº elementos do conjunto: _____	
Autoria: _____	
Justificação da autoria: _____	
Datação: _____	
Justificação da datação: _____	
Local de execução: _____	
Oficina/ fabricante: <u>Casa da Moeda</u>	
Técnica: <u>Cunhagem Mecânica</u>	
Matéria: _____	
Pais/ Região: (onde circulava) _____	
Período/ cultura: _____	
Marcas: _____	
Dimensões (cm): _____ x _____	
Peso (g): _____	
Estado de conservação: <u>Bela; Soberba; Muito bem conservada; Bem Conservada; Regular; Mediocre; Mau</u>	
Incorporação: (data e modo) _____	
Origem/ história: (para que a moeda foi feita) _____	
Fontes documentais / Bibliografia: _____	
Movimentos: (exposições, empréstimos) _____	

---

## APÊNDICE C – DIRETRIZES DE PREENCHIMENTO DA FICHA DE INVENTÁRIO

### Diretrizes de Preenchimento da Ficha de Inventário

1. **Nº Inventário:** o número de inventário começa com uma sigla em maiúsculas, no caso da coleção em estudo essa sigla é NM que significa Numismática e Medalhística, referindo-se à coleção a que pertence no museu. De segue-se o número, esse número começa em 0001 seguindo uma ordem sequencial. Quando se trata de um conjunto, esse número é precedido de um traço e um número, começando no 1 e seguindo, também, uma ordem sequencial.
2. **Instituição/proprietário:** nome da instituição em que a moeda se encontra e/ou a que pertence.
3. **Localização:** localização do objeto dentro da instituição, quer esteja em reserva ou em exposição.
4. **Coleção/Categoria:** coleção ou categoria a que o objeto pertence. No caso da coleção estudada pertence à coleção de Numismática Medalhística na categoria de numismática.
5. **Denominação:** o nome do objeto, neste caso, moeda.
6. **Título:** o título refere-se ao valor facial da moeda, por exemplo, moeda de 1 escudo.
7. **Descrição:** descrição do reverso e anverso da moeda segundo nomenclatura específica. E as normas criadas.
8. e 9. **Denominação do conjunto e número de elementos:** considera-se conjunto todas as moedas que sejam iguais a nível estético e que apresentem o mesmo valor facial, a mesma data e a mesma liga, independentemente do seu estado de conservação. No processo de inventariação os conjuntos são colocados como Iniciais-nºinventário\_1, por exemplo: NM0301\_1.
10. e 11. **Autoria e justificação:** nome do autor da moeda, caso exista, e o porquê de se saber quem é o autor, normalmente a assinatura encontra-se na moeda.
12. e 13. **Datação e justificação:** data de execução / lançamento da moeda, e justificação, que por norma está presente na moeda.
14. **Local de execução:** Cidade onde a moeda foi produzida, por norma a capital do país onde existe ou existia uma casa da moeda.

15. **Oficina/fabricante:** casa da moeda da cidade falada anteriormente. No caso de a cunhagem ainda ser manual, a oficina onde foi cunhada.
16. **Técnica:** técnica de execução, pode ser cunhagem mecânica ou manual.
17. **Liga:** metais que constituem a liga da moeda.
18. **Pais/região:** pais onde a moeda circulava.
19. **Período/cultura:** período histórico ou cultura em que a moeda circulava, por exemplo, reinado de D. Carlos I.
20. **Marcas:** marcas que a moeda apresente, por exemplo o símbolo da casa da moeda ou a assinatura do autor.
21. **Dimensões:** medidas em centímetros da moeda, espessura e diâmetro.
22. **Peso:** peso da moeda, em gramas (g).
23. **Estado de conservação:** estado de conservação das moedas segundo as normas dos numismatas. Esta análise de estado de conservação divide-se em seis categorias do pior estado para o melhor: Mal conservada; Regular; Bem conservada; Muito bem conservada; Bela; Soberba. É utilizado o método dos numismatas para que haja uma coerência na utilização de nomenclatura de numismática. As normas de avaliação do estado de conservação utilizadas na conservação e restauro são aplicadas em paralelo, numa ficha própria, uma vez que estas duas definições de estado de conservação não têm correspondência entre elas.
24. **Incorporação:** forma como a moeda chegou ao museu. Pode ser através de doação, aquisição, achado, depósito, legado ou transferência. Se possível incluir também a data.
25. **Origem/história:** o motivo e contexto no qual a moeda foi feita. Se para circulação normal ou como moeda comemorativa.
26. **Fontes documentais/bibliografia:** bibliografia onde a moeda é referenciada.
27. **Movimentos:** movimentos da moeda. Quer seja a participação numa exposição ou um empréstimo.

