



MARTA FILIPA ESTEVES MARQUES NEVES

Licenciada em Conservação e Restauro

# ESTUDO, DIAGNÓSTICO E CONSERVAÇÃO DE TRÊS PEÇAS CERÂMICAS DO MUSEU BORDALO PINHEIRO

MESTRADO EM CONSERVAÇÃO E RESTAURO

Universidade NOVA de Lisboa

Setembro, 2025



# ESTUDO, DIAGNÓSTICO E CONSERVAÇÃO DE TRÊS PEÇAS CERÂMICAS DO MUSEU BORDALO PINHEIRO

**MARTA FILIPA ESTEVES MARQUES NEVES**

Licenciada em Conservação e Restauro

**Orientadora:** Inês Feliciano,

Doutoranda em Conservação e Restauro, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa

**Coorientadora:** Susana Coentro,

Investigadora, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa

## **Júri:**

**Presidente:** Professor Doutor João Pedro Veiga,  
Professor Associado, NOVA FCT

**Arguentes:** Bruna Pereira de Oliveira,  
Conservadora-Restauradora na Faz Parte – Conservação e Restauro

**Orientador:** Inês Feliciano,  
Doutoranda em Conservação e Restauro, NOVA FCT

### **Estudo, diagnóstico e conservação de três peças cerâmicas do Museu Bordalo Pinheiro**

Copyright © Marta Filipa Esteves Marques Neves, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade NOVA de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



Só quem vive sabe, e só os corajosos vivem.  
Aos meus pais e à minha irmã, que me são tudo.



## AGRADECIMENTOS

Queria começar por agradecer à minha orientadora, Dra. Inês Feliciano, por todo o apoio, por todas as lições de vida e por todos os ensinamentos, sobretudo por me ter ensinado a sujar as mãos e a olhar para o mundo com outros olhos. Sem si eu não teria consigo concluir esta dissertação. Agradeço também à minha coorientadora, Professora Susana, pelas suas palavras motivacionais, pela sua dedicação e por ser um exemplo a seguir.

Ao Professor Doutor Bruno Soares pelo apoio na digitalização das peças e por estar sempre disponível. Ao David Marques por ter sido o meu pilar na modelação 3D. E à Jéssica Pinto por me ter ensinado tudo sobre a impressora 3D.

Um agradecimento especial ao Museu Bordalo Pinheiro, sobretudo à Dra. Luísa Fernandes, por terem confiado no meu trabalho e pela oportunidade de trabalhar com estas peças maravilhosas.

Às minhas amigas Joana Duarte, Joana Figueiredo, Mariana Coelho e Matilde Santos, os meus pilares todos os dias e por me dizerem que sou sempre capaz. Um grande obrigada à Solange Almeida, Joana Pimentel, Laura Encarnação, Adriana Quintas, Íris Santos e Ana Luísa Ventura por me terem acompanhado nestes cinco anos de Conservação e Restauro e terem tornado os meus dias mais felizes. Aos meus queridos amigos da AEFCT, Diogo Santos, Pedro Silva, Joana Pinheiro, Guilherme Abana, Frederica Cardoso, Henrique Calado, André Silva, João Pereira, Catarina Matela, Madalena Costa e Pedro Gamelas, nem tenho palavras para exprimir todo o apoio que me dão e deram no decorrer deste ano, obrigada por serem um porto de abrigo. Obrigada também ao Tomás Silva por ser um padrinho fantástico e me apoiar em tudo o que faça, mesmo que seja a ideia mais maluca que já ouviu. À Joana Moura e ao Pedro Belinha por serem pessoas maravilhosas. Por último, mas não menos importante, obrigada à minha segunda família, Dramolis. Um obrigada especial à Mariana Ribeiro e à Carolina Melo, as melhores afilhadas que podia ter e imaginar; à Beatriz Silva e à Francisca Figueiredo por me fazerem rir todos os dias; à Mariana Novo, a melhor madrinha de sempre; e ao João Naia da Silva, o meu maior exemplo, um dia quero ser como tu.

Deixo também um último obrigada a todos os professores e colegas que marcaram o meu percurso académico!

Deixei o maior agradecimento para o fim, à minha família, em especial, aos meus pais e à minha irmã, o meu porto seguro para chorar, gritar, dançar e sorrir. Por nunca me fazerem esquecer de ser sempre eu e darem-me forças para alcançar tudo o que quero, por mais difícil que seja a meta. Não consigo expressar em palavras toda a gratidão que sinto por vos chamar pais e irmã. Um obrigada especial aos meus tios, sobretudo à minha tia, por me dar três primos/ afilhado lindos e maravilhosos (são as minhas crianças favoritas no mundo inteiro), por nunca me deixar desistir e me dar sempre os melhores conselhos. Ninguém diria que ia seguir as tuas pegadas, mas não podia estar mais orgulhosa disso. Obrigada às minhas avós, o meu maior pilar, não só este ano, mas na vida. Quero ter-vos para sempre comigo até ao fim dos meus dias. Obrigada aos pais, avós e irmã do meu namorado, a casa quando eu precisava e o ombro amigo para eu chorar. Por último, um obrigada gigante ao meu namorado por me fazer rir sempre que precisava, lembrar todos os dias da pessoa inteligente que sou e me apoiar em tudo. Resumindo, por ser ele.



## RESUMO

A cerâmica de Rafael Bordalo Pinheiro, produzida na Fábrica de Faianças das Caldas da Rainha, constitui um marco na história da cerâmica portuguesa, organizada em três fases: a primeira (1885 - 1889), correspondendo a peças mais naturalistas; a segunda (1889 - 1899), reconhecida pela criação de peças de grandes dimensões; e a terceira (1899 - 1905), em que se produziu louça decorativa não utilitária.

Este trabalho centra-se no estudo, diagnóstico e intervenção de três peças do século XIX do Museu Bordalo Pinheiro: duas cabeças de porco (MBP.CER.0904 e MBP.CER.0499) e uma floreira (MBP.CER.0289), todas com lacunas que comprometem a leitura e a estabilidade estrutural. Procedeu-se ao estudo das técnicas de fabrico das peças e à sua caracterização material por  $\mu$ -EDXRF e  $\mu$ -Raman. Para o diagnóstico realizou-se a análise visual e a pesquisa bibliográfica respetiva. Para a intervenção foi usada uma metodologia faseada: limpeza, preenchimento de lacunas, união de fragmento, reintegração cromática e acabamento.

O carácter inovador deste trabalho assenta na reconstrução da orelha em falta da peça MBP.CER.0499, tendo sido testadas três abordagens: a tradicional, uma inovadora com recurso a ferramentas digitais (digitalização e modelação 3D) e uma metodologia mista, incluindo também reprodução do elemento em falta em argila. O objetivo foi comparar os métodos tradicionais de restauro e a introdução de recursos digitais neste processo, explorando o potencial destas tecnologias no campo da conservação e restauro. Através de uma colaboração interdisciplinar com especialistas em digitalização, modelação e impressão 3D, este trabalho procurou não só contribuir para a preservação das peças em estudo, como também refletir sobre o potencial das tecnologias digitais no campo da conservação e restauro.

**Palavras chave:** cerâmica; Museu Bordalo Pinheiro; século XIX; fábrica de faianças das Caldas da Rainha; vidrados cerâmicos; tecnologias digitais; conservação e restauro; impressão 3D

## ABSTRACT

The ceramics of Rafael Bordalo Pinheiro, produced at the Caldas da Rainha Faience Factory, constitute a milestone in the history of Portuguese ceramics, organized into three phases: the first (1885-1889), corresponding to more naturalistic pieces; the second (1889-1899), recognized for the creation of large pieces; and the third (1899-1905), in which decorative, non-utilitarian tableware was produced.

This work focuses on the study, diagnosis, and intervention of three 19th-century pieces from the Bordalo Pinheiro Museum: two pig heads (MBP.CER.0904 and MBP.CER.0499) and a flowerpot (MBP.CER.0289), all with gaps that compromise their reading and structural stability. The manufacturing techniques of the pieces were studied, and their material characterisation was performed using  $\mu$ -EDXRF and  $\mu$ -Raman. For the diagnosis, visual analysis and respective bibliographic research were carried out. A phased methodology was used for the intervention: cleaning, gap filling, fragments bonding, chromatic reintegration, and finishing.

The innovative nature of this work lies in the reconstruction of the missing ear of piece MBP.CER.0499, with three approaches being tested: the traditional one, an innovative one using digital tools (scanning and 3D modelling), and a mixed methodology, also including reproduction of the missing element in clay. The aim was to compare traditional restoration methods with the introduction of digital resources in this process, exploring the potential of these technologies in the field of conservation and restoration. Through interdisciplinary collaboration with specialists in digitization, modelling, and 3D printing, this work aimed not only to contribute to the preservation of the pieces under study but also to explore the potential of digital technologies in the field of conservation and restoration.

Keywords: ceramics; Bordalo Pinheiro Museum; 19th century; Caldas da Rainha faience factory; ceramic glazes; digital technologies; conservation and restoration; 3D printing



# ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>24</b>
1.1	Caracterização de vidrados cerâmicos do século XIX na Europa .....	24
1.1.1	Vidrado branco .....	25
1.1.2	Azul .....	26
1.1.3	Amarelo.....	26
1.1.4	Púrpura (Manganês) .....	26
1.1.5	Verde .....	27
1.1.6	Laranja.....	27
1.1.7	Cinzento .....	27
1.2	Enquadramento histórico.....	28
1.2.1	A Fábrica de Faianças das Caldas da Rainha.....	28
1.2.2	O artista Rafael Bordalo Pinheiro .....	29
1.2.3	As técnicas de produção da Fábrica.....	30
1.3	Objetivos.....	33
<b>2</b>	<b>INTERVENÇÃO DE CONSERVAÇÃO E RESTAURO</b> .....	<b>34</b>
2.1	Casos de estudo.....	34
2.1.1	Descrição.....	36
2.1.2	Diagnóstico .....	39
2.2	Intervenção.....	44

2.2.1	Limpeza superficial inicial .....	44
2.2.2	Consolidação .....	44
2.2.3	Remoção de intervenções anteriores.....	44
2.2.4	Preenchimento de lacunas.....	45
2.2.5	União de fragmentos.....	63
2.2.6	Reintegração cromática.....	63
2.2.7	Acabamento.....	70
2.2.8	Acondicionamento de transporte.....	71
<b>3</b>	<b>MÉTODO TRADICIONAL VS USO DE RECURSOS TECNOLÓGICOS ASSOCIADOS.....</b>	<b>72</b>
3.1	Vantagens e desvantagens do método tradicional.....	72
3.2	Vantagens e desvantagens do uso de recursos tecnológicos associados à intervenção 72	
3.2.1	Fragmento em PLA <i>vs.</i> em argila .....	73
3.3	Comparação dos métodos.....	74
<b>4</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO MATERIAL DOS CASOS DE ESTUDO.....</b>	<b>79</b>
4.1	Micro-fluorescência de raios X dispersiva de energias ( $\mu$ -EDXRF).....	79
4.1.1	Corpo cerâmico .....	79
4.1.2	Vidrados - MRBP.CER.0499 e MRBP.CER.0904 .....	80
4.1.3	Vidrado - MRBP.CER.0289.....	81
4.2	Micro-espectroscopia de Raman.....	83
4.2.1	Vidrados - MRBP.CER.0499 e MRBP.CER.0904 .....	83
4.2.2	Vidrados - MRBP.CER.0289 .....	84
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>86</b>
5.1	Perspetivas futuras .....	87
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>89</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - A Fábrica de Faianças das Caldas da Rainha, em 1887 ©Restos de coleção .....	28
Figura 1.2 - Rafael Bordalo Pinheiro ©Museu Bordalo Pinheiro, Lisboa .....	29
Figura 1.3 - Aplicação de vidrados por imersão ©Bibliotheca de instrucção profissional .....	32
Figura 2.1 - Exemplos de madres, usados na fábrica © Trust in News .....	35
Figura 2.2 - Materiais usados na limpeza.....	44
Figura 2.3 - Aplicação do silicone na orelha da peça MRBP.CER.0904 .....	46
Figura 2.4 - Colocação do gesso no molde .....	46
Figura 2.5 - Reajustes feitos no gesso, utilizando uma grosa .....	46
Figura 2.6 - Aplicação do silicone líquido na peça MRBP.CER.0904 .....	47
Figura 2.7 - Orelha após a secagem do silicone líquido.....	47
Figura 2.8 - Momento da digitalização da peça MRBP.CER.0904 .....	48
Figura 2.9 - Digitalização da linha de fratura MRBP.CER.0499.....	48
Figura 2.10 - Imagem obtida após a digitalização .....	48
Figura 2.11 - Modelação 3D.....	49
Figura 2.12 - Momento da digitalização do fragmento em PLA.....	49
Figura 2.13 - Fragmento impresso em PLA com o suporte .....	49
Figura 2.14 - Ajustes feitos no fragmento impresso .....	50
Figura 2.15 - Colocação da massa acrílica Aguaplast Cima® .....	50
Figura 2.16 - Preparação prévia do grés.....	51
Figura 2.17 - Separação da orelha em duas partes no programa.....	52
Figura 2.18 - Momento da impressão de um dos fragmentos obtidos.....	52
Figura 2.19 - Parte de baixo de um dos elementos impressos.....	52
Figura 2.20 - Resultado de uma das orelhas após o nivelamento.....	53
Figura 2.21 - Processo de união das duas partes dos elementos impressos.....	53

Figura 2.22 - Reajustes feitos nas orelhas .....	54
Figura 2.23 - Resultados dos fragmentos antes da cozedura .....	55
Figura 2.24 - Resultados dos fragmentos após a cozedura.....	56
Figura 2.25 - Lacuna da cabeça com o molde de cera.....	57
Figura 2.26 - Aplicação do gesso no molde.....	57
Figura 2.27 - Lacuna da cabeça preenchida .....	58
Figura 2.28 - Molde de silicone feito na peça MRBP.CER. 0499 .....	58
Figura 2.29 - Aplicação do gesso no molde.....	58
Figura 2.30 - Uso do nível no processo de nivelamento .....	59
Figura 2.31 - Aplicação das fibras de vidro no gesso .....	59
Figura 2.32 - Resultado do preenchimento da lacuna da base.....	60
Figura 2.33 - Folha prensada na massa epóxidica.....	61
Figura 2.34 - Colocação das folhas recriadas na peça.....	61
Figura 2.35 - Aplicação da massa misturada com água.....	62
Figura 2.36 . União das folhas cortadas.....	62
Figura 2.37 - Resultado do preenchimento de lacunas (lado A).....	62
Figura 2.38 - Resultado do preenchimento de lacunas (lado B).....	63
Figura 2.39 - Resultado da orelha de gesso.....	64
Figura 2.40 - Orelha de gesso após a reintegração cromática .....	64
Figura 2.41 - Orelha de PLA após a reintegração cromática .....	64
Figura 2.42 - Resultado da orelha de PLA .....	65
Figura 2.43 - Resultado da orelha de barro vidrada pela Fábrica.....	66
Figura 2.44 - Orelha de barro vidrada na Fábrica BP depois da cozedura.....	66
Figura 2.46 - Orelha de barro depois da cozedura.....	66
Figura 2.45 - Orelha de barro antes da cozedura .....	66
Figura 2.47 - Resultado da orelha de barro vidrada em atelier privado.....	67
Figura 2.48 - Resultado da peça MRBP.CER.0904 (frente).....	68
Figura 2.49 - Resultado da peça MRBP.CER.0904 (traseira).....	68
Figura 2.50 - Realização das nervuras .....	69
Figura 2.51 - Resultado da peça MRBP.CER.0289 (lado A) .....	70
Figura 2.52 - Resultado da peça MRBP.CER.0289 (lado B).....	70
Figura 2.53 - Acondicionamento de transporte da peça MRBP.CER.0289 .....	71
Figura 3.1 - Resultado da intervenção da peça MRBP.CER.0499 .....	78

Figura 4.1 – Espetro de XRF dos barros das 3 peças.....	80
Figura 4.2 . Espetro de XRF dos vidrados da peça MRBP.CER.0904 .....	81
Figura 4.3 - Espetro de XRF dos vidrados das folhas de floreira da peça MRBP.CER.0289 ....	82
Figura 4.4 - Espetro de XRF da lagarta da peça MRBP.CER.0289 .....	82
Figura 4.5 - Espetro de XRF dos vidrados base da peça MRBP.CER.0289 .....	83
Figura 4.6 - Espetro de raman da cassiterite (R040017 - RRUFF®) .....	84
Figura 4.7 - Espetro de raman dos óxidos de ferro (R040024 e R060191 - RRUFF®).....	84
Figura 4.8 - Espetro de raman do quartzo (R040031 - RRUFF®).....	84
Figura 4.9 - Espetro de raman dos óxidos de ferro (R040024 e R060191 - RRUFF®).....	85
Figura 4.10 - Espetro de raman da sanidine (X050140- RRUFF®).....	85
Figura A.6.1 - Mapeamentos MRBP.CER.0499.....	94
Figura A.6.2 - Mapeamentos MRBP.CER.0904.....	95
Figura A.6.3 - Mapeamentos MRBP.CER.0499.....	95
Figura A.6.4 - Fotografias antes da intervenção MRBP.CER.0499.....	96
Figura A.6.5 - Fotografias laterais antes da intervenção MRBP.CER.0499.....	96
Figura A.6.6 - Fotografias antes da intervenção MRBP.CER.0904.....	97
Figura A.6.7 - Fotografias laterais antes da intervenção MRBP.CER.0904.....	97
Figura A.6.8 - Fotografias antes da intervenção MRBP.CER.0289.....	97
Figura A.6.9 - Fotografias frontais antes da intervenção MRBP.CER.0499 .....	97
Figura A.6.10 – Cotonete de algodão usado na limpeza.....	98
Figura A.6.11 - Testes de solubilidade feitos no adesivo .....	98
Figura A.6.12 - Testes de comparação de diferentes gessos .....	98
Figura A.6.13 - Testes de folhas de figueira.....	98
Figura A.6.14 - Mistura de água com gesso para obter a pasta .....	99
Figura A.6.15 - Silicone .....	99
Figura A.6.16 - Aplicação do silicone .....	99
Figura A.6.17 - Reajustes feitos na orelha de gesso .....	99
Figura A.6.18 - Equipamento de digitalização .....	99
Figura A.6.19 - Ajustes feitos durante o momento da impressão em argila .....	100
Figura A.6.20 - Secagem dos fragmentos impressos em argila.....	100
Figura A.6.21 - Materiais usados para a união e nivelamento dos fragmentos em barro.....	100
Figura A.6.22 - Nivelamento de um fragmento .....	100
Figura A.6.23 – Provetes para testes de contração do barro.....	100

Figura A.6.24 - Provetes de teste após a cozedura.....	101
Figura A.6.25 - Fragmento de teste feito para calcular a contração do barro na cozedura...	101
Figura A.6.26 - Fonte de calor na cera rosa.....	101
Figura A.6.27 - Nivelamento do preenchimento da lacuna da cabeça com bisturi.....	101
Figura A.6.28 - Aplicação de Aguaplast Cima® na lacuna da base .....	101
Figura A.6.29 – Mistura dos dois componentes para obter Milliput® .....	101
Figura A.6.30 - Modelação do Milliput® .....	102
Figura A.6.31 - Testes de reintegração num dos testes das orelhas de gesso .....	102
Figura A.6.33 - Materiais usados na reintegração cromática dos preenchimentos em gesso	102
Figura A.6.34 - Aplicação do verniz sintético no fragmento em PLA.....	102
Figura A.6.35 - Aplicação dos vidrados pela ceramista Isabel Colher.....	102
Figura A.6.36 - Materiais usados na reintegração cromática da peça MRBP.CER.0289 .....	103
Figura A.6.37 - União do PLA com a peça MRBP.CER.0499 .....	103
Figura A.6.38 - Nivelamento da união com lixas.....	103
Figura A.6.39 - Recolha de uma das amostras da cabeça MRBP.CER.0499 .....	104
Figura A.6.40 - Colocação da resina epoxídica nas amostras.....	104
Figura A.6.41 - Amostras feitas para as análises de Raman .....	104
Figura A.6.42 - Polimento das amostras.....	104
Figura A.6.43 - Análises de XRF feitas na peça MRBP.CER.0289 .....	104
Figura A.6.44 - Amostras na lupa binocular.....	104
Figura A.6.45 - Amostra BP0904 03 vista na lupa binocular .....	105
Figura A.6.46 - Amostra BP0289 04 vista na lupa binocular .....	105
Figura A.6.47 – Antes e depois da limpeza da peça MRPB.CER.0499 (pormenor).....	106
Figura A.6.48 - Antes e depois da limpeza da peça MRPB.CER.0904 (pormenor) .....	106
Figura A.6.49 – Pormenor do antes e depois da limpeza da peça MRPB.CER.0289 .....	106
Figura A.6.50 - Comparação do antes e pós intervenção da peça MRBP.CER.0499 .....	107
Figura A.6.51 - Comparação do antes e pós intervenção da peça MRBP.CER.0904 .....	107
Figura A.6.52 - Comparação do antes e pós intervenção da peça MRBP.CER.0289 .....	<b>Erro!</b>

**Marcador não definido.**

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - peças estudadas e respetivos números de inventário .....	34
Tabela 2.2- Defeitos de fabrico da peça MRBP.CER.0499 .....	37
Tabela 2.3- Defeitos de fabrico da peça MRBP.CER.0904 .....	38
Tabela 2.4- Defeitos de fabrico da peça MRBP.CER.0289 .....	39
Tabela 2.5 - Estado de conservação das peças .....	40
Tabela 2.6 - Patologias apresentadas na peça MRBP.CER.0499 .....	40
Tabela 2.7 - Patologias apresentadas na peça MRBP.CER.0904 .....	41
Tabela 2.8 - Patologias apresentadas na peça MRBP.CER.0289 .....	43
Tabela 6.1 - Comparação de materiais usados nos preenchimentos de lacunas .....	109
Tabela 6.2 - Comparação das abordagens .....	11223



## SIGLAS E SÍMBOLOS

<b>XRF</b>	Espectrometria de fluorescência de Raios X
<b>PLA</b>	Ácido polilático
<b>FDM</b>	Fused deposition modeling
<b>ABS</b>	Acrilonitrila butadieno estireno
<b>PETG</b>	Polietileno tereftalato glicol
<b>TPU</b>	Poliuretano
<b>PB-72</b>	Resina acrílica Paraloid® B72
<b>MBP</b>	Museu Bordalo Pinheiro
<b>3D</b>	Três dimensões
<b>BP</b>	Bordallo Pinheiro
<b>NOVA FCT</b>	NOVA School of Sciences and Technology
<b>Pb</b>	Chumbo (elemento químico)
<b>K</b>	Potássio (elemento químico)
<b>Ca</b>	Cálcio (elemento químico)
<b>Fe</b>	Ferro (elemento químico)
<b>Ti</b>	Titânio (elemento químico)
<b>Zn</b>	Zinco (elemento químico)
<b>Cu</b>	Cobre (elemento químico)

<b>Co</b>	Cobalto (elemento químico)
<b>Mn</b>	Manganês (elemento químico)
<b>As</b>	Arsénio (elemento químico)
<b>Ni</b>	Níquel (elemento químico)
<b>B</b>	Boro (elemento químico)
<b>Sb</b>	Antimónio (elemento químico)
<b>Cr</b>	Crómio (elemento químico)
<b>Sn</b>	Estanho (elemento químico)
<b>SiO<sub>2</sub></b>	Dióxido de sílcio
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	Óxido de alumínio
<b>PbO</b>	Óxido de chumbo (III)
<b>CaO</b>	Óxido de cálcio
<b>B<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	Óxido de boro
<b>SnO<sub>2</sub></b>	Cassiterite
<b>CoAs<sub>3</sub></b>	Skutterudite
<b>(<math>\alpha</math>-Co<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>)</b>	Olivina
<b>CoO</b>	Óxido de cobalto (II)
<b>Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub></b>	Óxido de cobalto (II, III)
<b>SbO<sub>6</sub></b>	Óxido de antimónio
<b>Pb<sub>2</sub>Sb<sub>2</sub>O<sub>7</sub></b>	Amarelo de Nápoles
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	Hematite
<b>Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub></b>	Magnetite
<b>SiO<sub>2</sub></b>	Quartzo
<b><math>\alpha</math></b>	Alfa
<b><math>\beta</math></b>	Beta



## INTRODUÇÃO

A presente dissertação tem como principal objetivo o estudo, diagnóstico e intervenção de três peças cerâmicas do século XIX pertencentes ao Museu Bordalo Pinheiro — duas cabeças de porco (MBP.CER.0904 e MBP.CER.0499) e uma floreira (MBP.CER.0289). Este estudo procurou desenvolver uma abordagem mista, combinando metodologias tradicionais de conservação e restauro com ferramentas digitais inovadoras.