## APÊNDICE D - FICHEIRO EXCEL UTILIZADO PARA O INVENTÁRIO DA COLEÇÃO DE NUMISMÁTICA DO MUSEU DA MISERICÓRDIA DO PORTO

Nº Inventário	Instituição	Localização	Categoria/ coleção	Denominação	Título	Descrição	Denominação do conjunto	Nº elementos do conjunto	Autoria	Justificação	Datação	Justificação
NM0701	Museu da Misericórdia do Porto	Reservas - Sala 3	Numismática Medalhistica	Moeda	500 Lira	No averso, ao centro, a figura do presidente circundado pela legenda em turco que significa "REPUBLICA DA TURQUIA". Reborado liso. No reverso, ao centro, o valor facial de "500 Lira" e a data de 1990 encimado pelo emblema nacional da Turquia e circundado por uma coroa de espigas e louros. Reborado liso. O eixo da moeda é vertical e o Bordo serrilhado	-	-	-	-	1990	Na moeda
NM0702_1	Museu da Misericórdia do Porto	Reservas - Sala 3	Numismática Medalhistica	Moeda	1000 Lira	No averso, ao centro, a figura do presidente circundado pela legenda em turco que significa "REPUBLICA DA TURQUIA". Reborado liso. No reverso, ao centro, o valor facial de "1000 Lira" e a data de 1990 encimado pelo emblema nacional da Turquia e circundado por uma coroa de espigas e louros. Cercadura de esferas e Reborado liso. O eixo da moeda é vertical e o Bordo serrilhado	Moedas de 1000 Lira 1990	2	-	-	1990	Na moeda
NM0702_2	Museu da Misericórdia do Porto	Reservas - Sala 3	Numismática Medalhistica	Moeda	1000 Lira	No averso, ao centro, a figura do presidente circundado pela legenda em turco que significa "REPUBLICA DA TURQUIA". Reborado liso. No reverso, ao centro, o valor facial de "1000 Lira" e a data de 1990 encimado pelo emblema nacional da Turquia e circundado por uma coroa de espigas e louros. Cercadura de esferas e Reborado liso. O eixo da moeda é vertical e o Bordo serrilhado	Moedas de 1000 Lira 1990	2	-	-	1990	Na moeda
NM0703	Museu da Misericórdia do Porto	Reservas - Sala 3	Numismática Medalhistica	Moeda	5000 Lira	No averso, ao centro, a figura do presidente circundado pela legenda em turco que significa "REPUBLICA DA TURQUIA". Cercadura de esferas e Reborado liso. No reverso, ao centro, o valor facial de "5000 Lira" e a data de 1990 encimado pelo emblema nacional da Turquia e ladeado por uma plante. Cercadura de esferas e Reborado liso. O eixo da moeda é vertical e o	-	-	-	-	1992	Na moeda

Local de execução	Oficina	Técnica	Liga	País/Região	Período/Cultura	Marcas	Dimensões (DxE mm)	Peso (g)	Estado de Conservação	Incorporação	Historial	Fontes documentais/Bibliografia
-	-	Cunhagem Mecânica	Alumínio Bronze	Turquia	Republica da Turquia	-	23,8 x 2	5,9	Regular (REG)	Doação	Circulação normal	
-	-	Cunhagem Mecânica	Alpaca	Turquia	Republica da Turquia	-	25,6 x 2	8,1	Muito bem Conservada (MBC)	Doação	Circulação normal	
-	-	Cunhagem Mecânica	Alpaca	Turquia	Republica da Turquia	-	25,6 x 2	7,9	Muito bem Conservada (MBC)	Doação	Circulação normal	
-	-	Cunhagem Mecânica	Níquel Latão	Turquia	Republica da Turquia	-	28,8 x 2,3	10,3	Bem conservada (BC)	Doação	Circulação normal	

## APÊNDICE E – FICHA DE LEVANTAMENTO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO

### Levantamento do Estado de Conservação Coleção de Numismática

---

Nº Inventário: \_\_\_\_\_

**Patologias:**

- |  |  |   |
|--|--|---|
| <input type="checkbox"/> Riscos          | <input type="checkbox"/> Desgaste            | <input type="checkbox"/> Oxidação       |
| <input type="checkbox"/> Incisões        | <input type="checkbox"/> Deformação mecânica | <input type="checkbox"/> Corrosão       |
| <input type="checkbox"/> Fissuras        |  | <input type="checkbox"/> Eflorescências |
| <input type="checkbox"/> Destacamentos   | <input type="checkbox"/> Poeiras             |   |
| <input type="checkbox"/> Fragmentos      | <input type="checkbox"/> Sujidades           |   |
| <input type="checkbox"/> Partes em falta | <input type="checkbox"/> Depósitos           |   |

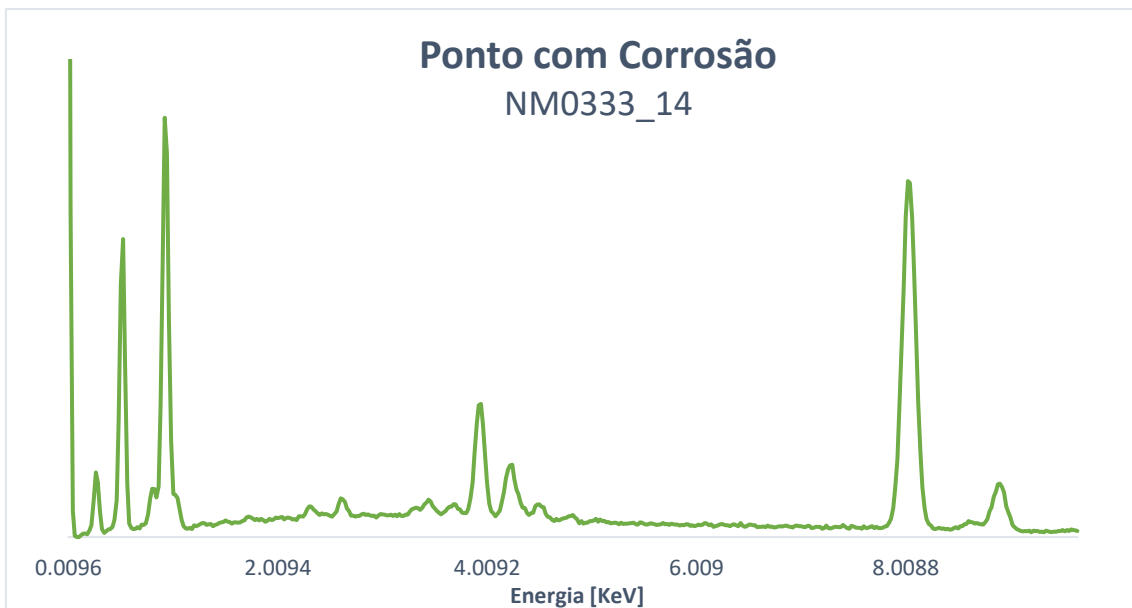
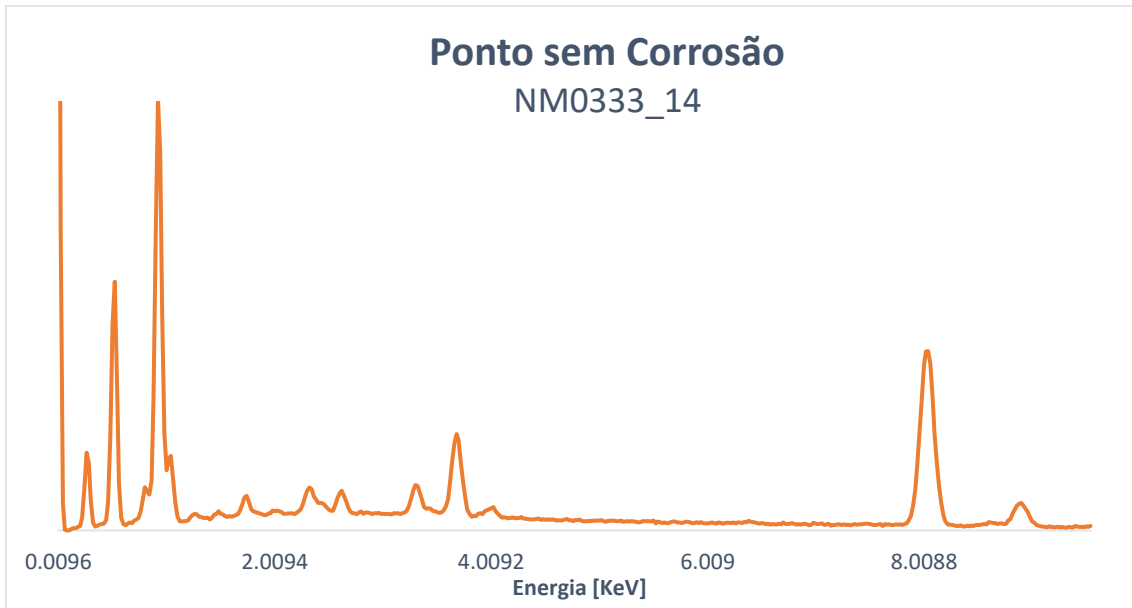
**Condição Geral:**