No âmbito da intervenção, duas das peças foram tratadas com metodologias habituais da prática da conservação e restauro, enquanto a terceira peça serviu como caso de estudo para a comparação entre métodos tradicionais e o uso de tecnologias digitais complementares, nomeadamente digitalização, modelação e impressão 3D em cerâmica. Esta experiência permitiu avaliar de forma crítica as vantagens e limitações do uso destas tecnologias, ainda pouco exploradas no campo da conservação cerâmica.

Paralelamente, a dissertação tem como objetivo a caracterização preliminar dos vidrados cerâmicos das peças em estudo, procurando compreender de que modo estes se enquadram na produção cerâmica europeia do século XIX. Esta análise permitirá, não só a contextualização das peças no seu tempo histórico-cultural, mas também contribuirá para o alargamento do conhecimento científico sobre a produção da Fábrica de Faianças das Caldas da Rainha e sobre a obra cerâmica de Rafael Bordalo Pinheiro.

### **1.1 Caracterização de vidrados cerâmicos do século XIX na Europa**

Esta dissertação iniciou-se com uma revisão de literatura sobre o estudo dos vidrados cerâmicos do século XIX na Europa, que contribuiu para a compreensão das técnicas de produção e escolha dos materiais deste século, assim como para a perceção das possíveis patologias presentes nas peças.

O século XIX destacou-se na história pelas alterações políticas, culturais e sociais, consequência dos eventos do final do século XVIII, a Revolução Industrial (1760-1840) e Revolução Francesa (1789-1799). Consequentemente, também o mundo artístico se tornou mais

complexo, com diversos movimentos, produzindo obras de arte diversas. Na Europa, também a produção cerâmica, nomeadamente os vidrados cerâmicos, revelam estas transformações e inovações [1].

No século XV desenvolveu-se, em Itália, uma técnica que permitia a aplicação direta da decoração pintada sobre um vidrado branco rico em chumbo (Pb) e opacificado com dióxido de estanho ( $\text{SnO}_2$ ), designado como “majólica” [2]. Começaram também a fazer combinações de óxidos metálicos para criar cor. Maior parte dos vidrados do século XIX apresentam estas técnicas de produção [3]. Os vidrados tiveram um papel essencial, tanto em termos estéticos, como técnicos, por terem facilitado a produção em massa. Para além disso, permitiram identificar as fábricas e datar as peças, embora os estudos da composição e métodos de fabrico sejam ainda muito escassos [4].

Os vidrados são compostos por formadores de rede vítrea (principalmente sílica), fundentes (óxidos metálicos) e estabilizadores (sobretudo óxido de alumínio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )) que, ao serem submetidos a altas temperaturas, formam uma superfície vítrea e impermeável [5].

Segundo a maioria da bibliografia, identificou-se o vidrado branco, como base, o azul, o amarelo, o roxo, o verde, o laranja e o cinzento, provenientes de óxidos metálicos (**anexo-tabela 1**) [6, 7, 8].

### 1.1.1 Vidrado branco

Segundo a literatura, o vidrado branco possui uma composição que consiste, maioritariamente, em dióxido de silício ( $\text{SiO}_2$ ), que dá transparência e estrutura, com óxido de alumínio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), pois aumenta a resistência mecânica e durabilidade do vidrado, e óxido de chumbo (II) ( $\text{PbO}$ ) (para além de dar brilho, viabiliza a fluidez durante a fusão e aplicação do vidrado) [4].

É identificada a presença de óxido de cálcio ( $\text{CaO}$ ) [7], [9], que reduz a temperatura de fusão dos materiais cerâmicos e cede uma maior estabilidade térmica e química ao vidrado, e óxido de boro ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ). Este, para além de ter a função de formador de rede, fundente e inibidor, diminuí o coeficiente de expansão térmica e a temperatura de fusão, melhorando a durabilidade química e mecânica e reduzindo a tensão superficial. É comum haver a adição de cobalto (Co), que serve como agente clareador ótico para melhorar a estética das peças, tornando-as mais brancas [6], [7], [8]. A recristalização ocorre sob a forma de cassiterite ( $\text{SnO}_2$ ) e costumam ser encontrados cristais de quartzo e feldspato potássio [6, 10, 11].

### 1.1.2 Azul

A cor azul é formada por cobalto (Co), em que a tonalidade mais ou menos intensa depende das concentrações usadas ou dos elementos químicos [4, 6, 12]. Na literatura identificou-se o elemento químico arsénio (As) e Níquel (Ni) nas zonas com tonalidades mais escuras de azul [13]. O ferro (Fe) permite, através da reflexão do teor do pigmento azul no vidro subjacente, a identificação do vidro branco [5, 6, 12, 14, 15]. A presença de óxido de níquel, por vezes, sugere que a fonte de óxido de cobalto pode ter sido o mineral skutterudite ( $\text{CoAs}_3$ ), uma fonte comum para o cobalto, que frequentemente contém níquel e ferro como impurezas [16]. Em zonas em que a concentração de pigmento é mais visível, é possível identificar o elemento cobalto (Co) na forma de olivina ( $\alpha\text{-Co}_2\text{SiO}_4$ ) [17, 18], ou de óxidos  $\text{CoO}$  e  $\text{Co}_3\text{O}_4$  [12].

### 1.1.3 Amarelo

O amarelo, na maioria, não se integra no vidro de chumbo e, por isso, é formada uma camada na superfície [13]. O pigmento é considerado como um desafio devido à interação do vidro com o pigmento, onde a composição química e a reação do mesmo com o vidro são fatores que podem afetar os resultados da tonalidade [19].

Segundo a literatura, existem receitas em que era evidente a presença de ferro (Fe) ou de elementos de antimónio (Sb) e chumbo (Pb). A presença, em simultâneo, de antimónio (Sb) e chumbo (Pb) era algo muito comum na formação da cor amarelo de Nápoles ( $\text{Pb}_2\text{Sb}_2\text{O}_7$ ). Verificava-se também a adição de zinco (Zn) e estanho (Sn), muito comum nas receitas dos séculos XVI e XVII e tinham como objetivo dar diferentes tonalidades à cor [5, 12].

### 1.1.4 Púrpura (Manganês)

A cor púrpura é, de um modo geral, identificada com o elemento manganês (Mn), que pode proporcionar diversos tons que variam entre a púrpura e castanho, estando dependente de fatores externos como a concentração, as condições de cozedura e o tipo de vidro. Segundo a literatura, é possível observar também ferro (Fe) e bário (Ba), que se encontram associados à matéria-prima utilizada para obter o próprio pigmento [10, 18]. Contudo, o ferro (Fe) pode também aparecer com o objetivo de controlar o alastramento do manganês e dar uma tonalidade mais escura aos contornos [5, 6, 12].

### **1.1.5 Verde**

A tonalidade verde é obtida pela utilização de óxidos de cobre que, ao serem combinados com o vidrado, conferem cores verdes intensas e variadas. Segundo a literatura, esta cor pode surgir também da mistura do pigmento amarelo com azul [12]. O crómio (Cr) é outro elemento identificado nesta cor, dando estabilidade térmica e química. Há também a presença de zinco (Zn), que pretende obter uma ligeira opacificação da cor ou associado à matéria-prima usada [5], e alumínio (Al), que permite a obtenção da cor final verde. A estabilidade do pigmento é influenciada pela quantidade de óxido de alumínio ( $Al_2O_3$ ) [20, 21].

### **1.1.6 Laranja**

O laranja é obtido através de uma mistura de diversos pigmentos, em que são usados elementos como o chumbo (Pb), estanho (Sn), ferro (Fe) e antimónio (Sb) [12]. A simultânea presença de elementos tratava-se, possivelmente, de um pigmento previamente sintetizado [10]. Segundo a literatura, esta tonalidade podia também ser obtida usando uma mistura de diferentes amarelos. Contudo, na maior parte dos casos, a cor laranja resulta da mistura do pigmento amarelo com óxido de ferro sob a forma de hematite ( $Fe_2O_3$ ) [5, 12].

### **1.1.7 Cinzento**

Na composição desta cor identifica-se uma mistura do pigmento amarelo (derivado do amarelo de Nápoles) com os pigmentos púrpura de manganês e azul de cobalto [12]. O cinzento é, geralmente, obtido pela calcinação desta mistura de óxidos, que permite formar espinelas (mineral que se apresenta em várias cores)[6]. Verificaram-se também vibrações associadas ao óxido de antimónio e à interação deste com os elementos Pb e Sn [8].

## 1.2 Enquadramento histórico

Na presente dissertação foi necessário fazer uma pesquisa detalhada do enquadramento histórico das peças, obtendo conhecimentos sobre a Fábrica das Caldas da Rainha, o artista Rafael Bordalo Pinheiro e o estudo das técnicas da produção da Fábrica.

### 1.2.1 A Fábrica de Faianças das Caldas da Rainha

A Fábrica de Faianças das Caldas da Rainha (**figura 1.1**) foi fundada em 1884 por Rafael Bordalo Pinheiro, com o apoio do seu irmão Feliciano Bordalo Pinheiro. Esta fábrica é um ponto fulcral na história da cerâmica artística em Portugal, pela sua tradição cerâmica devido à qualidade das argilas locais [22]. A criação da fábrica tinha o objetivo de recuperar a tradição cerâmica da região e criar um espaço de experimentação artística e técnica. Neste contexto procurava-se articular elementos da cultura popular com propostas de inovação estética, conferindo à cerâmica um novo valor artístico. A maior parte das produções incluía representações naturalistas, personagens do quotidiano e composições simbólicas. A criação da fábrica inseriu-se num contexto de crescente valorização social e cultural em Portugal, em que artistas, como Rafael Bordalo Pinheiro, utilizavam a arte como ferramenta de identidade portuguesa e crítica social [23].

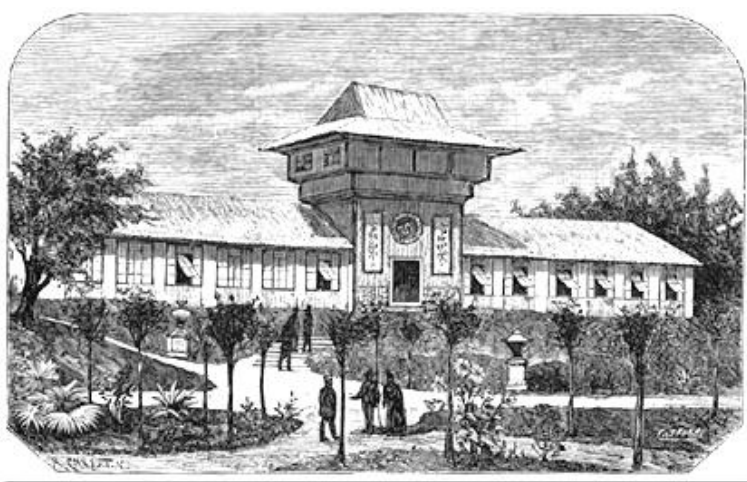


Figura 1.1 - A Fábrica de Faianças das Caldas da Rainha, em 1887  
©Restos de coleção

A fábrica era composta por uma sociedade anónima, com uma estrutura empresarial inovadora, que refletia uma abordagem progressista à administração industrial [23].

Em termos técnicos e infraestruturais, a fábrica representava uma modernização significativa, fruto das viagens dos irmãos Bordalo à Europa, que permitiram introduzir maquinaria moderna, fornos a vapor e setores especializados. Essa modernização refletiu-se também na evolução das próprias técnicas de produção, no período de Rafael Bordalo Pinheiro, que se podem dividir em três fases: a primeira (1885–1889), marcada pelo naturalismo decorativo em relevo; a segunda (1889–1899), dedicada a peças monumentais de elevada complexidade técnica; e a terceira (1899–1905), em que predominam figuras populares com forte carácter

expressivo e satírico [23, 24]. Esta fase corresponde à afirmação de uma linguagem cerâmica própria, em que o humor e a crítica se tornaram elementos centrais. A produção deste período inclui peças como jarros em forma de animais, pratos decorados com motivos vegetais e figuras tridimensionais de carácter satírico, que rompem os cânones decorativos convencionais e afirmam a cerâmica como um meio de expressão artística.

Apesar do valor artístico e técnico, a fábrica começou a enfrentar diversos problemas financeiros e, em 1891, chegou a suspender temporariamente as suas atividades. Esta suspensão ilustra os constrangimentos internos e a fragilidade do setor cerâmico nacional durante esse período. Contudo, Rafael Bordalo Pinheiro manteve a sua resiliência e dedicação e continuou ativamente a produzir peças durante os anos de instabilidade [23, 24].

Atualmente, a Fábrica continua com a sua produção cerâmica, com a designação Fábrica de Faianças Artísticas Bordallo Pinheiro, integrada no Grupo Visabeira, promovendo a divulgação do património artístico de Rafael Bordalo Pinheiro [22, 25, 26].

Em suma, a Fábrica de Faianças das Caldas da Rainha foi um espaço de formação técnica, de produção de peças inovadoras, que marcou a história cultural e industrial de Portugal.

## 1.2.2 O artista Rafael Bordalo Pinheiro

Rafael Bordalo Pinheiro (1846–1905) (**figura 1.2**) foi uma das figuras mais versáteis e marcantes da cultura portuguesa do século XIX, distinguindo-se como caricaturista, ceramista, desenhador, decorador e jornalista, com uma produção profundamente crítica e socialmente comprometida [22, 27].

Este artista nasceu em Portugal e cresceu num ambiente artístico, influenciado pelo seu pai, o pintor Manuel Bordalo Pinheiro, e pelo seu irmão, o pintor Columbano Bordalo Pinheiro. Esta influência familiar revelou-se, desde cedo, no seu talento para o desenho e na observação social através da imagem. Quando era jovem, Bordalo demonstrou uma grande aptidão para o desenho e frequentou a Academia de Belas-Artes de Lisboa, embora não tenha concluído o curso.

A sua formação artística, porém, desenvolveu-se de forma autodidata, através do contacto com publicações estrangeiras e experiências adquiridas nas suas viagens por França e Inglaterra, onde teve contacto direto com as novas correntes artísticas europeias [28].



Figura 1.2 - Rafael Bordalo Pinheiro  
©Museu Bordalo Pinheiro, Lisboa

Rafael Bordalo Pinheiro viveu numa época em que Portugal sofria uma grande instabilidade política, desigualdade social e reformas inacabadas, tendo desenvolvido, assim, uma postura interventiva, dando voz a uma crítica relativa ao Estado liberal [22]. Começou por se destacar como caricaturista, em que a orientação crítica era a sua principal ferramenta inspiradora.

Com a fundação da Fábrica de Faianças das Caldas da Rainha, Rafael Bordalo Pinheiro renovou a cerâmica nacional, aliando a tradição popular e a modernização técnica [22, 23]. A produção cerâmica deste artista alcançou um grande reconhecimento nacional e internacional, tendo sido notável a sua participação na Exposição Universal de Paris em 1889. Nesta exposição foi premiado com medalhas de ouro e prata, contribuindo para o prestígio das faianças das Caldas da Rainha [24].

O seu legado artístico continuou com o seu filho, Manuel Bordalo Pinheiro, que fundou, em 1908, a Fábrica de Faianças Bordalo Pinheiro, assegurando a renovação da produção do seu pai [28]. A importância cultural de Rafael Bordalo Pinheiro reflete-se também na criação do Museu Bordalo Pinheiro, fundado em 1916 em Lisboa, que é dedicado ao estudo do património gráfico e cerâmico deste artista [29].

As suas obras continuam, atualmente, a ser fonte de inspiração para artistas contemporâneos, evidenciando a durabilidade estética e simbólica da sua produção.

### **1.2.3 As técnicas de produção da Fábrica**

Na época em que a Fábrica de Faianças das Caldas da Rainha era dirigida por Rafael Bordalo Pinheiro, produziam-se três tipos de cerâmica: construção, faiança fina e faiança artística. A cerâmica de construção produzia materiais como: tijolos refratários, tijolos burros, azulejos e telhas vidradas, com as tradicionais cores de amarelo - mel, verde - Caldas e castanho de manganês. A faiança fina define peças de pasta dura branca com vidrado plumbífero<sup>1</sup>. Já a faiança artística designa peças de pasta macia, tendencialmente branca, coberta por vidrados plumbíferos com a adição de óxidos metálicos para lhe conferir a cor desejada [30].

As faianças artísticas desenvolvidas na fábrica podem ser divididas em três fases de produção, que refletem uma evolução técnica e uma ampliação significativa das abordagens estéticas adotadas [22]. A primeira fase (1885-1889), inspirada pelo naturalismo, produzia peças como pratos e cântaros. As peças eram produzidas com formas de animais e elementos florais, recorrendo ao uso de moldes detalhados e à decoração com relevo, com vidrados

---

<sup>1</sup> Vidrado transparente com uma grande percentagem de óxido de chumbo [54]

policromados [22, 23]. Nesta fase é evidente a influência do ceramista francês Bernard Palissy<sup>2</sup>. A segunda fase (1889 - 1899) caracteriza-se pela produção de peças de maiores dimensões, que enfrentavam desafios técnicos no processo de modelação, cozedura e vidragem. Estas obras monumentais exigiam um grande domínio das técnicas de cozedura e das aplicações dos vidrados, permitindo a criação de soluções inovadoras para o manuseamento e transporte, devido à escala e fragilidade das peças [22]. A terceira fase (1899-1905), relacionada com a criação de louça decorativa não utilitária e esculturas cerâmicas tridimensionais, produzia peças muito expressivas e detalhadas que abordavam conteúdos sociais. Esta fase revela a faceta mais satírica e crítica do artista [22].

A fábrica utilizava diferentes tipos de argilas: barros vermelhos (das Caldas da Rainha), barros pretos (das Caldas da Rainha e Óbidos), barros brancos (de Leiria e Torres Novas) e misturas de barro, como o barro “suécio” (mistura de barro branco, vermelho, areia e pó de pedra) [30, 31].

No processo de modelação, em que se usavam pastas com boa plasticidade e resistência mecânica, usava-se, maioritariamente, o barro “suécio”. O modelador, estudante da escola profissional existente na fábrica, produzia as peças através do desenho feito pelo artista, mas, muitas vezes, sobretudo em peças de grandes dimensões, adaptava a peça à sua técnica pessoal. Já na modelagem eram usados três diferentes moldes: moldes de imprimir (para peças ornamentais de pequenas dimensões, com molde e contramolde), moldes de encher a dedo (usados para peças com figuras de animais ou bustos, compostos por taceiros de gesso<sup>3</sup>) e moldes de encher à lastra (para pratos e travessas de grandes dimensões, enchidos manualmente) [30].