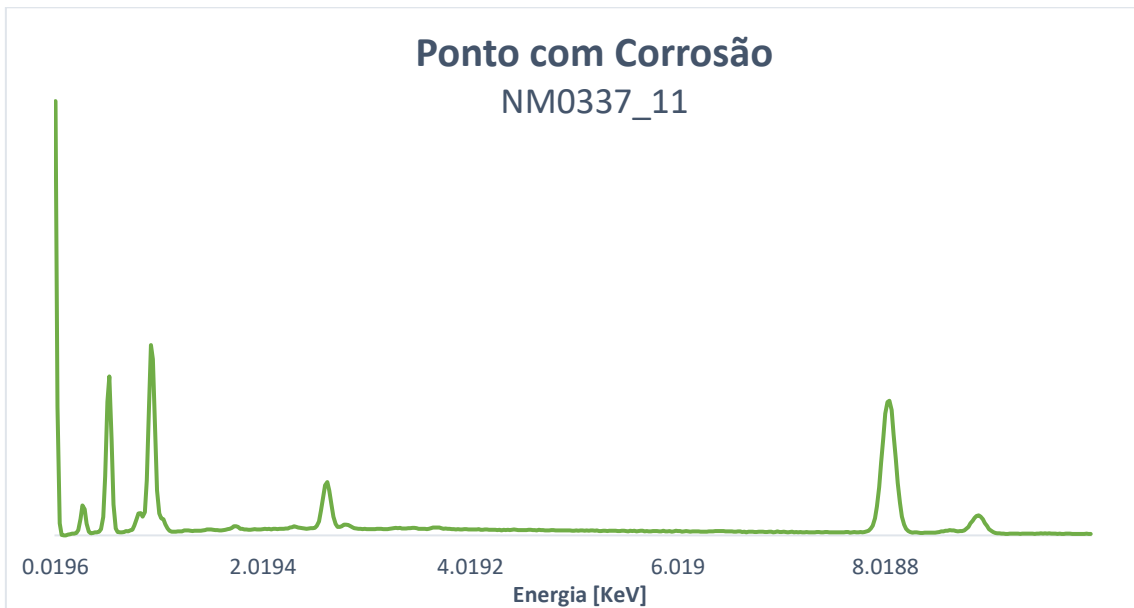
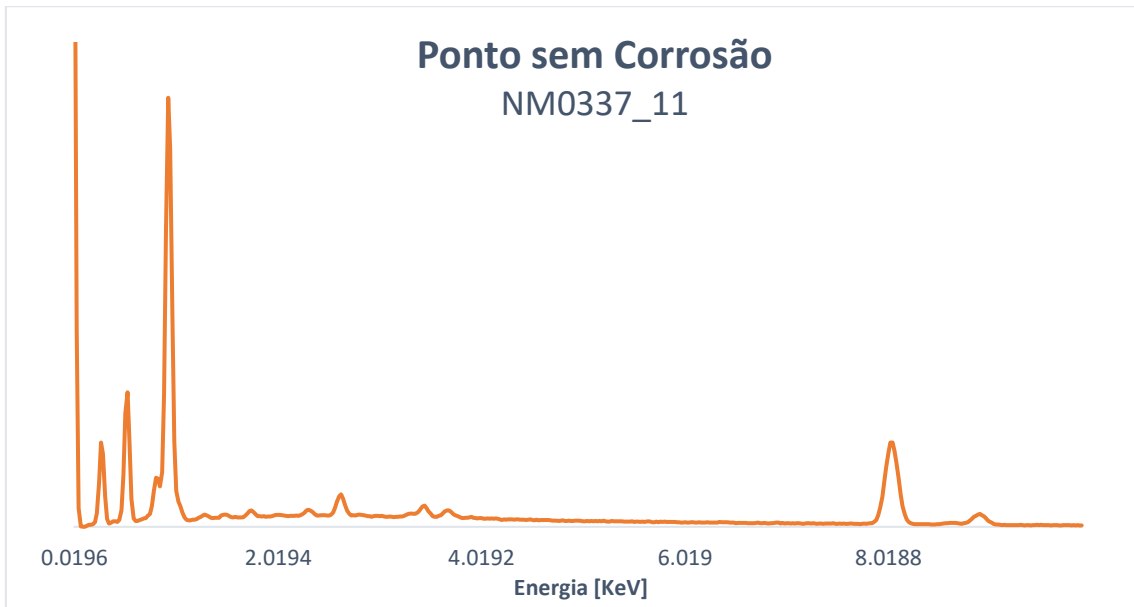
- C1 (Bom)
- C2 (Razoável)
- C3 (Urgente)
- C4 (Imediato)

**Notas:**

(P.e.: Tipo de camada de corrosão, cor, adesão, coesão)

## APÊNDICE F – ESPETROS DA ANÁLISE SEM-EDS





**APÊNDICE G – TABELA DE AMOSTRAS E MÉTODOS DE LIMPEZA**

Moeda	Ácido EDTA	Ácido Acético	Ácido Cítrico	Detergente Neutro	Limpeza Mecânica	Limpeza Ultrassons	Limpeza CO <sub>2</sub> Supercrítico	Ultrassons + ácido acético	ultrassons + EDTA	Ultrassons + peróxido hidrogénio	Inibidor BTA
MN0331_2						x					x
NM0331_3						x					
MN0331_5					x						x
MN0332_4	x										x
MN0332_6					x						
MN0332_11		X									
MN0332_13			x								
MN0332_14								x			
MN0332_18				x							x
MN0332_23									x		
MN0332_27				x							x
MN0332_28				x							
MN0332_30				x							
MN0332_34				x							
NM0333_2					x						x
NM0333_5	x										
NM0333_8						x					x
NM0333_12									x		
NM0333_14								x			
NM0333_16										x	
NM0333_19			x								x
NM0335_1		X									x
NM0336_2		X									
NM0336_10									x		
NM0336_12	x										x
NM0336_15								x			
NM0336_16			x								
NM0337_2		X									x
NM0337_9										x	
NM0337_11					x						
NM0337_12			x								x
NM0339	x										
NM0340								x			
NM0944						x					
NM0945									x		
1 Escudo	x						x				
50 Centavos						x	x				
20 Centavos		x					x				