Rafael Bordalo Pinheiro trouxe à tradição caldense uma grande inovação estética e técnica, que integrava temas de fauna, flora e objetos do quotidiano em peças que retratavam cenas naturais. A ornamentação das faianças artísticas refletia a criatividade dos formistas<sup>4</sup> e a combinação de diversas técnicas. As técnicas decorativas incluíam: musgado (fios de barro a imitar o musgo); areado (grão de barro para imitar solos); lambujado (relevos de barro a representar ondas); verguinha, empalhamento e encanastrado (tranças de fios ou bandas de

---

<sup>2</sup> Importante artesão e cientista do século XVI, conhecido pelo seu trabalho na área da cerâmica. Bernard Palissy (1510-1589) foi um grande protestante da época do confessionalismo, tendo passado pela prisão e pela perseguição religiosa. Ficou bastante conhecido pelos seus vidrados inovadores e pelos segredos das suas receitas. As suas obras de arte misturavam a arte com a ciência, refletindo uma personalidade complexa que integrou, tanto o mundo artístico, como o científico. Este artista marcou a história da cerâmica e da ciência dos materiais [55].

<sup>3</sup> Moldes feitos em gesso usados na cerâmica para reproduzir formas e detalhes em peças de barro [28]

<sup>4</sup> Pessoas que trabalham com a criação ou composição de formas e moldes

barro com diferentes funções decorativas); encordado (cordões de barro a imitar assas e nós); e embutidos (incrustações de barro para dar efeitos de cor refinados) [30].

Na época do artista, era muito utilizado o vidrado plumbífero, produzido na própria fábrica, que se obtinha pelo uso de chumbo reciclado (~70%) com areia (~30%). Posteriormente, eram adicionados os óxidos metálicos: ferro (produzia um amarelo – mel), cobre (obtinha o verde das Caldas), manganês (produzia o castanho) e o cobalto (fazia o azul). Muitas vezes, eram feitas combinações de óxidos para obter tons irisados e claros, em que se adicionava estanho. A aplicação dos vidrados era feita manualmente “a olho”, em que as cores finais dependiam da prática do vidrador e da temperatura do forno [30].

Nas faianças artísticas recorria-se também a técnicas decorativas específicas, como os escorridos (a peça era inicialmente vidrada por imersão) (**figura 1.3**). Posteriormente, eram aplicados vidrados coloridos em manchas ou gotas, que escorriam pela superfície, gerando combinações cromáticas e efeitos visuais imprevisíveis. Outra técnica utilizada eram os disfarces, em que uma camada de vidrado pastoso servia como base, sobre a qual se aplicava a cor final a pincel, permitindo criar efeitos de maturação e texturas suaves [28].

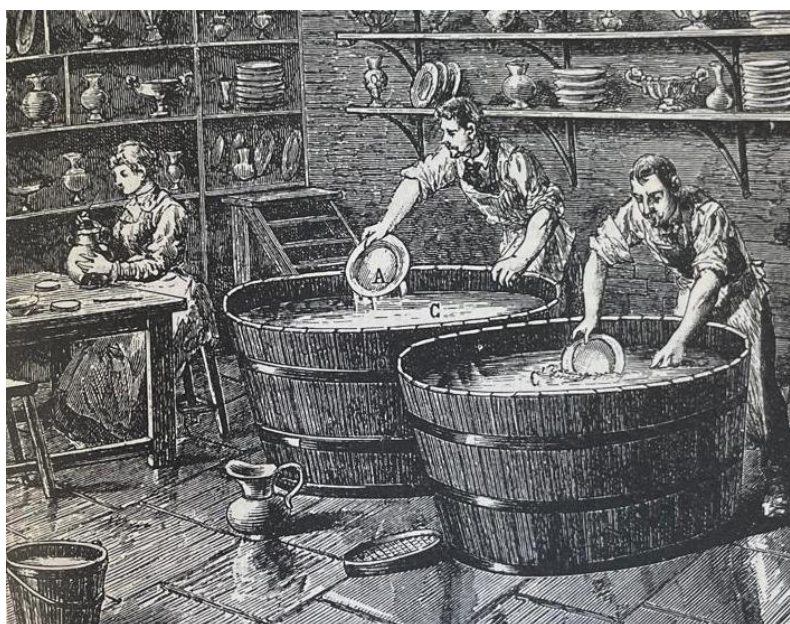


Figura 1.3 - Aplicação de vidrados por imersão ©Bibliotheca de instrução profissional

Em todas as fases mencionadas, as técnicas, como a modelação manual, o uso de moldes e a aplicação de vidrados, permaneceram constantes, adaptando-se aos diferentes contextos e objetivos estéticos [24]. Rafael Bordalo Pinheiro aumentou a riqueza da tradição cerâmica das Caldas da Rainha, introduzindo uma perspetiva inovadora que mistura a arte e a indústria [23].

## 1.3 Objetivos

Os objetivos principais desta dissertação são:




- Estudar e intervencionar três peças cerâmicas do século XIX do Museu Bordalo Pinheiro.
- Compreender as vantagens e limitações das metodologias tradicionais de conservação e restauro aplicadas à cerâmica.
- Avaliar o potencial das tecnologias digitais (digitalização, modelação e impressão 3D) na conservação e restauro.
- Comparar criticamente métodos tradicionais e digitais no preenchimento de lacunas.
- Caracterizar os vidrados cerâmicos das peças em estudo, relacionando-os com produções europeias do século XIX.
- Compreender as técnicas de produção da Fábrica de Faianças das Caldas da Rainha.

# INTERVENÇÃO DE CONSERVAÇÃO E RESTAURO

## 2.1 Casos de estudo

Este estudo incide em três peças de cerâmica artística do século XIX, produzidas por Rafael Bordalo Pinheiro, duas cabeças de porco (MRBP.CER.0499 e MRBP.CER.0904) e uma floreira (MRBP.CER.0289), pertencentes ao Museu Bordalo Pinheiro.

Tabela 2.1 - peças estudadas e respetivos números de inventário

Nº de inventário	Fotografia
MRBP.CER.0499	
MRBP.CER.0904	
MRBP.CER.0289	

As três peças, do tipo faiança artística, inserem-se na segunda fase de produção (1889-1899), apresentam um grande domínio técnico na modelação e cozedura, têm vidrados policromados brilhantes, com muitos detalhes anatómicos e são objetos de carácter decorativo [30].

Estas peças foram produzidas em barro vermelho, proveniente das Caldas da Rainha, cozido a temperaturas elevadas (cerca de 900 °C). Contudo, os elementos decorativos presentes na floreia (MRBP.CER.0289) foram, possivelmente, produzidos com barro “suécio”, por ser um barro com boa plasticidade e resistência mecânica, muito usado no processo de modelação [30].

A produção das peças envolvia três etapas: modelação, cozedura e vidragem. As peças MRBP.CER.0499 e MRBP.CER.0904 apresentam muitas semelhanças e detalhes pormenorizados e, por isso, podem ter sido produzidas através de madres (moldes - mãe) (**figura 2.1**). Possivelmente foram produzidas, usando uma madre base, com o focinho, olhos e boca, e, posteriormente, foram criadas as orelhas usando uma madre diferente. De seguida procedeu-se à junção dos elementos produzidos nos diferentes moldes. Os interiores das cabeças foram retocados com barro vermelho para tornar as peças mais resistentes nas linhas de união. Os moldes usados eram, possivelmente, moldes de “encher a dedo”. Já para a peça MRBP.CER.0289, esta deve ter sido produzida com uma madre para a base, também em molde de “encher a dedo”. Mas, no caso dos elementos decorativos, com formas muito diferentes, foram possivelmente usados diversos moldes de imprimir, visto que são elementos ornamentais de pequenas dimensões (um para os figos, outro para as folhas, outro para as lagartas e outro para os ramos). No final, para além de se ter juntado os elementos decorativos todos, estes foram unidos à base da peça, usando o barro vermelho para realizar essas uniões [22, 29].



Figura 2.1 - Exemplos de madres, usados na fábrica © Trust in News

O passo seguinte foi a cozedura inicial que, devido à dimensão significativa dos objetos, deve ter sido um desafio, pois houve inevitavelmente uma contração significativa do barro, que levou ao aparecimento de diversos defeitos de fabrico, visíveis nos objetos.

Em relação aos vidrados das peças, assim como era típico da época de Rafael Bordalo Pinheiro, o vidrado base era um vidrado plumbífero, composto por chumbo e areia, aplicado pelo processo de imersão, mergulhando a peça. Posteriormente, foram adicionados óxidos de cobre e manganês, no caso das cabeças de porco, e óxidos de cobre, manganês, ferro e cobalto, no caso da floreira. Nestes vidrados policromados foram feitas as combinações dos óxidos com a adição de estanho, com o objetivo de obter tons irisados. Estes segundos vidrados eram pintados manualmente pelo pintor, aplicados de cima para baixo [30]. Este processo de vidragem foi aparentemente realizado de uma forma cuidadosa, pois não são observados escorridos irregulares. De seguida, as peças foram sujeitas a uma segunda cozedura. Estes processos de fabrico permitiam uma produção semi-industrial, visto que é um processo mais rápido do que o método artesanal e possibilita a criação de várias peças idênticas [22, 29].

## 2.1.1 Descrição

### 2.1.1.1 MRBP.CER.0499 e MRBP.CER.0904

As peças MRBP.CER.0499 (**anexos A.6.4 e A.6.5**) e MRBP.CER.0904 (**anexos A.6.6 e A.6.7**) representam uma cabeça de porco com, aproximadamente, 24,8 x 19,5 x 34 cm e 27 x 19 x 34,3 cm, respetivamente. São objetos decorativos de suspensão, vidrados em tons de castanhos e verdes, compostos possivelmente por óxidos de manganês e cobre. Cada cabeça tem um focinho alongado (com 12,3 cm de comprimento), uma boca (com cerca de 12 cm), duas orelhas, dois olhos e duas saliências de pequenas dimensões em cada lado das cabeças. Os focinhos têm dois buracos de pequenas dimensões com o objetivo de representar o nariz dos animais e duas bocas compostas por 15 dentes cada. Os dentes são compostos por vidrado branco e, em certos locais, encontra-se misturado com vidrado vermelho, possivelmente óxido de ferro, aplicado de forma intencional. Contudo, em alguns dentes observa-se a presença de vidrado verde-acastanhado, provavelmente por contaminação, devido ao escorrimento do vidrado base. Cada cabeça contém dois olhos compostos por vidrados brancos e com um círculo preto no interior. Na parte posterior das peças existem duas perfurações que serviam para suportar a peça quando aplicada na parede. A base de cada cabeça tem dois elementos lisos, idênticos a dois retângulos, que reforçam a estrutura do objeto para suportar a peça, visto que são estes que estão verticalmente em contacto com a superfície/ parede.

No vidrado são observadas iridescências ao longo de toda a superfície das peças, uma característica dos próprios vidrados.

Tabela 2.2- Defeitos de fabrico da peça MRBP.CER.0499 [32]



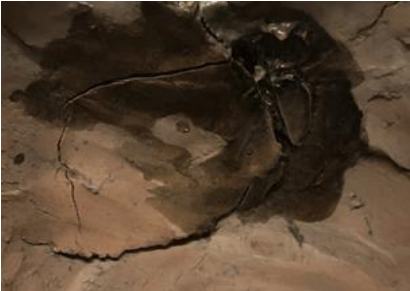


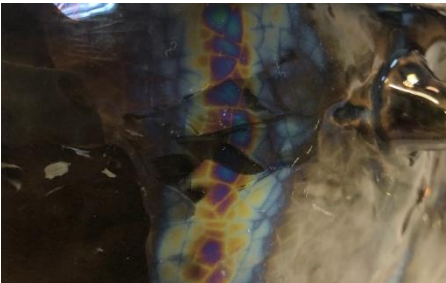
Defeito de fabrico	Imagem de pormenor
Relevo do próprio barro endurecido após cozedura	
Picado múltiplo no vidrado	
Escorrências de vidrado cerâmico no interior da cabeça	
Fissura estrutural	

Tabela 2.3- Defeitos de fabrico da peça MRBP.CER.0904 [32]

Defeito de fabrico	Imagem de pormenor
Relevo do próprio barro endurecido após cozedura	
Início do processo de Craquelê na superfície vidrada	

### 2.1.1.2 MRBP.CER.0289

A terceira peça tem, aproximadamente, 42,3 x 18,3 x 17cm (**anexos A.6.8 e A.6.9**). É uma floreira, também designada por vaso ou taça, com uma função decorativa. Este objeto tem uma forma elíptica, em que as zonas laterais se encontram dobradas para o interior da peça. A peça é vidrada com tons vermelhos/ púrpuras, provavelmente composta por óxidos de ferro/ manganês. Decorada com folhas com diferentes tamanhos e ramos de figueira de tons castanhos e verdes (tons naturalistas), e figos, de tonalidade verde com escorridos castanhos. Algumas folhas têm um tom mais verde-claro e quase não apresentam a tonalidade castanha, e outras têm, nas pontas, uma possível acumulação de vidrado que tem tons mais acastanhados. Em cada um dos lados, existe uma figura de forma irregular que se assemelha a um animal, possivelmente uma lagarta, vidrada com uma mistura de tonalidades castanhas claras e cinzentas. A presença das lagartas pode remeter para a doença da figueira, que causa problemas estéticos e de crescimento. Na base da peça observa-se vidrado escorrido partido, uma consequência do processo de cozedura que ocorre por excesso de tempo no período de maturação (período em que o forno mantém uma temperatura constante) [33].

No vidrado são observadas iridescências ao longo de toda a superfície da peça.

Tabela 2.4- Defeitos de fabrico da peça MRBP.CER.0289 [32]

Defeito de fabrico	Imagem de pormenor
Marcas de material de enforna – trempes	
Relevo do próprio barro endurecido após cozedura	
Craquelê em processo avançado com sujidade impregnada nas fissuras	

### 2.1.2 Diagnóstico

Foi realizada uma tabela que apresenta os fenómenos de degradação em 4 graus de prioridade, para avaliar o estado de conservação de cada peça:

- Grau 0 (bom estado): Não apresenta quaisquer danos e não requer nenhuma necessidade de intervenção;
- Grau 1 (razoável): Não apresenta danos estruturais, mas tem patologias de pequenas dimensões que comprometem a leitura e a estética da peça. Requer uma monitorização periódica.

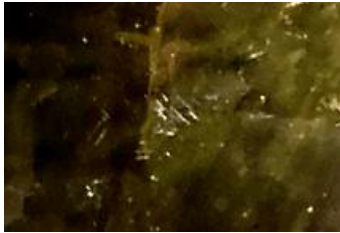
- Grau 2 (grave): Apresenta danos estruturais e existem perdas de informação devido a patologias de maior dimensão. Requer monitorização periódica e intervenção.
- Grau 3 (muito grave): Apresenta risco de perda total da leitura e informação do objeto, causada por patologias como destacamento superficial e/ou contaminação ativa de sais ou fungos. Requer monitorização diária e urgência de intervenção.



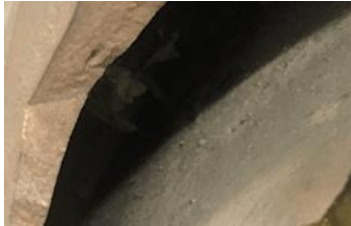
Tabela 2.5 - Estado de conservação das peças

Peça	Grau	Observações
MRBP.CER.0499	2	A lacuna da orelha afeta muito a leitura da peça, mas as restantes patologias não são graves
MRBP.CER.0904	2	As patologias presentes afetam a estabilidade da peça (a lacuna na base cria problemas de estabilidade estrutural)
MRBP.CER.0289	2	As lacunas da decoração comprometem a leitura da peça e o seu sentido estético

### 2.1.2.1 MRBP.CER.0499


Tabela 2.6 - Patologias apresentadas na peça MRBP.CER.0499 (anexo A.6.1)


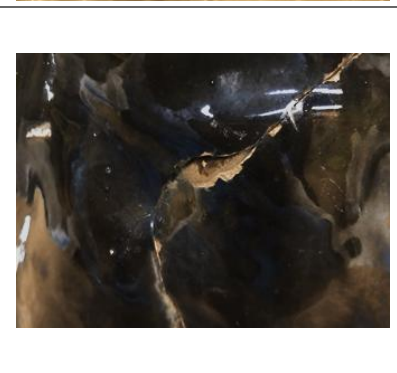
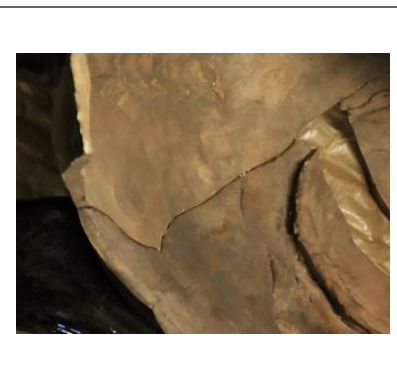
Patologia	Descrição	Imagem de pormenor
Abrasão	Observa-se alguma abrasão possivelmente por causa do incorreto manuseamento e/ ou acondicionamento	


Lacuna	A peça apresenta uma lacuna de grandes dimensões na orelha da figura	
Falhas de vidrado na aresta da fratura	Provocadas, possivelmente, pelo impacto que provocou a lacuna da orelha	
Sujidades	Depósitos superficiais de matérias estranhas como pó e gorduras ligeiras no corpo cerâmico	

### 2.1.2.2 MRBP.CER.0904

Tabela 2.7 - Patologias apresentadas na peça MRBP.CER.0904 (anexo A.6.2)

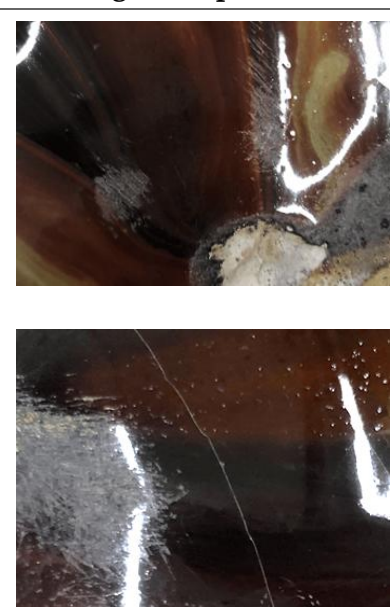
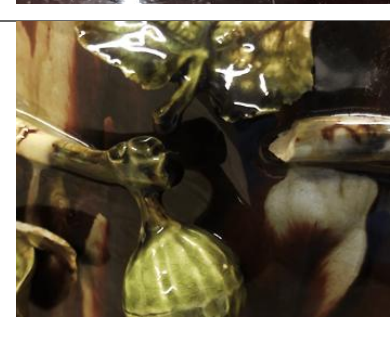
Patologia	Descrição	Imagem de pormenor
Abrasão	Observa-se alguma abrasão possivelmente por causa do incorreto manuseamento e/ ou acondicionamento	

<p>Lacuna</p>	<p>A peça apresenta duas lacunas de grandes dimensões com total inexistência dos elementos em falta, na cabeça e na base (que compromete a estabilidade estrutural da peça). encontra-se ainda uma lacuna de pequenas dimensões na extremidade da orelha da figura</p>	
<p>Linha de fratura</p>	<p>Linha de separação dos fragmentos, onde é observada a união realizada anteriormente</p>	
<p>Intervenções anteriores</p>	<p>União dos fragmentos da base</p>	

Sujidades	Depósitos superficiais de matérias estranhas como pó e gorduras ligeiras no corpo cerâmico	
-----------	--	--

### 2.1.2.3 MRBP.CER.0289

Tabela 2.8 - Patologias apresentadas na peça MRBP.CER.0289 (anexo A.6.3)

Patologia	Descrição	Imagem de pormenor
Abrasão	Observa-se alguma abrasão na superfície vidrada causada, possivelmente, pelo incorreto manuseamento e/ ou acondicionamento	
Lacuna	A peça apresenta diversas lacunas de diferentes dimensões nos elementos decorativos (ramos e folhas da figueira) com inexistência dos elementos em falta	

## 2.2 Intervenção

Em todas as peças, o primeiro passo, antes da intervenção, foi a realização de um intenso registo fotográfico geral e de detalhe, com imagens de grande resolução em formato digital. Este registo foi repartido, permitindo documentar toda a intervenção realizada nas peças, antes, durante e após a intervenção. Para além disso, todos os materiais utilizados foram estudados (**tabela 6.1 – anexo A.3**) e sujeitos a testes prévios, para compreender as propriedades e métodos de aplicação mais adequados para cada um.

### 2.2.1 Limpeza superficial inicial

A limpeza inicial de todas as peças foi feita a seco, recorrendo ao uso de pincéis macios, panos secos, cotonetes de algodão, sondas e bisturis (para as sujidades de mais difícil remoção). Para a superfície vidrada fez-se uma limpeza por via húmida, usando uma solução de 50% de água, 50% de álcool e 2% de teepol, utilizada para eliminar poeiras e resíduos gordurosos provenientes do manuseamento, com o auxílio de cotonetes de algodão (**figura 2.2**) (**anexo – A.6.1.10**). Após esta limpeza, fez-se uma neutralização com água destilada, para remover os resíduos do agente de limpeza. No caso das peças MRBP.CER.0499 e MRBP.CER.0904 procedeu-se, de seguida, à limpeza por via húmida na superfície não vidrada, usando água destilada e cotonetes de algodão, pois o detergente penetra nos poros do corpo cerâmico, levando ao surgimento de possíveis patologias (**anexos A.6.47 e A.6.49**).



Figura 2.2 - Materiais usados na limpeza

### 2.2.2 Consolidação

Previamente ao processo de preenchimento e para isolar o corpo cerâmico, aplicou-se Paraloid B72 a 10% em acetona para consolidar as arestas e linhas de fratura em todas as peças.

### 2.2.3 Remoção de intervenções anteriores

Esta etapa apenas foi considerada para a peça MRBP.CER.0904, por existir um adesivo proveniente de intervenções anteriores, que apesar de perceptível, não afetava a estética original. Para decidir se seria necessário remover ou não o adesivo, foi verificado se este se

encontrava em degradação, se estava amarelecido, danificando o sentido estético da peça, ou se a união dos fragmentos estava corretamente realizada. Foi decidido que não se iria remover o adesivo, pois este não se encontra amarelecido nem degradado e, para além disso, é um adesivo muito forte; logo, o processo de remoção do mesmo poderia levar ao aparecimento de novas patologias ou ao agravamento dos danos já existentes na peça. Foram realizados também, testes de solubilidade no adesivo com os três solventes menos agressivos. Para estes testes foram usados três reservatórios de vidro, em que se colocaram amostras de adesivo de pequenas dimensões com os solventes selecionados: água quente, etanol e acetona (**anexo A.6.11**). Verificou-se que o adesivo não é solúvel em nenhum dos solventes, logo, para o remover seria necessário recorrer ao uso de um solvente mais forte, algo que poderia prejudicar a peça.

## 2.2.4 Preenchimento de lacunas

No caso dos preenchimentos de lacunas, em todas as peças foram utilizadas abordagens diferentes ou materiais distintos. Foram sempre feitos testes prévios com todos os materiais de preenchimento (**anexo A.6.12 - 6.13**).

### 2.2.4.1 MRBP.CER.0499

Para a lacuna da orelha realizaram-se três abordagens, a tradicional, uma inovadora com recurso a tecnologias digitais e uma terceira, que envolve uma intervenção mista.

Abordagem 1: Para o preenchimento tradicional, utilizou-se gesso em pó extrafino (Axton®), misturado com água (50/50 aprox.) (**anexo A.6.14**). Na execução do molde, foi usado silicone (RC 40 Platinum Fast®) (**anexo A.6.15**), obtido através da orelha da peça MRBP.CER.0904 (**anexo A.6.16**), considerando que ambas as peças são idênticas (**figura 2.3**). Após a secagem total do molde, foi feito um suporte para facilitar o enchimento com a pasta de gesso. O enchimento foi realizado com espátula para alcançar uma espessura idêntica ao elemento original (**figura 2.4**). Antes do nivelamento, o elemento recriado foi adaptado às linhas de fratura, evidenciando que a orelha original e a orelha recriada apresentavam diferenças significativas, consequência de divergências das próprias peças, possivelmente devido à contração do barro e a algum descuido na aplicação do silicone na orelha da outra peça. Assim, foi necessário fazer um reajuste do elemento, adicionando mais gesso nas zonas em falta, nomeadamente no interior da orelha e na parte de trás da mesma (**anexo A.6.17**). Nesta fase, foi evidente que é preciso muito cuidado e exigência pessoal na realização do molde, de modo a facilitar os próximos passos da intervenção. Após se ter terminado o reajuste do elemento recriado, o mesmo foi nivelado, utilizando lixas de diferentes granulometrias e grosas de meia

cana (**figura 2.5**). De seguida, foi aplicada sobre a superfície uma massa comercial Aguaplast Cima®, com o objectivo de nivelar e uniformizar a superfície para facilitar a reintegração cromática. Esta massa comercial é composta, principalmente, por 1,2-benzisotiazil-3(2H)-ona, uma mistura reacional de isotiazolinonas (5-cloro-2-metil-4-isotiazolin-3-ona e 2-metil-2H-isotiazol-3-ona), 2-metil-2H-isotiazol-3-ona e uma carga mineral e aglomerante. É uma pasta branca com pH neutro (~7), parcialmente solúvel em água e com uma densidade de cerca de 1,7g/cm<sup>3</sup> [11]. Após a secagem total o fragmento foi consolidado com PB-72 a 10% em acetona para se tornar mais resistente.



Figura 2.3 - Aplicação do silicone na orla da peça MRBP.CER.0904

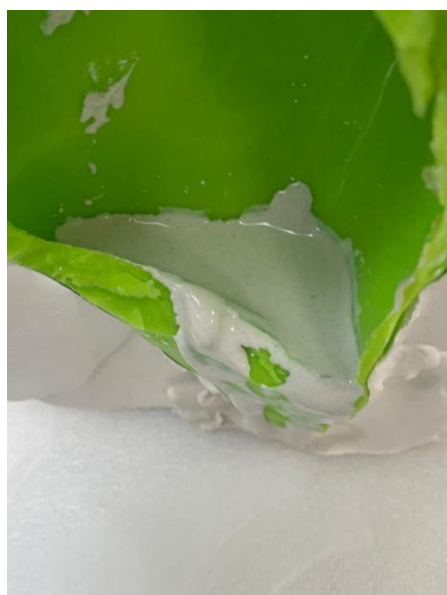


Figura 2.4 - Colocação do gesso no molde



Figura 2.5 - Reajustes feitos no gesso, utilizando uma grosa

### Abordagem 2:

Para esta linha de intervenção, realizou-se uma reconstrução digital, na qual se utilizaram ferramentas tecnológicas apropriadas. A primeira etapa deste processo foi a digitalização 3D da orelha MRBP.CER.0904 e da linha de fratura da peça MRBP.CER.0499, com o apoio do Professor Doutor Bruno Soares do Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial da NOVA FCT. Devido ao brilho das cabeças de porco e com o objetivo de facilitar a digitalização, foi previamente aplicado sob a superfície a digitalizar, um silicone líquido (Talens®), uma máscara temporária para pinturas em aguarela com uma composição de dispersão de borracha natural em água (**figura 2.6**). Após a secagem, este material permaneceu transparente (**figura 2.7**) e foi facilmente removido como um “filme”.



Figura 2.6 - Aplicação do silicone líquido na peça MRBP.CER.0904



Figura 2.7 - Orelha após a secagem do silicone líquido

Para realizar a digitalização, utilizou-se um scanner ótico ElinScan-SP V2 (Shinnig 3D®) (**figura 2.8 e 2.9**) (**anexo A.6.18**). Este equipamento tem um desvio máximo de 0,2 mm, que detetou os defeitos de fabrico e a textura da orelha. Apesar de este ser um equipamento com alta precisão, no interior da orelha não foi possível fazer a digitalização por se tratar de zonas perpendiculares, assim como nos locais de ligação por serem zonas concavas e curvas, logo existiram dificuldades com a “oclusão”<sup>5</sup>. O ficheiro foi guardado numa nuvem de pontos com o filtro law, para retirar os pontos mais dispersos, e o filtro smooth law, com o objetivo de alisar a superfície (**figura 2.10**).

---

<sup>5</sup> Quando algumas partes não são capturadas devido a ângulos desfavoráveis no momento do scan



Figura 2.8 - Momento da digitalização da peça MRBP.CER.0904



Figura 2.9 - Digitalização da linha de fratura MRBP.CER.0499

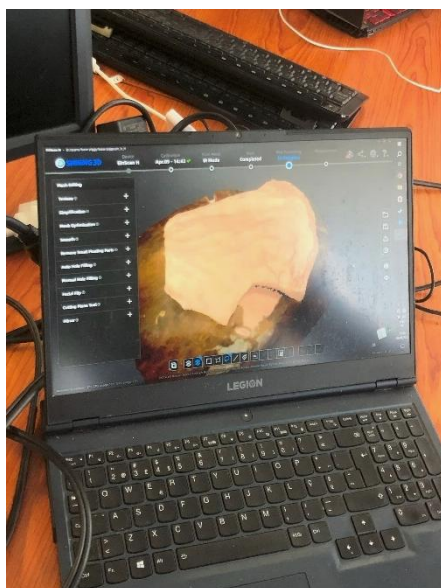


Figura 2.10 - Imagem obtida após a digitalização

Após a digitalização completa da orelha da peça MRBP.CER.0904 e da linha de fratura da peça MRBP.CER.0499 passou-se para a etapa da modelação 3D. Este processo foi feito por um aluno de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, David Marques. Na modelação 3D foi recriada a orelha original da MRBP.CER.0904 na linha de fratura da peça MRBP.CER.0499. Foram também acrescentadas as zonas em falta que a digitalização não conseguiu captar

(figura 2.11). Quando foi feita esta modelação, foi tida em atenção a posição de impressão da peça, sendo possível separar a orelha recriada do suporte (peça extra) necessário para imprimir. Para fazer esta etapa foi usada a fusion 3 teen do AutoCad, uma plataforma de software e gestão de dados baseada numa nuvem para design e fabrico de produtos, e o Slicer (para transformar o objeto 3D em código para a impressora), que coloca o objeto em “camadas” para a impressora conseguir imprimir.

O fragmento foi impresso em PLA, um filamento termoplástico de ácido polilático. Este fragmento foi impresso usando o método de impressão FDM (fused deposition modeling), uma máquina que deposita material conforme o objeto vai sendo impresso (figura 2.12). As impressoras 3D de FDM utilizam diversos materiais de impressão, como, por exemplo, ABS (acrilonitrila butadieno estireno), PETG (polietileno tereftalato glicol), Nylon (poliamida), TPU (poliuretano) e PLA (ácido polilático). Contudo, para este caso foi escolhido o PLA, pois é um material de fácil impressão (imprime a baixas temperaturas (~200°C)), tem um bom acabamento superficial e não se descola facilmente do suporte (criado pela própria impressora) (figura 2.13), possibilitando a obtenção de melhores resultados [34, 35, 36].

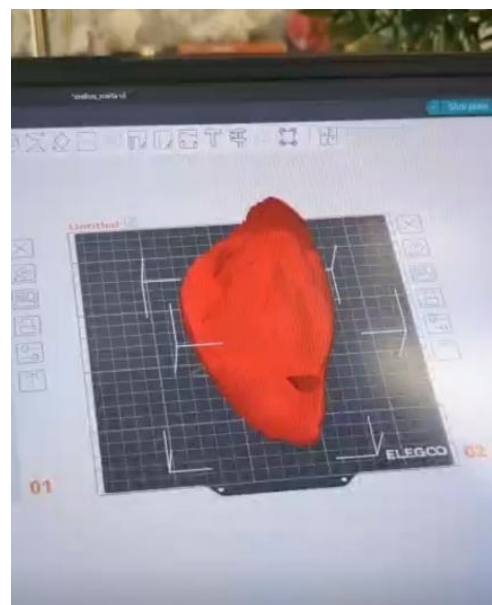


Figura 2.11 - Modelação 3D

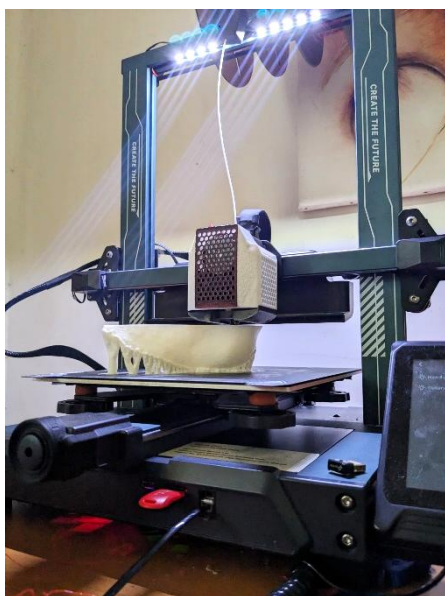


Figura 2.12 - Momento da digitalização do fragmento em PLA

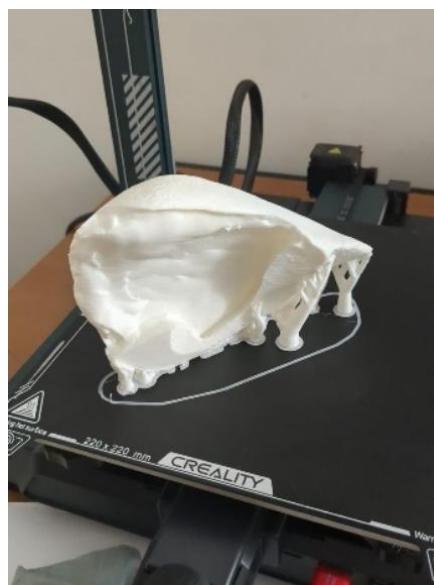


Figura 2.13 - Fragmento impresso em PLA com o suporte

O elemento impresso apresentou um bom acabamento superficial, apesar de algumas linhas em relevo por causa da impressão. A linha de fratura do fragmento coincidiu com a linha de fratura da peça e a forma e tamanho do elemento era idêntico ao da peça que foi digitalizada. Contudo, foi necessário fazer um reajuste da parte interior e inferior do elemento para este encaixar totalmente na peça (**figura 2.14**). Apesar do elemento ter sido bem impresso, a digitalização não conseguiu fazer o scan de algumas zonas da orelha, logo o fragmento impresso apresentou zonas em falta, nomeadamente na lateral da parte de trás. Para completar estas zonas foi usado Paraloid B72 com microbalões de vidro e sílica, que aderiu muito bem ao PLA. De seguida, o elemento foi nivelado, usando bisturis e lixas de diferentes granulometrias. Após este nivelamento, foi aplicado Aguaplast Cima®, de modo a uniformizar a superfície para facilitar o nivelamento e a reintegração cromática (**figura 2.15**). Contudo, a aplicação desta massa revelou-se muito difícil, visto que, após o nivelamento, foram observadas irregularidades e vestígios de bolhas de ar. Foram necessárias quatro aplicações para que a superfície ficasse mais lisa. Posteriormente a superfície foi consolidada com PB-72 a 10% em acetona.



Figura 2.14 - Ajustes feitos no fragmento impresso



Figura 2.15 - Colocação da massa acrílica Aguaplast Cima®

Existem estudos [37, 38] que comprovam que o PLA já foi utilizado para o preenchimento de lacunas na área da conservação e restauro com sucesso. Este material permite o nivelamento da superfície e uma reintegração cromática semelhante à original, garantindo também resistência suficiente para manusear a peça.

### Abordagem 3:

Nesta abordagem foi utilizada a mesma informação digital realizada para a abordagem 2 (descrita em cima), evitando um manuseamento desnecessário das peças. O modelo desenvolvido, foi produzido em cerâmica no VICARTE (<https://vicarte.org/>), utilizando uma impressora rápida e precisa, desenvolvida em Itália, que utiliza o barro Delta Wasp 40100 Clay como material. Todo o procedimento da impressão 3D em argila foi feito com o acompanhamento de uma aluna do Mestrado em Arte e Ciência do Vidro e da Cerâmica, Jéssica Pinto, experiente com este equipamento. Antes da realização da impressão, foi necessário definir o material selecionado. Apesar do material das peças originais ser barro vermelho, este não foi o material



escolhido, pois podia entupir a impressora devido aos seus grãos e tem tendência a criar fissuras durante o processo de secagem. Juntamente com a ceramista, selecionou-se um grés refratário com chamote muito fina (18%). O grés, imprime de forma muito estável, com camadas finas, tem um menor risco de deformação e alta resistência mecânica [39]. Para além disso, não existe nenhum problema estrutural ou químico por se ter utilizado um material diferente do original, não há nenhuma reação química significativa entre o barro vermelho e o grés à temperatura ambiente. Para colocar este material nas condições exigidas pela própria impressora, iniciou-se a sua exigente preparação: espalhou-se o barro, picotou-se com um garfo e colocou-se água (repetiu-se este processo diversas vezes) (**figura 2.16**), até obter a consistência pretendida. Devido à forma da orelha (por não conter uma zona linear horizontal ou vertical) e tendo em conta que esta impressora, ao contrário da impressora FDM, não cria o seu próprio suporte (peça extra), foi preciso dividir a peça em duas partes (separadas ao centro) (**figura 2.17**). Inicialmente, experimentou-se usar as pontas de extrusão (peças que encaixam no sistema de extrusão e que permitem a saída do barro) de 1,26 mm e 1,5 mm, contudo eram muito finas. Por isso utilizou-se a ponta de 2,0 mm [40], que deu melhores resultados. O programa utilizado foi o Ultimaker cura, um software de impressão de fácil utilização e gratuito. De seguida, foi feita uma comparação entre a impressão com a definição specify outer counter, que define quantas paredes externas serão impressas, ou sem ela. A utilização desta definição permite a impressão do fragmento de forma seguida, mas o tempo de impressão e o pormenor do fragmento é menor (uma parede exterior). Contrariamente à não utilização do specify outer counter, que imprime por camadas, dando um maior pormenor à orelha e aumentando o tempo de impressão (duas paredes exteriores). Após a realização de três testes, observou-se que com a definição specify outer counter a zona inferior de cada parte da orelha não ficava completa e muito fragilizada. Assim, optou-se por imprimir os dez elementos finais

com o nozzle de 2,0mm, sem specify outer counter e com flow 150, que é a taxa de extrusão (material que a impressora deposita em relação ao valor padrão calculado) (figura 2.18 e 2.19) (anexo A.6.19). De seguida, foram colocados os elementos impressos a secar cobertos com uma película aderente e borrifados com água durante 24h, para não existir uma secagem muito rápida do barro causando fissuras (anexo A.6.20).

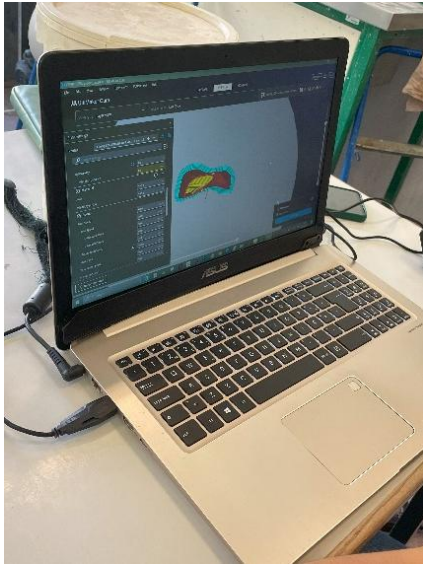


Figura 2.17 - Separação da orelha em duas partes no programa



Figura 2.18 – Momento da impressão de um dos fragmentos obtidos



Figura 2.19 - Parte de baixo de um dos elementos impressos

Antes da secagem total dos elementos, foram unidas as duas partes formando as quatro orelhas e deixando dois dos elementos tal e qual como saíram da impressora, para haver um registo do processo. Fez-se, então, marcas de escarificação, para aumentar a aderência mecânica [41] na zona inferior de cada um dos elementos impressos, com o auxílio de espátulas. De seguida, utilizou-se barro húmido (barbotina), para a união das partes [42] (**anexo A.6.21**). Após a união, foi utilizado um teque para alisar a superfície, retirando os relevos das camadas da impressão (**anexo A.6.22**) (**figura 2.20**). Devido à quantidade de água usada na barbotina, foi necessário deixar as orelhas a secar durante algumas horas, sempre cobertas pela película aderente borrifada com água no interior do lado do barro (**figura 2.21**).



Figura 2.21 - Processo de união das duas partes dos elementos impressos



Figura 2.20 - Resultado de uma das orelhas após o nivelamento

Depois da secagem parcial dos elementos, observou-se que os fragmentos finais não encaixavam com a linha de fratura da peça MRBP.CER.0499 e que eram elementos maiores quando comparados com o elemento de PLA. Concluiu-se, por isso, que a impressão em cerâmica e o software utilizado fizeram reajustes na modelação 3D, devido aos locais “vazios” (linha de fratura e parte oca do interior da orelha). Assim, quando são utilizadas impressoras 3D de argila, estas vão reajustar-se sempre às suas próprias necessidades, dependendo da lacuna e do fragmento preciso, podendo modificar os elementos impressos.

Após a obtenção das quatro orelhas completas, decidiu-se utilizar provetes e uma das orelhas para a realização de testes de cozedura (**anexo - A.6.23, A.6.24 e A.6.25**) para analisar a contração do barro neste processo. Neste teste houve uma contração de cerca de 0,2cm. Deste modo, tendo em conta esse valor, foi possível reajustar os restantes elementos. De seguida, o interior dos três elementos não cozidos foi escavado, para obter orelhas ocas, tal como a original, usando bisturis, teque e espátula metálica. Foi também ajustada a linha de fatura em cada uma das orelhas, cortando uma grande quantidade de barro da parte superior da mesma, permitindo, encaixar as orelhas à peça (**figura 2.22**). Este processo foi extremamente importante, pois, após a cozedura dos elementos, era impossível reajustar os mesmos. Só depois de todas as orelhas encaixarem perfeitamente e terem a forma exata do elemento original é que se procedeu à cozedura (**figura 2.23**).