## APÊNDICE H – TABELAS COM ESPECIFICAÇÕES DAS LIMPEZAS

Ácido EDTA				
Amostra	NM00333_5	NM00339	NM0332_4	MN0336_12
Tempo de Imersão	5h30	6h	5h	5h
Concentração da solução	10%	10%	10%	10%
Resultados	Os depósitos de corrosão e de sujidade atenuaram ou desapareceram, pátina de oxidação atenuou, mas manteve-se homogenia. Após a imersão na solução a moeda foi limpa com solução alcoólica 1:1, que se mostrou bastante eficaz na remoção de sujidade superficial.	A pátina de oxidação atenuou, ficaram visíveis alguns pontos e corrosão, que não foi possível detetar anteriormente. A sujidade superficial também foi atenuada.	Produtos de corrosão e sujidade superficial foram retirados, a pátina de oxidação atenuou, mas manteve-se homogénea.	Produtos de corrosão e sujidade superficial foram retirados, a pátina de oxidação atenuou, mas manteve-se homogénea.

Ácido Acético				
Amostra	NM0336_2	NM0332_11	NM0335_1	NM0337_2
Tempo de Imersão	3h	1h30	2h	2h
Concentração da solução	10%	10%	10%	10%
Resultados	Retirou os produtos de corrosão e sujidade encrustada, atenuou a pátina de oxidação, mas manteve-se homogenia.	Retirou os produtos de corrosão e sujidade encrustada, atenuou a pátina de oxidação, mas manteve-se homogenia.	Dissolveu os produtos de corrosão e alguma sujidade encrustada, retirou a pátina nas zonas de maior desgaste da moeda, nas restantes zonas a pátina permaneceu. Após a imersão na solução a moeda foi limpa com solução alcoólica 1:1, que se mostrou bastante eficaz na remoção de sujidade superficial.	Dissolveu os produtos de corrosão e alguma sujidade encrustada, retirou a pátina nas zonas de maior desgaste da moeda, nas restantes zonas a pátina permaneceu. Após a imersão na solução a moeda foi limpa com solução alcoólica 1:1, que se mostrou bastante eficaz na remoção de sujidade superficial.

Ácido Cítrico				
Amostra	NM00332_13	NM00336_16	NM0333_19	NM0337_12
Tempo de Imersão	1h30	1h30	2h	2h
Concentração da solução	10%	10%	10%	10%
Resultados	A superfície da moeda ficou nitidamente menos oxidada, os produtos de corrosão mantiveram-se. A sujidade encrustada mantém-se apesar de estar pouco coesa. A superfície apresenta-se baça e menos oxidada que inicialmente, não ficando uma superfície homogénea.	A superfície da moeda ficou nitidamente menos oxidada e os produtos de corrosão ativa também desapareceram. Não fica uma superfície homogénea. A superfície da moeda apresenta-se muito menos oxidada que inicialmente, e a sujidade encrustada encontra-se pouco coesa e reduzir bastante.	Os produtos de corrosão e a maioria da sujidade foram dissolvidos, a sujidade que permaneceu foi facilmente retirada com álcool e bisturi em raros casos. A pátina permaneceu mais ou menos homogénea á exceção de dois pontos.	Os produtos de corrosão e a maioria da sujidade foram dissolvidos, a sujidade que permaneceu foi facilmente retirada com álcool e bisturi em raros casos. A pátina ficou muito pouco homogénea tendo atenuado em parte da moeda.

Detergente neutro					
Amostra	NM0332_30	NM0332_28	NM0332_34	NM0332_27	NM0332_18
Concentração da solução	30%	30%	30%	30%	30%
Resultados	O detergente neutro ajuda a amolecer a sujidade e os produtos de corrosão, mas é necessário bisturi para retirar os mesmos.	O detergente neutro ajuda a amolecer a sujidade e os produtos de corrosão, mas é necessário bisturi para retirar os mesmos.	O detergente neutro ajuda a amolecer a sujidade e os produtos de corrosão, mas é necessário bisturi para retirar os mesmos.	O detergente neutro ajuda a amolecer a sujidade e os produtos de corrosão e a retirar alguma sujidade superficial, mas é necessário bisturi para retirar as incrustações.	O detergente neutro ajuda a amolecer a sujidade e os produtos de corrosão e a retirar alguma sujidade superficial, mas é necessário bisturi para retirar as incrustações.