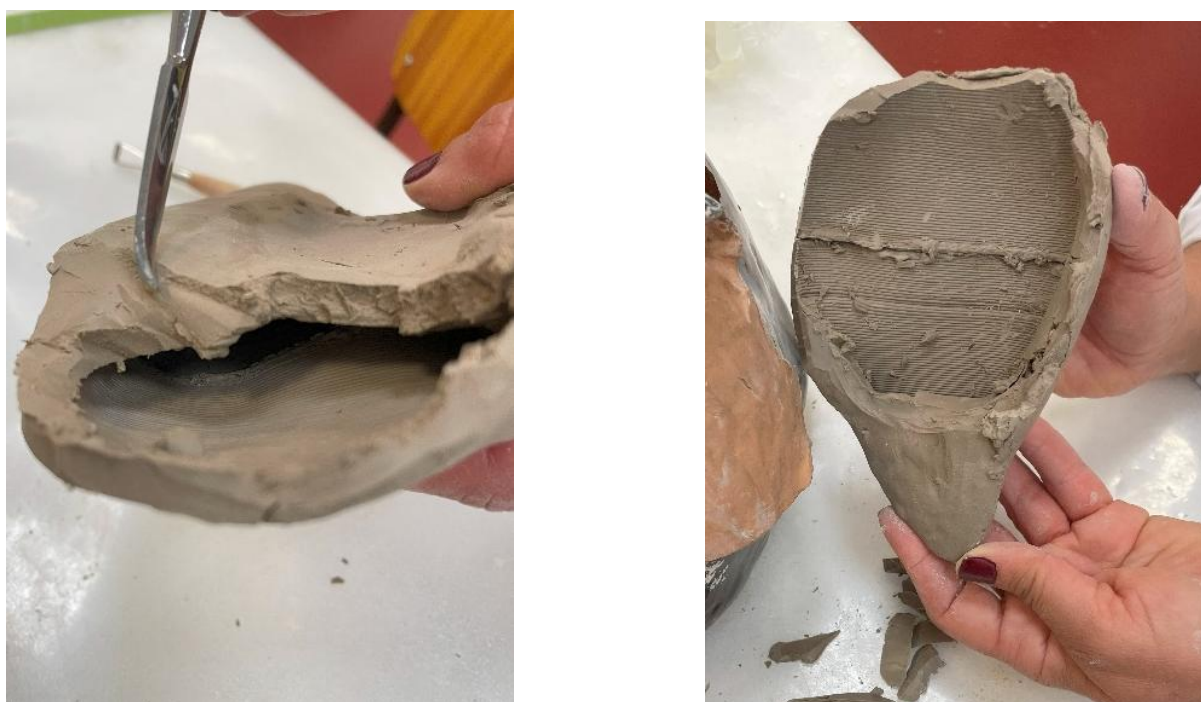


Figura 2.22 - Reajustes feitos nas orelhas



Figura 2.23 - Resultados dos fragmentos antes da cozedura

Todo este procedimento foi realizado sem sujeitar o objeto a riscos desnecessários, visto que são preenchimentos amovíveis e, por isso, são trabalhados isoladamente. No final do trabalho manual e antes da cozedura, as três orelhas tinham aproximadamente 20cm x 14cm x 7cm de dimensões. Foi necessário fazer perfurações de pequenas dimensões em todas as orelhas para garantir que estas permaneciam estáveis durante o processo de cozedura. Os elementos foram cozidos a 980°C (temperatura recomendada para o grés), tendo uma subida de 6h até aos 570°C e de 4h até aos 980°C, com um patamar de 30 min. Após a cozedura, observou-se que nenhuma das orelhas sofreu quaisquer deformações ou fissuras, tendo sido um processo bem concretizado. As dimensões de cada fragmento após a cozedura eram aproximadamente 19,8cm x 14,7cm x 6,9cm. Assim, e seguindo a fórmula de contração linear:

$$C = \frac{L_{inicial} - L_{final}}{L_{inicial}} \times 100$$

Concluiu-se que existiu uma contração total de, aproximadamente, 2,46% (**figura 2.24**).



Figura 2.24 - Resultados dos fragmentos após a cozedura

Apesar de se poder considerar as três orelhas cozidas resultados bastante positivos, foi um procedimento que demorou muito tempo (cerca de 12 semanas desde a digitalização até à cozedura) e que, acabou por implicar muito trabalho manual. Este processo permitiu concluir que: a modelação utilizada para a impressora de PLA, pode ter de sofrer alterações quando um fragmento é impresso na impressora de barro (pois o software usado pode colmatar os locais “vazios”), o elemento impresso não sai perfeitamente da impressora para o encaixe na

peça e, por fim, é preferível dedicar mais tempo a este procedimento criando um suporte (tal como no PLA) para a impressão completa do fragmento e não dividida em duas partes.

Após a união deste fragmento amovível, as falhas de vidro da aresta da fratura na área de união do fragmento, podem ser preenchidas, para tal o material mais adequado é o Aguaplast Cima®.

#### 2.2.4.2 MRBP.CER.0904

Esta peça apresentava três lacunas com diferentes dimensões e localizadas em locais distintos da peça, utilizando-se assim diferentes técnicas e materiais. Para a lacuna da cabeça foi produzido um molde e, cera de dentista rosa (cera REUS®), moldado com calor para ajustar à zona de lacuna (**anexo A.6.26**) e a lacuna preenchida com gesso em pó extrafino (Axton®), misturado com água (50/50) (**anexo A.6.14**). Depois de modelada a cera rosa foi aplicada diretamente na peça e fixada a esta com fita cola de papel, para não haver a possibilidade de se mover quando se coloca o gesso (**figura 2.25**). De seguida, foi feita a pasta de gesso, fazendo uma porção mais líquida para verter para o molde (**figura 2.26**). O gesso ficou um ou dois milímetros abaixo da linha de fratura, deixando espaço para a aplicação de uma massa acrílica (Aguaplast Cima®) de acabamento.



Figura 2.25 - Lacuna da cabeça com o molde de cera



Figura 2.26 - Aplicação do gesso no molde

Após este procedimento, o elemento recriado foi nivelado com lixas de diferentes granulometrias e bisturis (**anexo A.6.27**), e totalmente consolidado com PB-72 a 10% em acetona para dar uma maior resistência e estabilidade face à humidade relativa (**figura 2.27**).



Figura 2.27 - Lacuna da cabeça preenchida

Para a lacuna da base, tendo em conta as suas dimensões e forma complexa, foi utilizado um molde de silicone (RC 40 Platinum Fast®), realizado na base da peça MRBP.CER.0499, obtendo assim um fragmento amovível (**figura 2.28**). De seguida foi colocada a pasta de gesso com o auxílio de espátulas, preenchida fora da peça (**figura 2.29**). Neste caso, foi crucial compreender que, sendo esta uma lacuna da base, este preenchimento iria sustentar totalmente a peça aplicada verticalmente na parede. Assim, era necessário obter um fragmento totalmente simétrico ao outro lado do objeto e com as mesmas dimensões e espessura do original.



Figura 2.28 - Molde de silicone feito na peça MRBP.CER. 0499



Figura 2.29 - Aplicação do gesso no molde

Para facilitar este processo, foi usado um nível de duas bolhas durante o processo de nivelamento (**figura 2.30**). O fragmento foi nivelado, adaptado às linhas de fratura e consolidado com PB-72 a 10% em acetona.



Figura 2.30 - Uso do nível no processo de nivelamento

Após este processo, foi unido à peça com PB-72 a 40% em acetona. Foi, ainda, necessário aumentar a resistência do preenchimento, aplicando-se, no seu interior, tela de fibra de vidro, devidamente impregnada com PB-72 a 40% em acetona, com o auxílio de pincéis, para garantir uma maior estabilidade estrutural e permitir que a peça seja colocada na parede cumprindo a sua função original (**figura 2.31 e 2.32**).



Figura 2.31 - Aplicação das fibras de vidro no gesso



Figura 2.32 - Resultado do preenchimento da lacuna da base

Também para a pequena lacuna da orelha foi utilizada pasta de gesso, aplicada com o auxílio de espátulas metálicas, e molde de cera rosa de dentista (cera REUS®), tendo por base a peça MRBP.CER.0499. Após este preenchimento e assim como foi feito no fragmento anterior, o elemento recriado foi nivelado, adaptado às linhas de fratura e consolidado com PB-72 a 10% em acetona.

Em todos os preenchimentos foi aplicada uma camada superficial com Aguaplast Cima® para uniformizar a superfície e, conseqüentemente, facilitar a reintegração cromática (**anexo A.6.28**). O Aguaplast Cima® foi também usado para as falhas de vidro das linhas de fratura de cada lacuna.

#### 2.2.4.3 MRBP.CER.0289

Para a realização dos preenchimentos dos elementos decorativos (folhas de figueira e ramos) utilizou-se massa epoxídica Milliput® (**anexo A.6.29**), devido às suas propriedades de modelação, tempo de cura, adesão à maioria dos materiais e resistência. Este preenchimento foi realizado com materiais e técnicas diferentes dos anteriores, porque os elementos em falta têm uma dimensão muito mais reduzida, com grandes detalhes, pouca espessura e uma maior fragilidade. No caso das folhas e com o objetivo de obter os elementos mais realistas possíveis, foram utilizadas folhas de figueira verdadeiras prensadas na massa epoxídica, para tornar, deste modo, a forma e as nervuras mais naturais. Assim, a massa foi esticada (**anexo A.6.30**) e a folha foi prensada com um rolo de pequenas dimensões (**figura 2.33**). De seguida, foi usado um bisturi para ajustar o tamanho e fazer a decoração da folha nas margens.



Figura 2.33 - Folha prensada na massa epóxidica

Posteriormente, aplicou-se película aderente nas áreas a preencher para que a superfície da peça não ficasse contaminada com a massa epóxidica. Para ser mais fácil obter a forma correta da folha, utilizaram-se fita cola de papel, rolas de cortiça, sticks de madeira e diferentes frascos de vidro, e colocaram-se as folhas recriadas nas áreas a preencher (**figura 2.34**). Como todas as folhas tinham pequenos fragmentos da estrutura original, não havendo faltas de folhas na sua totalidade, foi fácil perceber a forma correta destes elementos e justificar a legitimidade dos preenchimentos. Esta etapa e a abrangência dos preenchimentos foi previamente discutida com a equipa do Museu Bordalo Pinheiro.



Figura 2.34 - Colocação das folhas recriadas na peça

Foi decidido que se iria manter a folha recriada e, posteriormente, após a secagem da massa, seria destacada a parte necessária para colmatar a lacuna, partindo-se a folha de acordo com a linha de fratura, usando para o efeito bisturis, e unindo-se os elementos com PB-72 a 40% em acetona (**figura 2.35**). Ao realizar estas uniões, compreendeu-se que nem todas as folhas estavam idênticas e simétricas com a folha original, sendo necessário reajustar algumas das folhas, usando o Milliput® misturado com quantidades reduzidas de água, para ficar mais maleável (**figura 2.36, 2.37 e 2.38**).



Figura 2.36 . União das folhas cortadas



Figura 2.35 - Aplicação da massa misturada com água



Figura 2.37 - Resultado do preenchimento de lacunas (lado A)



Figura 2.38 - Resultado do preenchimento de lacunas (lado B)

## 2.2.5 União de fragmentos

Independentemente da peça e da abordagem escolhida (no caso da peça MRBP.CER.0499), a união dos fragmentos à linha de fratura foi feita com Paraloid B72 a 40% em acetona, após a consolidação prévia dos limites da fratura com PB-72 a 10% isolando o corpo cerâmico poroso.

## 2.2.6 Reintegração cromática

Foi definido com o Museu Bordalo Pinheiro, que o método de reintegração a adotar seria a técnica mimética. Tendo em conta que foram usadas diferentes abordagens para o preenchimento de lacunas em cada uma das peças, foram usados também diferentes processos de reintegração cromática de acordo com as metodologias.

### 2.2.6.1 MRBP.CER.0499

Para esta peça foram realizadas diferentes metodologias de reintegração cromática de acordo com a abordagem de preenchimento. Para cada material foram realizados testes de reintegração (**anexo A.6.31 e A.6.32**).

Abordagem 1 e 2: Os materiais utilizados foram tintas acrílicas (Amsterdam® e Golden®), de base aquosa, gama de conservação, misturadas com água. Para a aplicação das camadas de cor foram usados pincéis de diferentes espessuras (**anexo A.6.33**). A mistura das cores foi feita

num azulejo branco, com o objetivo de obter mais facilmente as tonalidades pretendidas. Em certas zonas foi usado papel absorvente aplicado levemente sobre as tintas para desbotar a cor e, conseqüentemente, tornar a pintura mais realista. Por vezes, entre camadas, foi aplicado um verniz (Golden®) para dar mais brilho à pintura. Após a obtenção da reintegração pretendida, foi aplicado outro verniz sintético (Casa Ferreira®) (anexo A.6.34) com o objetivo de dar mais brilho à pintura do fragmento e, conseqüentemente, torná-la mais parecida com a superfície vidrada (figura 2.39, 2.40, 2.41 e 2.42).

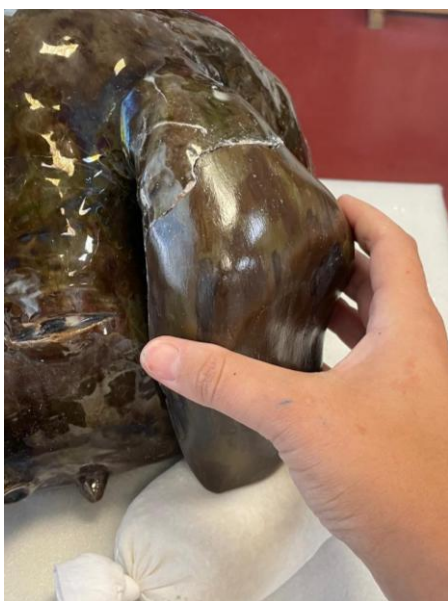


Figura 2.40 - Orelha de gesso após a reintegração cromática



Figura 2.41 - Orelha de PLA após a reintegração cromática



Figura 2.39 - Resultado da orelha de gesso



Figura 2.42 - Resultado da orelha de PLA

Abordagem 3: Para esta abordagem foi realizada a vidragem dos três fragmentos, com técnicas idênticas ao original, na Fábrica Bordallo Pinheiro (dois fragmentos) e num atelier privado (um fragmento), para que, em termos materiais, o fragmento fosse mais compatível e garantisse uma maior durabilidade da intervenção. Após ter sido estabelecido contacto com a Fábrica, averiguou-se que a mesma já não produz os vidrados da época de fabrico das peças, possivelmente por conterem chumbo. A fábrica disponibilizou fotografias dos vidrados de tonalidade castanha utilizados atualmente, de entre os quais se escolheu aquele de tonalidade mais semelhante à do século XIX. Restrições de calendário de ambas as partes impossibilitaram o acompanhamento presencial da vidragem, tendo a escolha do vidrado e as indicações para a sua aplicação ocorrido remotamente de forma a permitir o cumprimento dos prazos de execução desta dissertação. Apesar de semelhantes, os vidrados castanhos atuais não são iguais ao do século XIX (**figuras 2.43 e 2.44**), pelo que esta abordagem necessitará futuramente de mais testes de cor para chegar a um resultado mais parecido com o original.



Figura 2.44 - Orelha de barro vidrada na Fábrica BP depois da cozedura



Figura 2.43 - Resultado da orelha de barro vidrada pela Fábrica

Durante o decorrer da comunicação com a Fábrica Bordallo Pinheiro, surgiu a oportunidade de proceder à vidragem de uma das orelhas num atelier privado especializado na produção de réplicas de cerâmicas e azulejos históricos (Tardoz, de Isabel Colher) (**figura 2.45**) (**anexo A.6.35**). O fragmento foi cozido a 1000 °C, em que houve uma subida de 4 horas até 650°C, com um patamar de 10 minutos nesta temperatura, seguida de 4 horas e 30 minutos até 1000°C, permanecendo 10 minutos a esta temperatura, e iniciando a descida da temperatura gradualmente. Ainda que a cor do vidrado utilizado tenha resultado num fragmento muito diferente do original (**figura 2.46 e 2.47**), esta primeira experiência permitiu validar a potencialidade desta abordagem para o preenchimento de lacunas em cerâmica artística.



Figura 2.46 - Orelha de barro antes da cozedura



Figura 2.45 - Orelha de barro depois da cozedura



Figura 2.47 - Resultado da orelha de barro vidrada em atelier privado

O elemento escolhido (gesso, PLA ou argila) (**capítulo 3.3**) foi unido à peça com PB-72 a 40% em acetona. Para disfarçar a linha de fratura (mantendo-a, na mesma, visível a olho nu), foram usados microbalões de vidro misturados com PB-72 a 40% em acetona, uma carga (sílica fumada Cab-O-Sil®) para retardar a evaporação e tornar a mistura mais espessa e pigmento inorgânico castanho (Kremer®) (**anexo A.6.37 e A.6.38**).

#### 2.2.6.2 MRBP.CER.0904

Para esta peça utilizou-se um azulejo branco para misturar as cores, facilitando, deste modo, a obtenção das tonalidades pretendidas. Foram usadas tintas acrílicas (Amsterdam® e Golden®), ambas à base de água e indicadas para conservação, diluídas com água, com pincéis de diversas espessuras. Em algumas áreas, aplicou-se suavemente papel absorvente sobre a tinta ainda fresca para suavizar a cor e conferir um aspeto mais natural à pintura. Assim como no fragmento da peça MRBP.CER.0499, foi aplicado um verniz (Golden®), entre camadas de cor, para realçar o brilho e avaliar se a reintegração cromática dos elementos se aproximava da peça original. Após atingir a integração pretendida, aplicou-se uma nova camada de verniz para intensificar o brilho e aproximar a aparência da superfície ao acabamento vidrado (**figura 2.48 e 2.49**) (**anexo A.6.51**).



Figura 2.48 - Resultado da peça MRBP.CER.0904 (frente)



Figura 2.49 - Resultado da peça MRBP.CER.0904 (traseira)

### 2.2.6.3 MRBP.CER.0289

Devido ao manuseamento das folhas, as nervuras e decorações obtidas pelas folhas de figueira foram-se perdendo, logo foi necessário utilizar resina epóxida EP5244 (Alchemie®), com carga (sílica fumada Cab-O-Sil®) e pigmentos inorgânicos (Kremer®) para refazer estes relevos (**figura 2.50**) (**anexo A.6.36**). Este processo permitiu compreender que a impressão das folhas originais foi um processo extremamente importante, que poderia ter facilitado todo o processo de reintegração. Contudo, devido ao manuseamento, acabou por se perder o detalhe e tornar este procedimento muito mais demorado e difícil ao necessitar de correções. É fundamental realizar uma pesquisa intensa sobre os elementos naturais a recriar, pois neste caso ter-se-ia obtido melhores resultados, pois, apenas na reta final desta etapa é que foi compreendido que as folhas de figueira são sempre simétricas e, na maior parte dos casos, divididas em cinco partes.

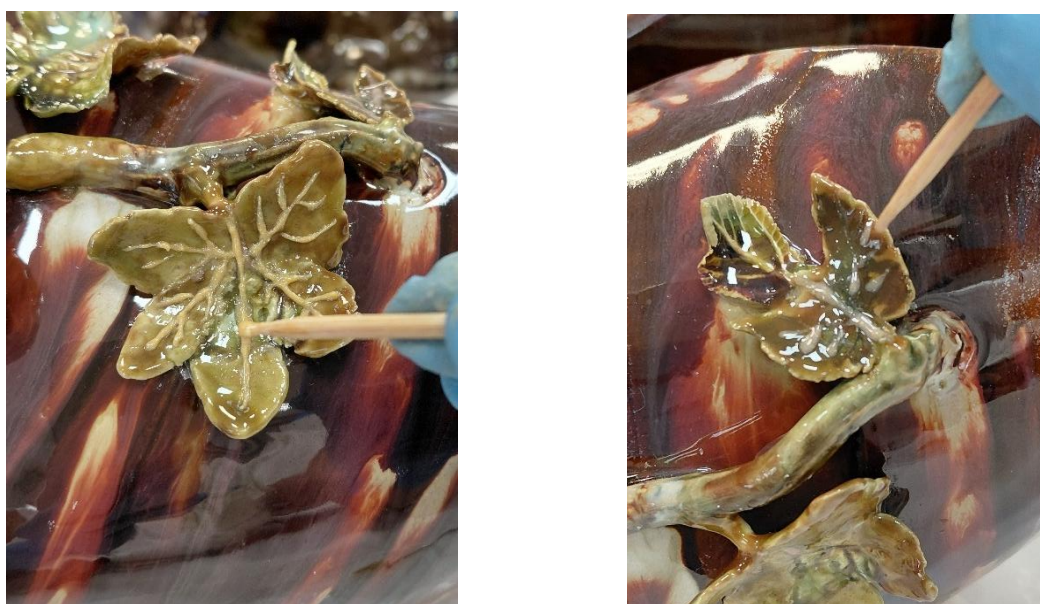


Figura 2.50 - Realização das nervuras

Para a reintegração cromática foi utilizado o mesmo sistema das nervuras, a resina epoxídica com carga e pigmento, com o auxílio de pincéis de diferentes espessuras. A utilização deste sistema permitiu obter um brilho e textura idênticos ao vidrado, tornando os elementos recriados mais miméticos. A resina epóxida tem uma baixa viscosidade e uma boa adesão aos fragmentos [43], [44] e a sílica fumada Cab-O-Sil® permite uma maior consistência e uma modelação mais detalhada [45]. Os pigmentos inorgânicos criaram cores semelhantes ao original [46]. Foi utilizado também este procedimento para a pintura dos ramos (**figura 2.51 e 2.52**) (**anexo A.6.52**).



Figura 2.51 - Resultado da peça MRBP.CER.0289 (lado A)



Figura 2.52 - Resultado da peça MRBP.CER.0289 (lado B)

## 2.2.7 Acabamento

Após todas as etapas, as peças foram limpas superficialmente com pincéis macios e panos de microfibra, para retirar partículas de poeira superficiais resultantes do manuseio dos objetos.

Por fim, aplicou-se uma camada protetora em toda a superfície das peças, usando cera microcristalina (renaissance®), solúvel em acetona (caso seja necessário remover) e insolúvel em etanol e álcool isopropílico (C<sub>3</sub>H<sub>80</sub>) [47].

## 2.2.8 Acondicionamento de transporte

Devido à fragilidade dos elementos decorativos exteriores da peça MRBP.CER.0289, foi feito um reforço na caixa de transporte da peça. Para isso foi usada uma placa de poliestireno de maiores dimensões para a base da caixa (recortada à medida da peça) e diversas placas de poliestireno de menores dimensões para as laterais da caixa (**figura 2.53**), protegendo sobretudo as lagartas que se encontravam encostadas às laterais da caixa e mais suscetíveis a impactos.



Figura 2.53 - Acondicionamento de transporte da peça MRBP.CER.0289

## MÉTODO TRADICIONAL VS USO DE RECURSOS TECNOLÓGICOS ASSOCIADOS

Para a análise da comparação dos métodos, foram considerados os seguintes critérios: precisão dimensional, compatibilidade material e estética, reversibilidade, tempo de execução e risco para a peça original.

### 3.1 Vantagens e desvantagens do método tradicional

As vantagens do método tradicional incluem a compatibilidade material (o uso do gesso Axton® é adequado para cerâmicas porosas); a reversibilidade; os materiais usados, como o gesso e o PB-72, que permitem a remoção da intervenção sem comprometer a peça original; e o custo acessível dos materiais. A intervenção não necessita da participação de equipes multidisciplinares e os ajustes e retoques do fragmento são facilmente feitos durante o processo manual, garantindo estabilidade estrutural. Este método tem também a vantagem de ter o peso equiparado entre gesso e cerâmica, evitando que a peça fique desequilibrada ou sujeita a deformações.

Contudo, este processo pode exigir um maior manuseamento da peça, aumentando a probabilidade de danos, tem uma menor precisão dimensional na intervenção, os moldes podem levar a diferenças nas proporções e na forma e o tempo de execução pode ser moroso. A reintegração cromática, embora eficaz, pode não reproduzir com rigor a textura e o brilho originais de um objeto vidrado.

### 3.2 Vantagens e desvantagens do uso de recursos tecnológicos associados à intervenção

Os recursos tecnológicos foram utilizados no processo de colmatação volumétrica de lacunas, nomeadamente, para a impressão de dois fragmentos: em PLA e em argila. Deste modo, foi também feita uma comparação entre estes dois métodos de impressão.

O recurso a tecnologias digitais reduz significativamente o manuseio das peças, permite obter fragmentos altamente precisos e gera, no processo, documentação digital para futuros estudos ou repetição de procedimentos.

No entanto, é preciso conhecimento técnico, logo necessita de uma equipa multidisciplinar, com competências de engenharia, modelação e impressão 3D e a fase de preparação digital exige tempo, dado que os processos de digitalização e modelação 3D implicam grande rigor. Outra desvantagem são os problemas da digitalização: no caso desta peça o brilho e os ângulos de difícil acesso geraram dificuldade na digitalização e levaram a falhas de “oclusão”, que necessitaram de reconstrução digital.

### **3.2.1 Fragmento em PLA vs. em argila**

Para a impressão do fragmento em falta foram usados dois tipos de materiais, o PLA e a argila.

O PLA apresenta diversas vantagens, como a precisão nos detalhes, pois a modelação e impressão 3D permitiu obter um fragmento com uma grande exatidão na forma e no tamanho, a rapidez na execução, dado que a impressão 3D do material PLA é mais rápida e replicável, e a resistência à água, visto que não absorve a água e mantém as propriedades físicas em ambientes húmidos. Por fim, o processo de impressão do fragmento em PLA tem um custo acessível, tanto nos materiais, como nos equipamentos.

Contudo, também este material apresenta desvantagens, como a sensibilidade ao calor (amolece a partir dos 60°C) e a estética é pouco realista, pois tem uma textura ligeiramente rugosa. Outras desvantagens foram a difícil aplicação da massa acrílica (para facilitar a reintegração cromática) na superfície do PLA (a superfície não ficou totalmente lisa) e a sensibilidade à exposição prolongada à luz UV (podendo deformar ou fragilizar o fragmento). Este fragmento é mais leve que a orelha original, contudo, como a lacuna não é estrutural, considera-se que este possa não ser um aspeto negativo nesta situação particular.

O fragmento em argila também apresenta vantagens e desvantagens. A composição do material assegura uma maior compatibilidade física e estética com a peça original. A estética realista idêntica ao original apresenta uma textura e acabamento tradicionais e, por ter o mesmo peso que a orelha, dá uma maior estabilidade à peça. Adicionalmente a estas vantagens, acrescenta-se a facilidade de ajustar o fragmento antes da cozedura da peça, além de que a reintegração cromática com vidrados adequados poderá ser muito idêntica ao original. No entanto, também este método apresenta desvantagens, como o extenso tempo de produção, visto que, para além da digitalização, modelação e impressão, o elemento requereu um tempo de secagem adequado, um extenso trabalho manual e o processo de cozedura e vidragem. A

impressora da argila fez reajustes na modelação 3D por ser um elemento difícil de imprimir, pois foi dividido em duas partes, em que o início da impressão era a parte mais lisa da orelha (o centro). Devido a estes reajustes, o fragmento obtido tinha bastantes diferenças quando comparado com a orelha original, nomeadamente a linha de fratura, visto que imprimiu a orelha total e não o fragmento com a lacuna, e no interior da orelha, que foi impresso sem ser oco. Este processo implicou muito trabalho manual antes da secagem para que este fragmento fosse o mais semelhante possível ao original. Por último, os equipamentos e materiais utilizados neste procedimento têm um custo elevado.

Relativamente à reversibilidade, ambos os fragmentos (PLA e argila) podem ser removidos sem comprometer a peça original.

### 3.3 Comparação dos métodos

A análise comparativa dos métodos de reconstrução do fragmento em gesso (método tradicional), PLA e argila (métodos tecnológicos) evidencia diferenças significativas em diversos critérios relevantes para a conservação e restauro (**Anexo A.3 - tabela 6.2**).

Em relação à precisão dimensional, o gesso apresenta limitações no processo manual de moldagem que podem originar pequenas discrepâncias nas proporções e no contorno do fragmento. Em contrapartida, o PLA, pela sua produção através de digitalização e impressão 3D, proporciona um elevado grau de exatidão formal e dimensional. A argila, embora também tenha usado a modelação digital, enfrentou diversos desafios no processo de impressão, exigindo trabalho manual para a correção de falhas, o que resultou, contudo, numa peça final com elevada fidelidade ao original.

Relativamente à compatibilidade material e estética, o gesso é adequado para cerâmicas porosas, mas a reintegração cromática e o acabamento não reproduzem com rigor a textura e o brilho originais. O PLA apresenta uma superfície ligeiramente rugosa, comprometendo a integridade visual. A argila revela-se, neste aspeto, o material mais adequado, assegurando uma maior compatibilidade física e química, permitindo a aplicação de vidrados semelhantes aos originais, o que possibilita uma intervenção estética mais idêntica.

O peso e a estabilidade também foram aspetos a considerar. Tanto o gesso como a argila reproduziram fragmentos com uma massa equivalente à da peça original, garantindo um maior equilíbrio e reduzindo riscos estruturais. Já o PLA é significativamente mais leve, mas como a lacuna da peça não é estrutural considera-se que este não seja um aspeto negativo.

Relativamente à durabilidade, o gesso apresenta boa estabilidade em ambientes controlados, mas é sensível à humidade e tem menor resistência mecânica, sendo mais suscetível

ao aparecimento de fissuras. O PLA, sendo um material polimérico, revela uma boa resistência mecânica, mas é vulnerável à exposição prolongada à radiação UV, a temperaturas acima de 60 °C e à humidade relativa incorreta, podendo deformar, ficar mais frágil ou perder a sua integridade dimensional. Já a argila tem um comportamento muito estável a longo prazo, pois, após a cozedura, adquire características semelhantes às cerâmicas originais. Logo, tem uma elevada resistência física e química, baixa sensibilidade às variações ambientais e não é suscetível à degradação por radiação UV. Assim, no critério da durabilidade, a argila apresenta a maior durabilidade.

A composição material é um tópico importante a considerar, uma vez que pode afetar a compatibilidade física, química e estética. O gesso é um sulfato de cálcio, poroso e leve, cujas propriedades permitem boa aderência à cerâmica porosa. Já o PLA, um polímero derivado do ácido poliláctico, é pouco compatível quimicamente com as cerâmicas e a sua superfície revela uma menor afinidade para a aplicação de camadas cromáticas, exigindo preparações adicionais para garantir uma boa adesão. Por outro lado, a argila é composta essencialmente por silicatos de alumínio e, após a cozedura, adquire propriedades muito próximas das cerâmicas originais, o que assegura uma grande compatibilidade material, física e química. Esta compatibilidade permite ter um melhor comportamento estrutural e uma maior afinidade em termos cromáticos, quando se obtêm as cores ideais no processo de vidragem. Assim, do ponto de vista da composição material, a argila destaca-se como o material mais compatível.

Em relação à reversibilidade, os três métodos cumprem este critério, uma vez que todos permitem a remoção do fragmento sem comprometer a integridade da peça original, em conformidade com os princípios fundamentais da conservação e restauro.

Em termos de tempo de execução, o método tradicional com gesso, embora manual, apresenta uma execução relativamente rápida quando comparado ao processo em argila, que implica etapas adicionais, como secagem prolongada, cozedura e vidragem. O PLA distingue-se pela rapidez na impressão e pelo pouco trabalho manual, sendo a opção mais eficiente neste parâmetro.

Relativamente a custos e recursos técnicos, o gesso é o método mais acessível e simples, dispensando equipas multidisciplinares. O PLA, embora exija conhecimentos especializados em modelação e impressão 3D, mantém custos relativamente baixos em materiais e equipamentos. A argila implica custos mais elevados, tanto em termos de recursos técnicos como de maquinaria de produção.

Por fim, apenas os métodos que usam os recursos tecnológicos (PLA e argila) permitem obter uma documentação digital, possibilitando a preservação de dados para futuras investigações ou intervenções. Contrariamente ao gesso, que não contempla este recurso.

Em síntese, o gesso, apesar de ser o método tradicional muito comum na área da conservação e restauro, não consegue alcançar totalmente a reintegração, a textura e o brilho da cerâmica vidrada, fazendo com que este não seja também o material selecionado. Para além disso, a forma obtida com o gesso não foi a mais idêntica à original. A argila vidrada, apesar do elevado investimento em termos de tempo de trabalho e de recursos, destaca-se por combinar a compatibilidade material, a estabilidade estrutural e a durabilidade do fragmento. Contudo, a necessidade de aperfeiçoar este processo e a receita do vidrado para atingir a cor desejada não permitiram obter um resultado bem-sucedido dentro dos prazos de realização desta dissertação. Assim, o PLA foi o elemento escolhido, pois tem uma forma muito precisa, um custo acessível e, apesar da reintegração não ter sido vidrada, a pintura com tintas acrílicas permitiu um resultado final visualmente muito semelhante ao original. Considera-se que a diferença de peso da peça para o fragmento não afetará o equilíbrio da mesma, pois esta não é uma lacuna estrutural. Obteve-se, deste modo, um resultado muito positivo (**anexo A.6.50**).







Figura 3.1 - Resultado da intervenção da peça MRBP.CER.0499

## CARACTERIZAÇÃO MATERIAL DOS CASOS DE ESTUDO

O estudo dos vidrados cerâmicos do século XIX na Europa permite compreender as técnicas de produção e escolha dos materiais deste século, caracterizado pela forte evolução tecnológica na produção de cerâmicas e pelo início da utilização de processos mais industrializados. Os vidrados cerâmicos refletem as inovações tecnológicas desenvolvidas, o quotidiano da época e a interação com as tradições artesanais.

Deste modo, é crucial estudar a caracterização material dos vidrados cerâmicos das peças, com o objetivo de compreender os avanços industriais e as transformações artísticas da Fábrica de Faianças das Caldas da Rainha e do artista Rafael Bordalo Pinheiro. Assim é também possível situar Portugal em termos de desenvolvimento tecnológico, comparando-o com o resto da Europa.

Na ausência de outros estudos de caracterização material de produção da Fábrica Bordallo Pinheiro, procedeu-se, no contexto da intervenção, a uma caracterização material preliminar e à recolha de amostras que servirão para futuros estudos mais abrangentes.

### 4.1 Micro-fluorescência de raios X dispersiva de energias ( $\mu$ -EDXRF)

As peças foram analisadas *in situ* (**anexo A.6.43**) por fluorescência de raios X dispersiva de energias (XRF) com o objetivo de obter a composição química elementar do corpo cerâmico e dos vidrados de diferentes cores. As análises foram realizadas no Departamento de Conservação e Restauro da NOVA FCT, utilizando um espectrofotómetro ARTAX 800 Bruker® equipado com um tubo de raios-X com alvo de Mo e detetor de Si(Li) Xflash® refrigerado por efeito Peltier. As análises foram realizadas sob as seguintes condições: potencial de 40 kV, 600  $\mu$ A de intensidade de corrente, tempo de aquisição de 360 segundos e sob atmosfera de Hélio.

#### 4.1.1 Corpo cerâmico

No corpo cerâmico das três peças estudadas é identificada a presença do potássio (K), do cálcio (Ca), do ferro (Fe) e do titânio (Ti). O barro da floreira apresenta, ainda, o chumbo

(Pb), identificado, possivelmente, por causa do vidrado da peça (**figura 4.1**). No barro da cabeça do porco e no barro da folha, os elementos químicos identificados são, quase sempre, os mesmos, contudo, comparando com o barro da floreira, observa-se a presença de outros elementos, por ter sido, possivelmente, utilizado outro tipo de barro.

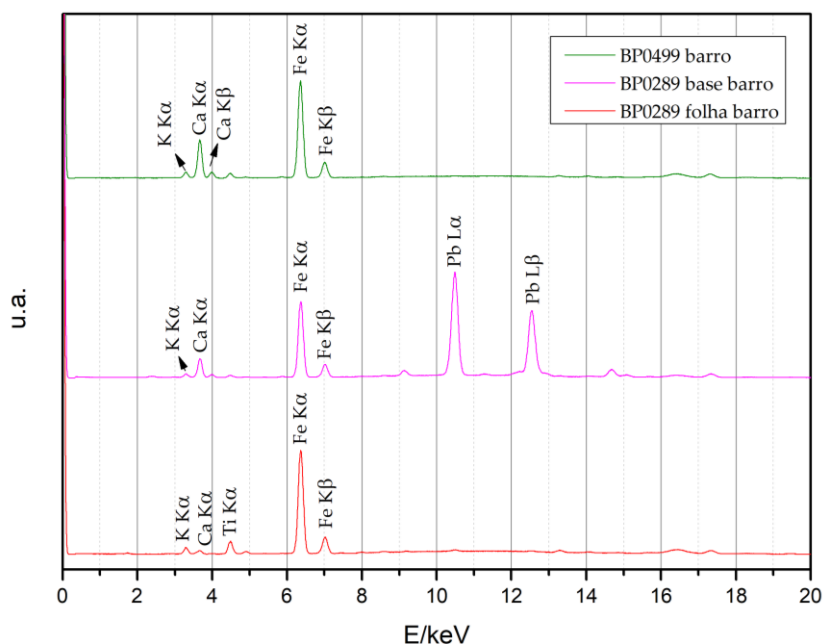


Figura 4.1 – Espectro de XRF dos barros das 3 peças

#### 4.1.2 Vidrados - MRBP.CER.0499 e MRBP.CER.0904

Nas cabeças de porco, apenas foram feitas análises numa peça, visto que ambas são idênticas. Deste modo, não se manuseou desnecessariamente a peça MRBP.CER.0904, que se encontrava bastante fragilizada devido às patologias presentes. Foram analisados dois pontos: um na cor branca do dente da cabeça e outro no focinho (numa zona onde o vidrado castanho apresenta maior concentração).

No vidrado branco é identificado o chumbo (Pb), um elemento muito comum (**consultar capítulo 1.1.1**), e estanho (Sn), tratando-se de um vidrado estanífero [49], [50]. São ainda identificados o cálcio (Ca), o zinco (Zn), o ferro (Fe) e o cobre (Cu). Uma vez que a técnica aqui utilizada não deteta elementos mais leves como o boro, o sódio e, dependendo da concentração, o alumínio, será necessário recorrer a outras técnicas de análise mais sensíveis em estudos futuros para esclarecer se estes elementos, identificados na literatura em vidrados da época (**consultar capítulo 1.1.1**), estão presentes nos vidrados Bordalo Pinheiro do século XIX.

Já para o vidrado base castanho, identificaram-se, novamente, o chumbo (Pb) e o manganês (Mn), responsáveis pela cor (**consultar capítulo 1.1.4**). O cálcio (Ca), o zinco (Zn), o ferro

(Fe) e o cobre (Cu) também foram identificados, tendo os dois últimos possivelmente influência na cor do vidro (figura 4.2).

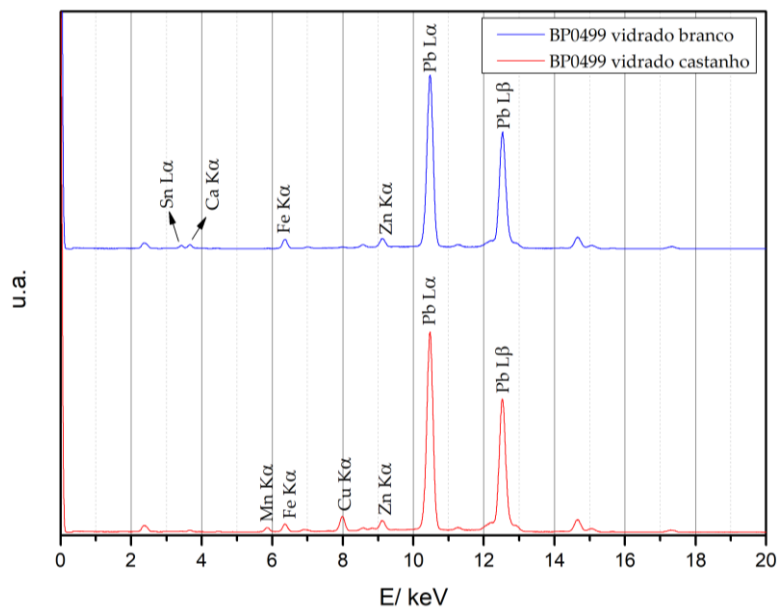


Figura 4.2 . Espectro de XRF dos vidrados da peça MRBP.CER.0904

### 4.1.3 Vidrado - MRBP.CER.0289

A peça com o número de inventário MRBP.CER.0289 tem diversas cores, nomeadamente nos elementos decorativos.

Em todas as cores das folhas de figueira foi identificado o chumbo (Pb), apresentado em intensidades semelhantes. Contudo, o ferro (Fe) tem uma maior intensidade na cor castanha, e o cobre (Cu) tem uma maior intensidade na cor verde, por esta ser possivelmente obtida por óxidos de cobre (**consultar capítulo 1.1.5**) (figura 4.3).

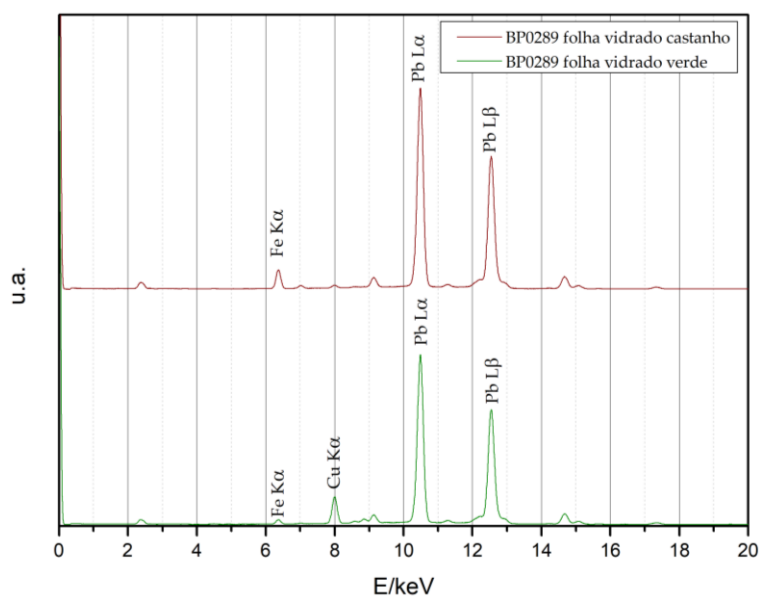


Figura 4.3 - Espectro de XRF dos vidrados das folhas de floreira da peça MRBP.CER.0289

Nas lagartas da peça identificou-se, novamente, o chumbo (Pb) em todas as cores. Na cor púrpura os picos dos elementos de manganês (Mn), cobre (Cu) e ferro (Fe) são mais intensos, quando comparados com as outras tonalidades (**consultar capítulo 1.1.4**) (**figura 4.4**).

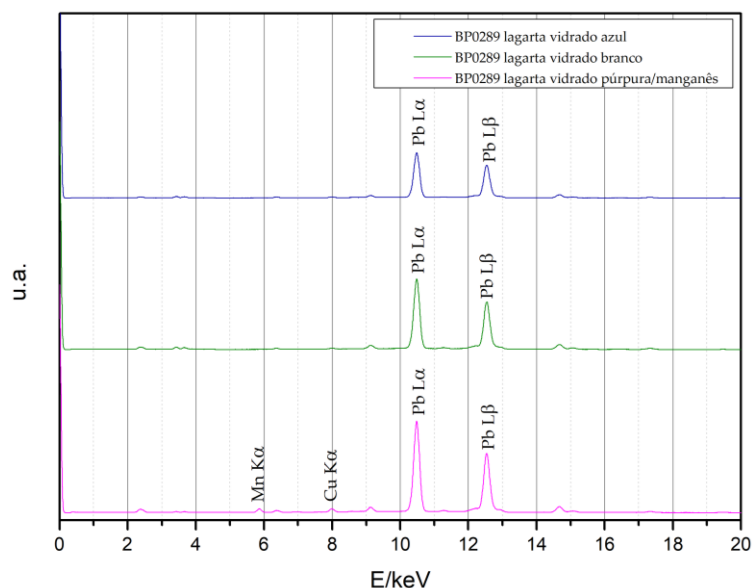


Figura 4.4 - Espectro de XRF da lagarta da peça MRBP.CER.0289

Por último, foi analisado o vidro base da peça, nomeadamente o vidroado branco e o vidroado púrpura mais escura. Em ambos os vidrados se destacam o chumbo (Pb) e o ferro (Fe)

(figura 4.5). Apesar de não se ter identificado o estanho (Sn) no vidroado branco, no século XIX, este era um dos elementos mais comuns na composição desta cor (consultar capítulo 1.1.1).