Limpeza Mecânica					
Amostra	MN0332_6	NM0337_11	MN0944	NM0333_2	NM0331_5
Resultados	Levantamento de corrosão ativa com bisturi e agulha seguido de solução de álcool e H <sub>2</sub> O 1:1, para retirar os produtos de corrosão levantados.	Levantamento de corrosão ativa com bisturi e agulha seguido de solução de álcool e H <sub>2</sub> O 1:1, para retirar os produtos de corrosão levantados.	Levantamento de corrosão ativa com bisturi e agulha seguido de solução de álcool e H <sub>2</sub> O 1:1, para retirar os produtos de corrosão levantados.	Levantamento de corrosão ativa com bisturi e agulha seguido de solução de álcool e H <sub>2</sub> O 1:1, para retirar os produtos de corrosão levantados.	Levantamento de corrosão ativa com bisturi e agulha seguido de solução de álcool e H <sub>2</sub> O 1:1, para retirar os produtos de corrosão levantados.

Limpeza Ultrassons					
Amostra	NM0944	NM0331_3	MN0333_8	NM0331_2	
Tempo de Imersão	4h	3h30	2h	1h30	
Frequência	37 kHz	37 kHz	37 kHz	37 kHz	
Resultados	Produtos de corrosão menos coesos e menos aderentes. Houve a dissolução de maior parte dos produtos de corrosão. A patina de oxidação fica "picada" em algumas zonas.	Diferença bastante visível nos produtos de corrosão verdes (estes desapareceram), A crosta (tons castanhos) também desapareceu em algumas zonas, no entanto mantem-se bastante consistente noutras zonas. a moeda apresenta menos produtos de corrosão, em particular no reverso.	Alguma sujidade e produtos de corrosão desapareceram e os restantes ficaram pouco coesas sendo retirados facilmente com bisturi. Houve zonas na superfície da moeda que perderam a patina.	Alguma sujidade e produtos de corrosão desapareceram e os restantes ficaram pouco coesas sendo retirados facilmente com bisturi. Houve zonas na superfície da moeda que perderam a patina.	

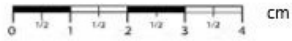
Limpeza CO <sub>2</sub> supercrítico					
Amostra	1 Escudo	50 centavos	20 Centavos		
Tempo	1h	1h	1h		
Pressão	240-250 Bar	240-250 Bar	240-250 Bar		
Temperatura	80°C	80°C	80°C		
Resultados	Após um ciclo de scCO <sub>2</sub> sem co solvente de 1h, a patina superficial mais escura desapareceu, evidenciando mais a corrosão verde. Após outro ciclo de 1h no scCO <sub>2</sub> mas desta vez com EDTA a 10% como co solvente, não houve alteração no seu aspeto.	Após um ciclo de scCO <sub>2</sub> sem co solvente de 1h, a patina superficial mais escura desapareceu, evidenciando mais a corrosão verde. De seguida esteve 1h10 nos ultrassons com água destilada, aqui os produtos de corrosão desapareceram em algumas zonas, mas não na totalidade e a patina não ficou homogenia.	Após um ciclo de scCO <sub>2</sub> sem co solvente de 1h, a patina superficial mais escura desapareceu, evidenciando mais a corrosão verde. Após outro ciclo de 1h no scCO <sub>2</sub> mas desta vez com ácido acético a 10% como co solvente, a corrosão da moeda passou a um azul intenso, pouco coeso.		

Limpeza Ultrassons + ácido acético				
Amostra	NM0336_15	NM0332_14	NM0340	NM0333_14
Concentração	5%	5%	10%	10%
Tempo de Imersão	10min	10min	10min	10min
Frequência	37 kHz	37 kHz	37 kHz	37 kHz
<b>Resultados</b>	Os produtos de corrosão e a sujidade desapareceram na totalidade, no entanto a pátina ficou manchada tendo desaparecido em algumas zonas e noutras não, não ficando homogénea.	Os produtos de corrosão e a sujidade desapareceram na totalidade, no entanto a pátina ficou manchada tendo desaparecido em algumas zonas e noutras não, não ficando homogénea.	Os produtos de corrosão desapareceram, mas permanece alguma sujidade encrustada, a pátina ficou manchada tendo desaparecido em algumas zonas e noutras não, não ficando homogénea.	Os produtos de corrosão desapareceram, no entanto a pátina ficou manchada tendo desaparecido em algumas zonas e noutras não, não ficando homogénea.

Limpeza Ultrassons + EDTA				
Amostra	NM0945	NM0333_12	NM0336_10	NM0332_23
Concentração	5%	5%	10%	10%
Tempo de Imersão	10min	7min	7min	10min
Frequência	37 kHz	37 kHz	37 kHz	37 kHz
<b>Resultados</b>	Os produtos de corrosão atenuaram e a sujidade encrustada também. A pátina permaneceu homogenia. No entanto a moeda apresenta-se fraca e por isso não foi possível retirar todos os produtos de corrosão.	Os produtos de corrosão e a sujidade encrustada desapareceram. A pátina permaneceu homogénea.	Os produtos de corrosão e a sujidade encrustada desapareceram. A pátina permaneceu homogénea.	Os produtos de corrosão e a sujidade encrustada desapareceram. A pátina permaneceu homogénea.