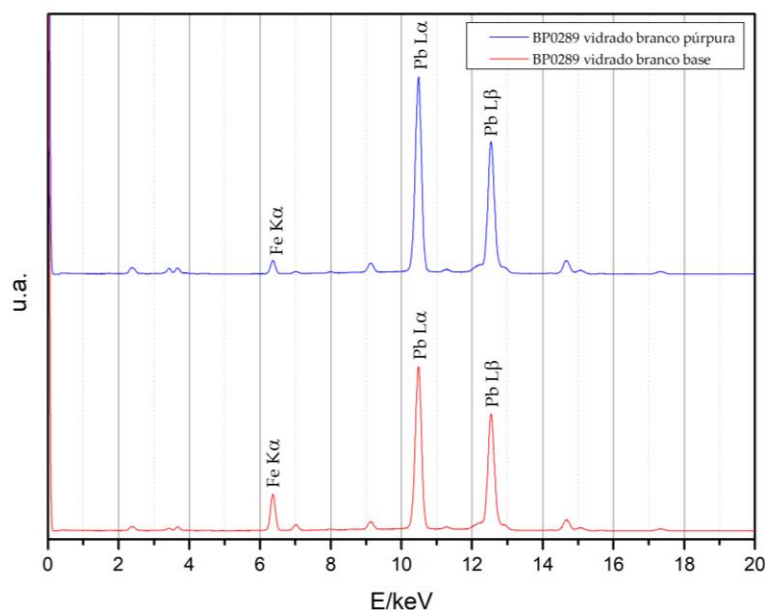


Figura 4.5 - Espectro de XRF dos vidrados base da peça MRBP.CER.0289

## 4.2 Micro-espectroscopia de Raman

Utilizou-se um espectrómetro de Raman *Horiba Jobin Yvon*, modelo *LabRaman 300*, pertencente ao Departamento de Conservação e Restauro da NOVA FCT. Os espectros foram adquiridos usando um laser HeNe com linha de excitação 632.8 nm (17 mW), focado com uma objectiva *Olympus* de 50x, e filtrado a 10% da sua potência.

Para esta técnica foi preciso recolher amostras de dimensões muito reduzidas de todas as peças (anexo A.6.39 - 42). Foi usada uma lupa binocular (Axioplan®), com uma câmara digital (Nikon SMZ745T®) e diversas objectivas (Epiplan®), para observar as amostras com uma maior ampliação e, simultaneamente, captar imagens fotográficas (anexo A.6.44 - 46).

### 4.2.1 Vidrados - MRBP.CER.0499 e MRBP.CER.0904

Nas cabeças apenas foram analisadas amostras da peça MRBP.CER.0904, por ambas as peças terem vidrados idênticos. No vidroado castanho identificou-se a cassiterite ( $\text{SnO}_2$ ) através das bandas de  $470\text{ cm}^{-1}$  e  $633\text{ cm}^{-1}$  (mais intensa) (figura 4.6), presente em pequenas aglomerações de cristais responsáveis pela opacidade do vidroado (consultar capítulo 1.1.1). Identificou-se também um cristal localizado na interface entre o vidroado e a chacota, cujas bandas de raman identificam a hematite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), através da banda intensa a  $293\text{ cm}^{-1}$ , e magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ),

pela banda característica a  $663\text{ cm}^{-1}$  (**figura 4.7**). Também na interface, identificou-se o quartzo ( $\text{SiO}_2$ ) (**figura 4.8**), pela banda intensa a  $462\text{ cm}^{-1}$  e menos intensa a  $124\text{ cm}^{-1}$ .

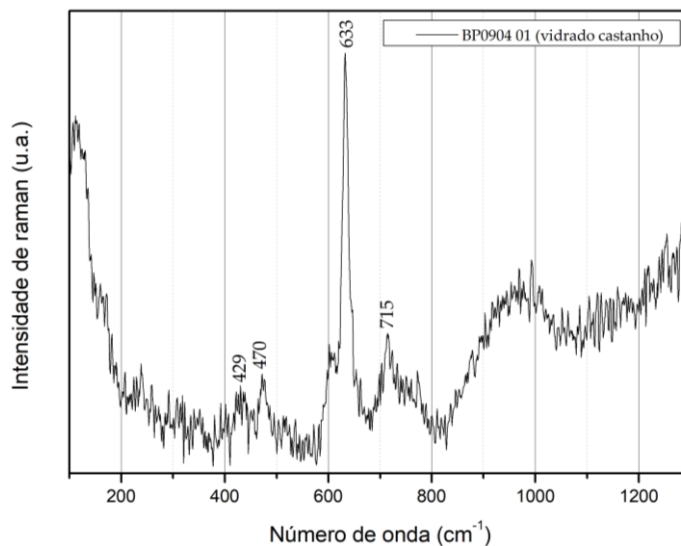


Figura 4.6 - Espectro de raman da cassiterite (R040017 - RRUFF®)

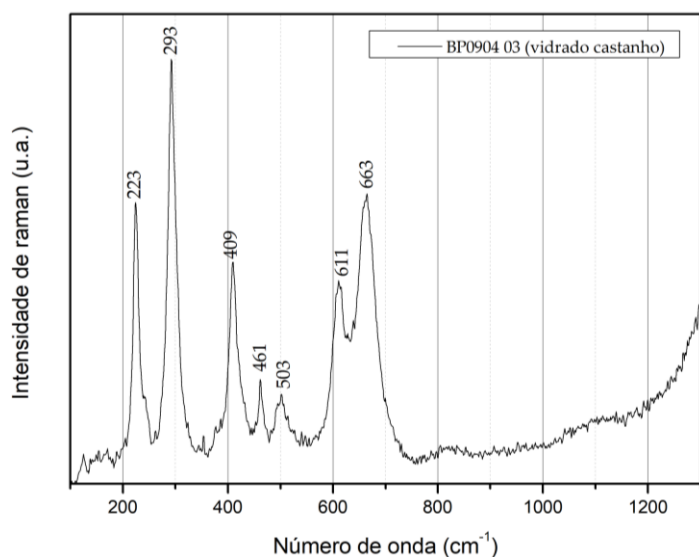


Figura 4.7 - Espectro de raman dos óxidos de ferro (R040024 e R060191 - RRUFF®)

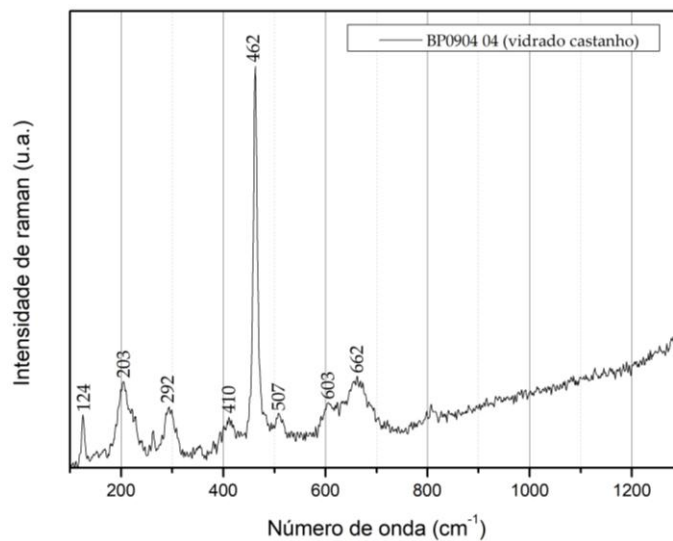


Figura 4.8 - Espectro de raman do quartzo (R040031 - RRUFF®)

## 4.2.2 Vidrados - MRBP.CER.0289

Na peça MRBP.CER.0289 foi possível analisar os dois vidrados (castanho e verde). No vidro castanho, identificam-se óxidos de ferro, através da hematite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), com a banda a  $289\text{ cm}^{-1}$ , e da magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), pela banda de  $658\text{ cm}^{-1}$  (**figura 4.9**). Já no vidro verde

observa-se a sanidine, um feldspato de potássio de altas temperaturas, identificado pela banda entre de  $509\text{ cm}^{-1}$  (figura 4.10). A sanidine resulta da reação entre esmaltes ricos em chumbo e corpos cerâmicos ricos em potássio em altas temperaturas ( $800\text{--}1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) [51], [52], [53].

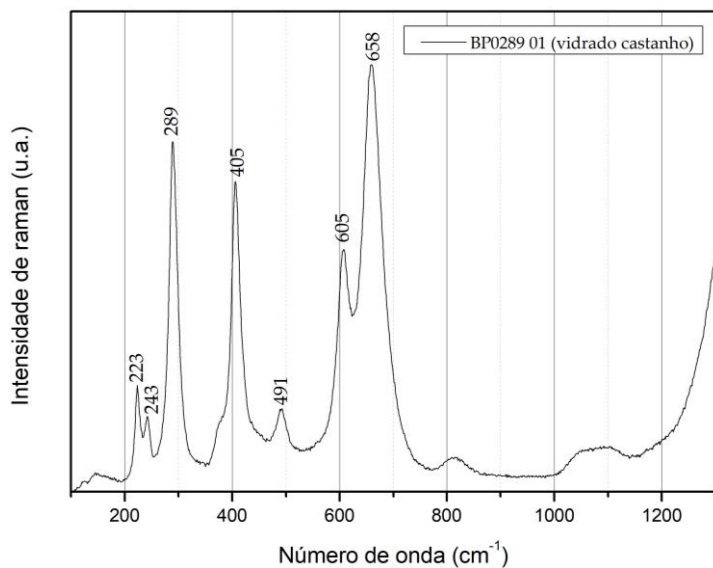


Figura 4.9 - Espectro de raman dos óxidos de ferro (R040024 e R060191 - RRUFF®)

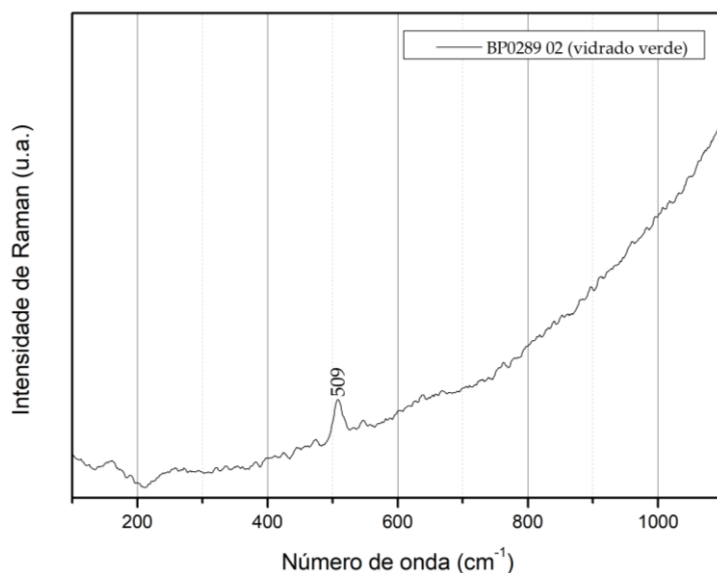


Figura 4.10 - Espectro de raman da sanidine (X050140- RRUFF®)

O trabalho desenvolvido centrou-se no estudo, diagnóstico e intervenção de três peças cerâmicas do século XIX do Museu Bordalo Pinheiro, duas cabeças de porco (MRBP.CER.0499 e MRBP.CER.0904) e uma floreira (MRBP.CER.0289), todas representativas da produção da Fábrica de Faianças das Caldas da Rainha durante a direção de Rafael Bordalo Pinheiro.

Assim, foi realizada uma pesquisa aprofundada sobre os processos de fabrico e as patologias das peças estudadas, que contribuiu para uma melhor compreensão das técnicas utilizadas na fábrica. Estas peças, produzidas em barro vermelho local, misturado com barro “suécio”, foram produzidas através de molde de encher a dedo e moldes de imprimir, o que evidencia que a fábrica optava por uma produção semi-industrial. Já os vidrados usados eram plumbíferos com adição de óxidos metálicos. Concluiu-se, assim, que estas peças resultam de um equilíbrio entre a inovação e a experiência.

Ao nível da caracterização material, as técnicas analíticas (XRF e Raman) revelaram dados relevantes sobre a composição dos vidrados, confirmando a utilização de óxidos metálicos típicos do resto da Europa no século XIX (cobre, manganês, ferro, cobalto, entre outros). Estes resultados revelam a utilização de receitas tradicionais.

Em relação às intervenções realizadas, as três peças foram tratadas com uma metodologia faseada, que incluiu limpeza superficial, preenchimento de lacunas, reintegração cromática e acabamento. No caso do preenchimento da lacuna da MRBP.CER.0499 foram comparadas três metodologias distintas de reconstrução do fragmento em falta:

- A abordagem tradicional, com recurso a moldes em silicone e preenchimento em gesso, que se mostrou eficaz em termos de compatibilidade material e tempo de execução, mas exigiu adaptações manuais significativas devido às diferenças entre as peças na execução dos moldes.
- A abordagem digital em PLA que se destacou pela precisão e rapidez do processo, permitiu reproduzir formas com grande exatidão a partir de digitalização e modelação 3D. Contudo, revelou limitações ao nível da textura superficial.
- Já a abordagem mista, com a produção do elemento em falta em argila através da impressão, demonstrou potencial para uma maior compatibilidade material com o original, mas o processo foi muito demorado, tecnicamente exigente e dependente de ajustes constantes.

A comparação destas abordagens mostrou que não existe uma solução universal para todas as peças, pois cada caso deve ser avaliado em função da natureza da peça, das suas patologias, dos recursos disponíveis e dos objetivos da intervenção. É importante referir que o

recurso a tecnologias digitais não substitui os métodos tradicionais, mas complementa-os. Deste modo, possibilita uma maior variedade de metodologias intervenção e reduz o manuseamento das peças originais. Para além disso, defendo que, quando se opta pelo uso das tecnologias digitais, deve sempre recorrer-se a uma equipa multidisciplinar, em que cada membro é especificamente especializado numa das etapas. Tal como foi o caso da minha dissertação, que necessitou de conhecimentos técnicos das áreas da engenharia eletrotécnica, engenharia mecânica e produção cerâmica especializada em impressão 3D.

Já a peça MBP.CER.0904, que implicou estabilização estrutural e correção de lacunas na base, cabeça e orelha, seguiu a metodologia tradicional (uso de moldes em cera e silicone e preenchimentos em gesso). Também esta peça teve diversos desafios sobretudo por causa da grande dimensão das lacunas e da realização dos moldes (pelo facto de as duas cabeças apresentarem diferenças significativas de forma e tamanho e de se ter assumido que fossem absolutamente idênticas para desenvolver os moldes).

A floreira MBP.CER.0289 foi muito desafiante no preenchimento dos elementos decorativos e na reintegração cromática, fundamentais para a leitura estética da obra, devido à dimensão reduzida das lacunas e à forma e textura dos elementos em falta, as folhas de figueira.

Em síntese, concluo que as principais contribuições desta dissertação foram: a intervenção das três peças cerâmicas do século XIX pertencentes ao Museu Bordalo Pinheiro, devolvendo-lhes a estabilidade estrutural e a legibilidade estética; e o uso de uma abordagem multidisciplinar, que permitiu fazer uma reflexão crítica sobre o papel das tecnologias digitais na conservação e restauro, como ferramenta técnica, oportunidade de inovação metodológica e de debate ético sobre autenticidade, reversibilidade e compatibilidade dos materiais utilizados.

Para além disso, permitiu compreender a produção da Fábrica de Faianças das Caldas da Rainha (1889–1899), caracterizada pela elevada complexidade técnica e forte componente decorativa. Assim como obter mais informação sobre a caracterização material dos vidrados cerâmicos do século XIX, havendo, maioritariamente, estudos sobre a produção na Europa e praticamente nada sobre Portugal. Com este estudo analítico foi possível determinar que existiam afinidades com produções europeias do século XIX e especificidades com a tradição caldense.

## 5.1 Perspetivas futuras

Existem, ainda, alguns pontos que poderão ser pensados para um trabalho futuro. O uso das tecnologias digitais continua a ter um carácter experimental, necessitando de estudos mais alargados que validem a sua eficácia em diferentes contextos e peças. Compreende-se também que as “oclusões”, na digitalização 3D, levam ao aparecimento de novos desafios no decorrer da intervenção. Assim, deve ser feita maior pesquisa de novos materiais e técnicas adicionais (por exemplo, uso de sprays), de forma a captar geometrias complexas sem

quaisquer erros. Por fim, é necessário um estudo mais dedicado à modelação 3D para impressoras de argila, para que não existam falhas posteriores na impressão. No futuro, devem ser feitos testes prévios de vidrados e estudos mais aprofundados antes da realização da vidragem na peça.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] G. Proença, *História da arte*, Editorial Presença, Lisboa, 2011.
- [2] S. Garcia, “Mercado e colecionismo do azulejo em Portugal,” Master’s thesis, Instituto Universitário de Lisboa (ISCTE-IUL), Lisboa, 2018.
- [3] H. Carasek, P. Japiassú, O. Cascudo, and A. Velosa, “Bond between 19th century lime mortars and glazed ceramic tiles,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 59, pp. 85–98, Elsevier, Amsterdam, May 2014, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2014.02.043.
- [4] S. M. E. Mangani, A. Mazzinghi, P. A. Mandò, S. Legnaioli, and M. Chiari, “Characterisation of decoration and glazing materials of late 19th–early 20th century French porcelain and fine earthenware enamels: a preliminary non-invasive study,” *Eur. Phys. J. Plus*, vol. 136, no. 10, Oct. 2021, doi: 10.1140/epjp/s13360-021-02055-x.
- [5] J. P. Veiga and M. A. G. Larsson, “Estudo e caracterização de porcelanas orientais”, Master’s thesis, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa, 2008.
- [6] M. L. Coutinho et al., “Characterization of the glaze and in-glaze pigments of the nineteenth-century relief tiles from the Pena National Palace, Sintra, Portugal,” *Appl. Phys. A Mater. Sci. Process.*, vol. 122, no. 7, Jul. 2016, doi: 10.1007/s00339-016-0214-5.
- [7] M. L. Coutinho et al., “Characterization of tableware from Fábrica de Loiça de Sacavém—linking analytical and documental research,” *Minerals*, vol. 14, no. 3, Mar. 2024, doi: 10.3390/min14030324.
- [8] E. Beauvoit, N. Cantin, Q. Lemasson, R. Chapoulie, and A. Ben Amara, “Archaeometric characterization of the industrial production of porcelains in the Vieillard & Co. Manufactory (Bordeaux, France, 19th century),” *Materials*, vol. 15, no. 15, Aug. 2022, doi: 10.3390/ma15155311.
- [9] P. Colomban and G. Simsek Franci, “Timurid, Ottoman, Safavid and Qajar ceramics: Raman and composition classification of the different types of glaze and pigments,” *Minerals*, vol. 13, no. 7, Jul. 2023, doi: 10.3390/min13070977.
- [10] S. Coentro, J. M. Mimoso, A. M. Lima, A. S. Silva, A. N. Pais, and V. S. F. Muralha, “Multi-analytical identification of pigments and pigment mixtures used in 17th century Portuguese azulejos,” *J. Eur. Ceram. Soc.*, vol. 32, no. 1, pp. 37–48, Jan. 2012, doi: 10.1016/j.jeurceram-soc.2011.07.021.
- [11] L. D. Kock and D. De Waal, “Raman analysis of ancient pigments on a tile from the Citadel of Algiers,” *Spectrochim. Acta A Mol. Biomol. Spectrosc.*, vol. 71, no. 4, pp. 1348–1354, Dec. 2008, doi: 10.1016/j.saa.2008.04.024.
- [12] E. Figueiredo, “As cores na azulejaria portuguesa: restauro e caracterização analítica de dois conjuntos azulejares dos séculos XVII/XVIII pertencentes ao Museu Nacional do Azulejo,”

- Master's thesis, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa, Sep. 2022.
- [13] P. Colombar, G. Simsek Franci, M. Gironde, P. d'Abrigeon, and A. C. Schumacher, "pXRF data evaluation methodology for on-site analysis of precious artifacts: cobalt used in the blue decoration of Qing Dynasty overglazed porcelain enameled at Customs District (Guangzhou), Jingdezhen and Zaobanchu (Beijing) workshops," *Heritage*, vol. 5, no. 3, pp. 1752–1778, Sep. 2022, doi: 10.3390/heritage5030091.
- [14] R. Wen, C. S. Wang, Z. W. Mao, Y. Y. Huang, and A. M. Pollard, "The chemical composition of blue pigment on Chinese blue-and-white porcelain of the Yuan and Ming dynasties (AD 1271–1644)," 2007.
- [15] D. Jonynaitė, J. Senvaitienė, J. Kiuberis, A. Kareiva, R. Juškėnas, and R. Ramanauskas, "XRD characterization of cobalt-based historical pigments and glazes," *Chemija*, vol. 20, no. 1, Vilnius University Press, 2009.
- [16] R. Alaimo, G. Bultrini, I. Fragala, R. Giarrusso, and G. Montana, "Microchemical and microstructural characterisation of medieval and post-medieval ceramic glaze coatings," *Appl. Phys. A Mater. Sci. Process.*, vol. 79, no. 2, pp. 263–272, Jul. 2004, doi: 10.1007/s00339-004-2522-4.
- [17] A. Guilherme et al., "X-ray fluorescence (conventional and 3D) and scanning electron microscopy for the investigation of Portuguese polychrome glazed ceramics: advances in the knowledge of the manufacturing techniques," *Spectrochim. Acta B At. Spectrosc.*, pp. 297–307, May 2011, doi: 10.1016/j.sab.2011.02.007.
- [18] S. Carneiro de Almeida, "Caracterização material e conservação e restauro de um painel de azulejos do séc. XVII do Ecomuseu do Seixal, Portugal," Master's thesis, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa, Dec. 2011.
- [19] U. Veronesi, M. Bandiera, M. Manso, A. Ruivo, M. Vilarigues, and S. Coentro, "Naples yellow: experimental re-working of historical recipes and the influence of the glazing process in the in situ analysis of historical artwork," *Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidrio*, vol. 62, no. 6, pp. 558–570, Nov. 2023, doi: 10.1016/j.bsecv.2023.01.006.
- [20] L. Verger, O. Dargaud, G. Rousse, M. Cotte, and L. Cormier, "The stability of gahnite doped with chromium pigments in glazes from the French Manufacture of Sèvres," *J. Am. Ceram. Soc.*, vol. 100, no. 1, pp. 86–95, 2017, doi: 10.1111/jace.14452.
- [21] A. Bouquillon et al., "French decorative ceramics mass-produced during and after the 17th century: chemical analyses of the glazes," *Archaeometry*, vol. 60, no. 5, pp. 946–965, Oct. 2018, doi: 10.1111/arcm.12349.
- [22] L. Tarenta, "Rafael Bordalo Pinheiro: a obra cerâmica do artista aplicada à formação profissional em gastronomia de jovens de nível V," Master's thesis, Instituto Politécnico de Leiria, Oct. 2020.
- [23] J. B. Serra, "Arte e indústria na transição para o século XX: a fábrica dos Bordalos," 1988. [Online]. Available: <https://about.jstor.org/terms>. Accessed: May 16, 2025.
- [24] P. Ramos, "A fábrica de Rafael Bordalo Pinheiro," *Arqueologia Industrial*, 2007.