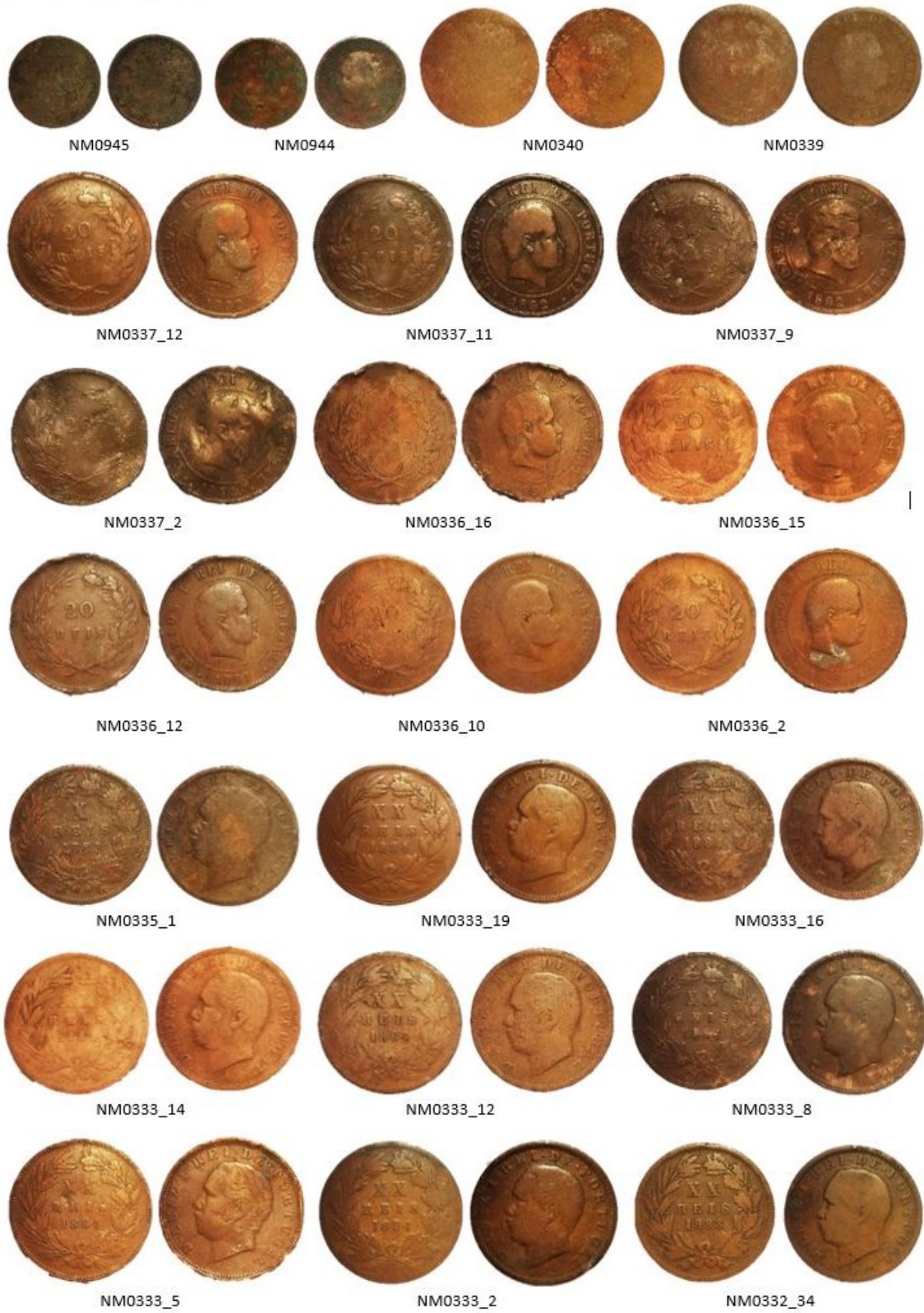
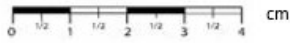
Limpeza Ultrassons + Peróxido de hidrogénio		
Amostra	NM0337_9	NM0333_16
Concentração	10%	10%
Tempo de Imersão	8min	8min
Frequência	37 kHz	37 kHz
<b>Resultados</b>	Retira produtos de corrosão (verdes) preserva a pátina homogenia. A sujidade sai em algumas zonas, mas não na totalidade. A moeda ficou com a pátina “picada” devido aos ultrassons.	Retira produtos de corrosão (verdes) preserva a pátina homogenia. A sujidade sai em algumas zonas, mas não na totalidade. A moeda ficou com a pátina “picada” devido aos ultrassons.

## APÊNDICE I – REGISTO FOTOGRÁFICO ANTES E APÓS LIMPEZA REVERSO E ANVERSO DAS 35 MOEDAS DE BRONZE ANTES DE INTERVENÇÃO





## REVERSO E ANVERSO DAS 35 MOEDAS DE BRONZE APÓS INTERVENÇÃO





NM0332\_30

NM0332\_28

NM0332\_27



NM0332\_23

NM0332\_18

NM0332\_14



NM0332\_13

NM0332\_11

NM0332\_6



NM0332\_4

NM0331\_5

NM0331\_3



NM0331\_2

## **ANEXOS**

## ANEXO A – CLASSIFICAÇÃO DE ESTADO DE CONSERVAÇÃO – NUMISMATAS



MC – Mal Conservada

Muitíssimo gasta, corroída, legendas e datas obliteradas o que as torna quase ilegíveis, sem que contudo não ofereça dúvida a sua identificação.



MBC – Muito Bem Conservada

Superfícies mais elevadas da gravura com ligeiros sinais de desgaste. Muito pouco circulada.



REG – Regular

Bastante desgaste no desenho, legendas e data, apresentando visíveis as características principais da gravura.



B – Bela

Ligeiríssimos sinais de desgaste nos pontos mais altos do relevo da gravura, alguma oxidação ou pátina uniforme. Moeda que aparenta não ter circulado.



BC – Bem Conservada

Relevo da gravura com consideráveis sinais de desgaste nas superfícies mais elevadas, mas com todos os pormenores bem visíveis incluindo a legenda e a data.

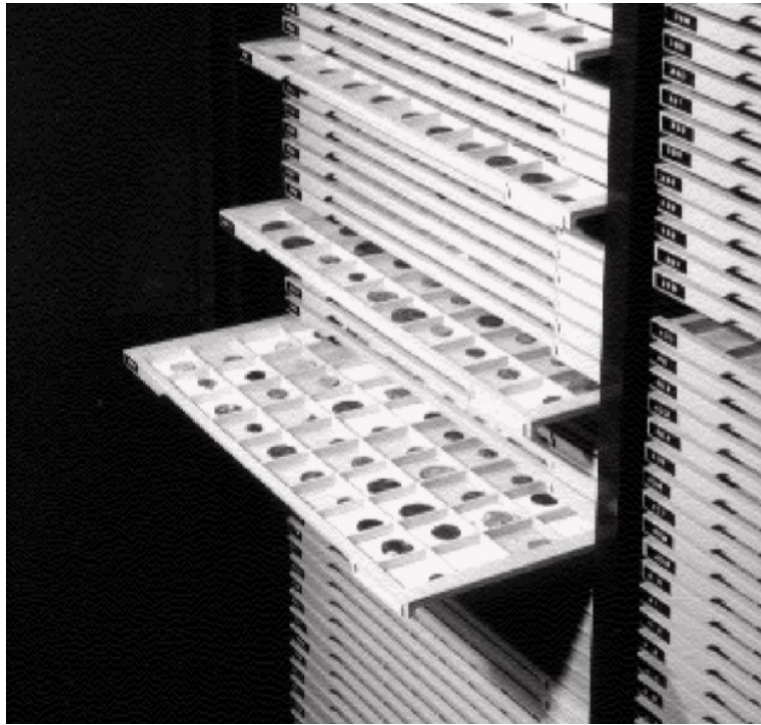


S – Soberba

Moeda que nunca circulou, mantendo o brilho ou o baço provocados pela cunhagem. Pode apresentar ligeiras marcas de abrasão por ter estado em contacto com outras moedas.

Gomes, A. (2007). *Moedas Portuguesas e do Território que Hoje é Portugal*. Associação Numismática de Portugal.

## ANEXO B – MÉTODOS DE ACONDICIONAMENTO DE MOEDAS



Moedeiro de plástico, sistema de acondicionamento em uso no Museu Nacional de Arqueologia. (Fonte: Correia, V., Martins, A. S., & Raposo, L. (2000). *Normas de Inventário. Normas Gerais: Arqueologia*. Instituto Português dos Museus.)



Moedeiro em madeira e veludo (Fonte: Caixas e estojos moedas . In <https://www.luzdefaro.es/index.php?cPath=49&language=pt&w=%22Leuchtturm%20Caixas%20e%20estojos%20moedas%20LuzDeFaro%22> (15/08/2020; 15h))



Alvéolos, envelope e bolsa plásticas, respetivamente. (Fonte: Moedas do Brasil – Conservar Moedas. In [www.moedasdobrasil.com](http://www.moedasdobrasil.com) (15/08/20; 14h))



Caixa acrílica para moedas (Fonte: Moedas e coleções – Conservação. In [sites.google.com/site/moedasecolecoes/limpeza-e-conservacao/conservacao-1](http://sites.google.com/site/moedasecolecoes/limpeza-e-conservacao/conservacao-1) (15/08/2020; 14h))



Álbum com micas de plástico PVC para moedas (Fonte: Moedas e coleções – Conservação. In [sites.google.com/site/moedasecolecoes/limpeza-e-conservacao/conservacao-1](http://sites.google.com/site/moedasecolecoes/limpeza-e-conservacao/conservacao-1) (15/08/2020; 14h))