- [25] Restos de Coleção, “Raphael Bordallo Pinheiro.” [Online]. Available: <https://restosdecolec-cao.blogspot.com/2010/06/raphael-bordallo-pinheiro.html>. Accessed: May 16, 2025.
- [26] Portaldigital.pt, “Fábrica de faianças.” [Online]. Available: [https://turismo.portaldigital.pt/vi-site/caldas\\_da\\_rainha/f%C3%A1brica\\_de\\_faian%C3%A7as?p=6e1c9377-a9ab-496e-883a-2bfbe915e49a&c=a7246ad6-dcf9-4967-8d6f-6cabb2c7de9c](https://turismo.portaldigital.pt/vi-site/caldas_da_rainha/f%C3%A1brica_de_faian%C3%A7as?p=6e1c9377-a9ab-496e-883a-2bfbe915e49a&c=a7246ad6-dcf9-4967-8d6f-6cabb2c7de9c). Accessed: May 16, 2025.
- [27] Museu Bordalo Pinheiro, “Rafael Bordalo Pinheiro.” [Online]. Available: <https://museubordalo-pinheiro.pt/rafael-bordalo-pinheiro/>. Accessed: May 16, 2025.
- [28] Ministério da Cultura, Instituto Português de Museus, and Museu de Cerâmica, Eds., *Rafael Bordalo Pinheiro e a Fábrica de Faianças das Caldas da Rainha (1884–1905)*. 2005.
- [29] M. Teixeira, “A génese do Museu Rafael Bordalo Pinheiro (1913–1924): Cruz Magalhães, o coleccionador bordaliano. Um museu na Primeira República,” research report, Universidade de Lisboa, Jan. 2016.
- [30] R. Calado, I. Fernandes, E. Rebelo, and C. Ramos-Horta, *A Fábrica de Faianças das Caldas da Rainha: De Bordalo Pinheiro à actualidade: sua história*, Livraria Civilização Editora, Lisboa, 1st ed. 2008.
- [31] P. Protes, *Bibliotheca de instrução profissional*, Livraria Civilização Editora, Lisboa 1907.
- [32] A. Mântua et al., “Cerâmica: normas de inventário”, Museu Nacional do Azulejo, Lisboa, May 2007.
- [33] A. Ablum, “Estudo da aplicação de adesivos de cura UV em conservação e restauro de vidro e vitral,” Master’s thesis, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Sep. 2015.
- [34] A. Darnal, Z. Shahid, H. Deshpande, J. Kim, and A. Muliana, “Tuning mechanical properties of 3D printed composites with PLA:TPU programmable filaments,” *Compos. Struct.*, vol. 318, Aug. 2023, doi: 10.1016/j.compstruct.2023.117075.
- [35] K. Özsoy, A. Erçetin, and Z. A. Çevik, “Comparison of mechanical properties of PLA and ABS based structures produced by fused deposition modelling additive manufacturing,” *Eur. J. Sci. Technol.*, Nov. 2021, doi: 10.31590/ejosat.983317.
- [36] Treatstock, “Express guide of FDM 3D printing materials.” [Online]. Available: <https://www.treatstock.com/guide/article/118-express-guide-of-fdm-3d-printing-materials>. Accessed: Aug. 14, 2025.
- [37] C. Haynes, J. Sybalsky, and F. Ritchie, “3D printing for casting proportional replicas in the conservation of articulated skeletons,” 2021. [Online]. Available: [www.culturalheritage.org](http://www.culturalheritage.org). Accessed: Aug. 14, 2025.
- [38] Y. Zhou, E. Aura-Castro, and E. Nebot Díaz, “3D printing technology and its application in the conservation and restoration of porcelain,” in *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, Copernicus Publications, Jun. 2023, pp. 301–307, doi: 10.5194/isprs-annals-X-M-1-2023-301-2023.
- [39] J. Alexandra and P. Pereira, “Art as an addi(c)tive process: a multidisciplinary approach of science and technology in artistic practice,” Unpublished manuscript, 2025.

- [40] “Manual of use and maintenance original instructions – Delta WASP 40100,” Delta WASP, Massa (IT), 2018.
- [41] J. E. Tavares Cordioli, O. Rubem, and K. Montedo, “Estudo da influência do regime de moagem na distribuição granulométrica da barbotina,” Master’s thesis, Universidade Federal de São Carlos, 2009.
- [42] M. Badruddin, “Behind the scenes of handbuilding ceramics: the power of slip and score,” *Slowfire*. [Online]. Available: <https://www.slowfireceramics.com/post/behind-the-scenes-of-handbuilding-ceramics-the-power-of-slip-and-score>. Accessed: Aug. 23, 2025.
- [43] “Alchemix EP 5244,” Alchemie, 2023. [Online]. Available: [www.alchemie.com](http://www.alchemie.com). Accessed: Aug. 30, 2025.
- [44] Alchemie, “EP5244.” [Online]. Available: <https://www.alchemie.com/ep5244.html>. Accessed: Aug. 30, 2025.
- [45] Xunyu Chemical, “Hydrophilic fumed silica.” [Online]. Available: <https://fumed-silica.net/products/hydrophilic-fumed-silica>. Accessed: Aug. 30, 2025.
- [46] Kremer Pigmente, “Kremer Pigmente.” [Online]. Available: <https://www.kremer-pigmente.com/en/>. Accessed: Aug. 30, 2025.
- [47] S. Canaveira, “A Capela de S. João Baptista: o esplendor do mosaico vítreo – caracterização dos elementos colorantes,” Master’s thesis, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa, Nov. 2012.
- [48] A. S. dos Reis, E. Junca, F. F. Grillo, V. P. Della Sagrillo, and F. R. V. Diaz, “Caracterização de argila para utilização em cerâmica vermelha estrutural,” in *Proceedings*, Edgard Blucher, Feb. 2019, pp. 8301–8309, doi: 10.5151/1516-392x-24897.
- [49] M. Vendrell, J. Molera, and M. S. Tite, “Optical properties of tin-opacified glazes,” *Archaeometry*, vol. 42, no. 2, pp. 325–340, 2000, doi: 10.1111/j.1475-4754.2000.tb00885.x.
- [50] M. Matin, “Tin-based opacifiers in archaeological glass and ceramic glazes: a review and new perspectives,” *Archaeol. Anthropol. Sci.*, Apr. 2019, doi: 10.1007/s12520-018-0735-2.
- [51] S. Coentro et al., “Mineralogical characterization of Hispano-Moresque glazes: a  $\mu$ -Raman and scanning electron microscopy with X-ray energy dispersive spectrometry (SEM-EDS) study,” *Microsc. Microanal.*, vol. 24, no. 3, pp. 300–309, Jun. 2018, doi: 10.1017/S1431927618000338.
- [52] J. J. Freeman, A. Wang, K. E. Kuebler, B. L. Jolliff, and L. A. Haskin, “Characterization of natural feldspars by Raman spectroscopy for future planetary exploration,” *Can. Mineral.*, vol. 46, no. 6, pp. 1477–1500, Dec. 2008, doi: 10.3749/canmin.46.6.1477.
- [53] J. Molera, T. Pradell, N. Salvadó, and M. Vendrell-Saz, “Interactions between clay bodies and lead glazes,” *J. Am. Ceram. Soc.*, vol. 84, no. 5, pp. 1120–1128, 2001, doi: 10.1111/j.1151-2916.2001.tb00799.x.
- [54] Mnemosine Ilustrada Associação Cultural, “Glossário de artes decorativas.” [Online]. Available: <https://www.mniac.pt/v-gloss%C3%A1rio-de-artes-decorativas>. Accessed: Aug. 1, 2025.

- [55] Paul-Antoine, "Bernard Palissy." [Online]. Available: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-PT&lr=&id=whQLAAAIAAJ&oi=fnd&pg=PA23>. Accessed: May 16, 2025.

## A.1 Mapeamentos

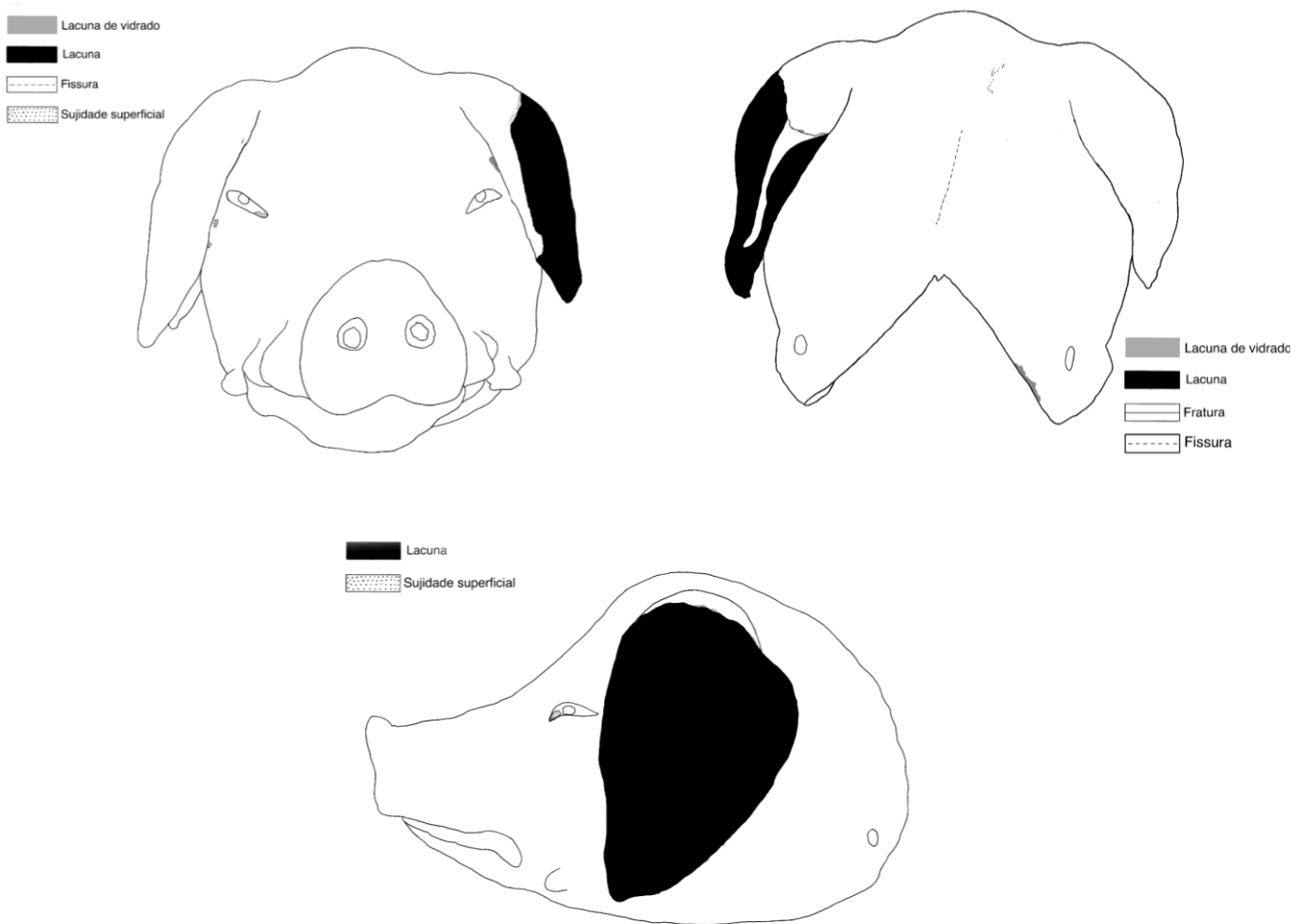


Figura A.6.1 - Mapeamentos MRBP.CER.0499

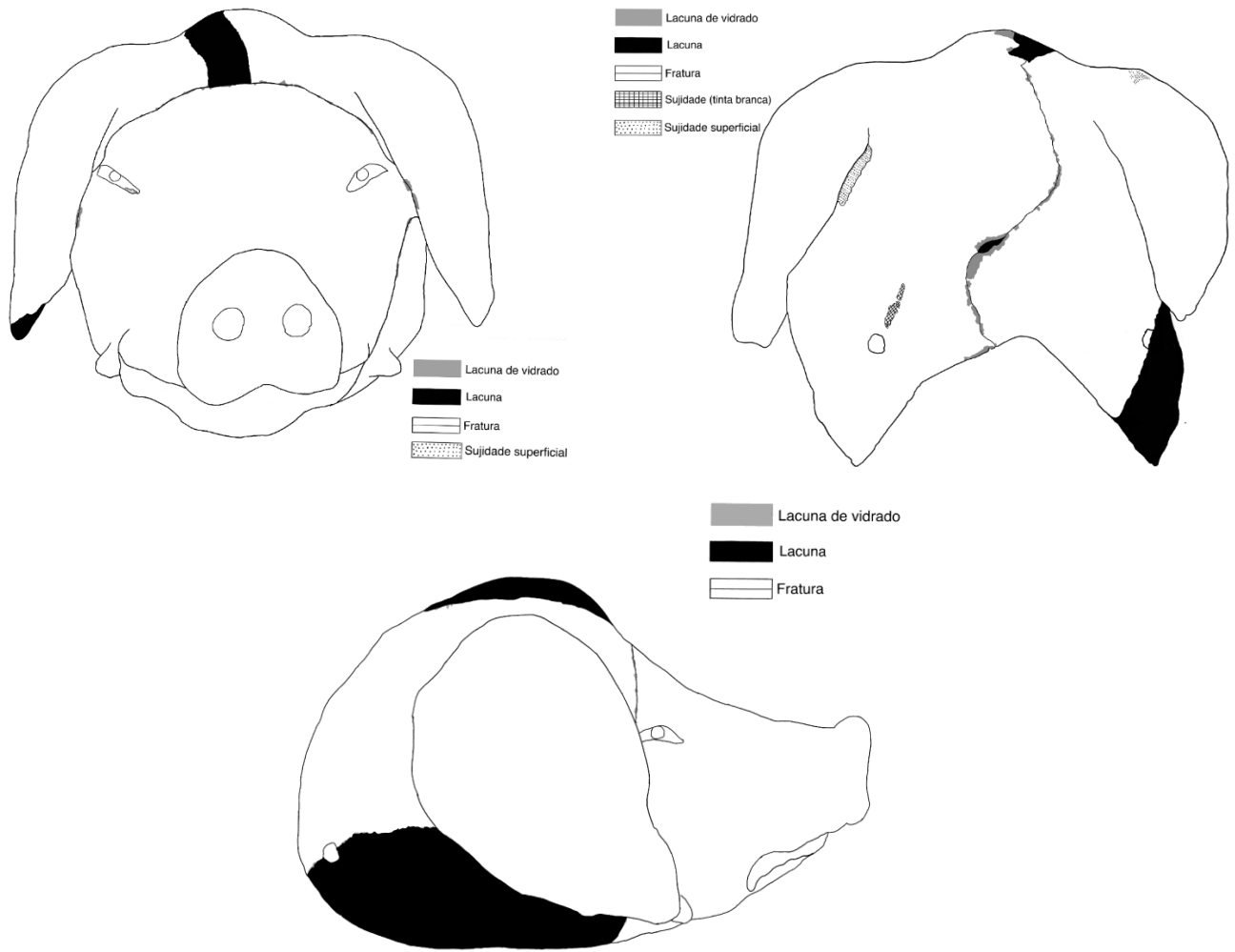


Figura A.6.2 - Mapeamentos MRBP.CER.0904

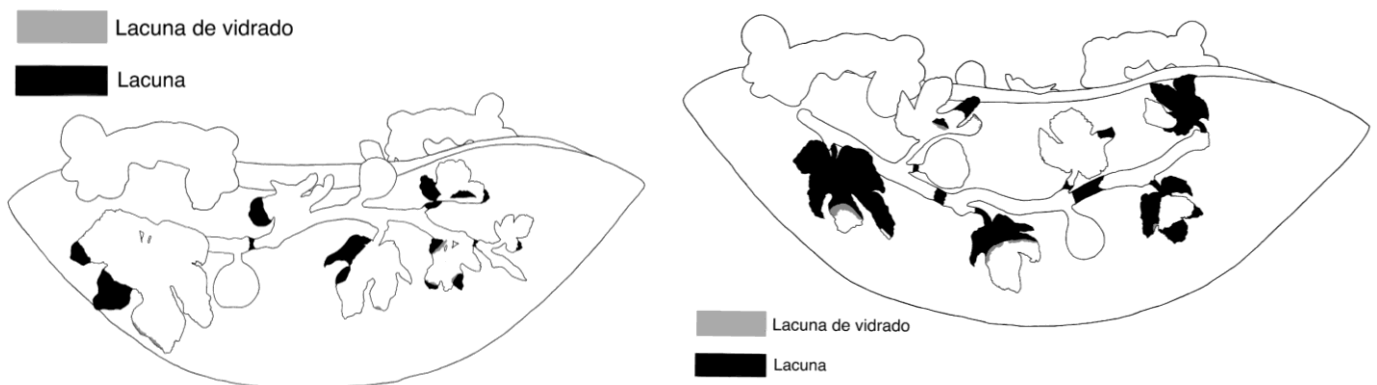


Figura A.6.3 - Mapeamentos MRBP.CER.0499

## A.2 Registo fotográfico



Figura A.6.4 - Fotografias antes da intervenção  
MRBP.CER.0499

Figura A.6.5 - Fotografias laterais antes da intervenção  
MRBP.CER.0499





Figura A.6.6 - Fotografias antes da intervenção MRBP.CER.0904



Figura A.6.7 - Fotografias laterais antes da intervenção MRBP.CER.0904



Figura A.6.8 - Fotografias antes da intervenção MRBP.CER.0289



Figura A.6.9 - Fotografias frontais antes da intervenção MRBP.CER.0499





Figura A.6.10 – Cotonete de algodão usado na limpeza



Figura A.6.11 - Testes de solubilidade feitos no adesivo

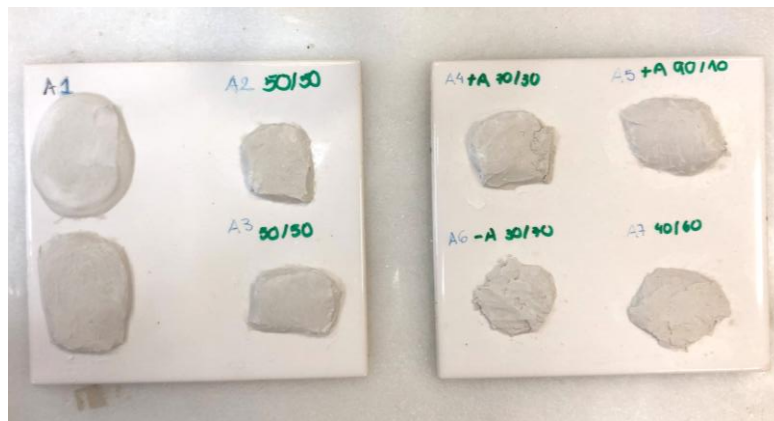


Figura A.6.12 - Testes de comparação de diferentes gessos



Figura A.6.13 - Testes de folhas de figueira



Figura A.6.14 - Mistura de água com gesso para obter a pasta



Figura A.6.15 - Silicone



Figura A.6.16 - Aplicação do silicone



Figura A.6.17 - Reajustes feitos na orelha de gesso



Figura A.6.18 - Equipamento de digitalização



Figura A.6.19 - Ajustes feitos durante o momento da impressão em argila



Figura A.6.20 - Secagem dos fragmentos impressos em argila



Figura A.6.21 - Materiais usados para a união e nivelamento dos fragmentos em barro



Figura A.6.22 - Nivelamento de um fragmento



Figura A.6.23 - Provetes para testes de contração do barro



Figura A.6.24 - Provetes de teste após a cozedura



Figura A.6.25 - Fragmento de teste feito para calcular a contração do barro na cozedura



Figura A.6.26 - Fonte de calor na cera rosa



Figura A.6.27 - Nivelamento do preenchimento da lacuna da cabeça com bisturi



Figura A.6.28 - Aplicação de Aguaplast Cima® na lacuna da base



Figura A.6.29 - Mistura dos dois componentes para obter Milliput®



Figura A.6.30 - Modelação do Milliput®



Figura A.6.31 - Testes de reintegração num dos testes das orelhas de gesso



Figura A.6.32 - Testes de reintegração cromática das folhas com tintas acrílicas



Figura A.6.33 - Materiais usados na reintegração cromática dos preenchimentos em gesso

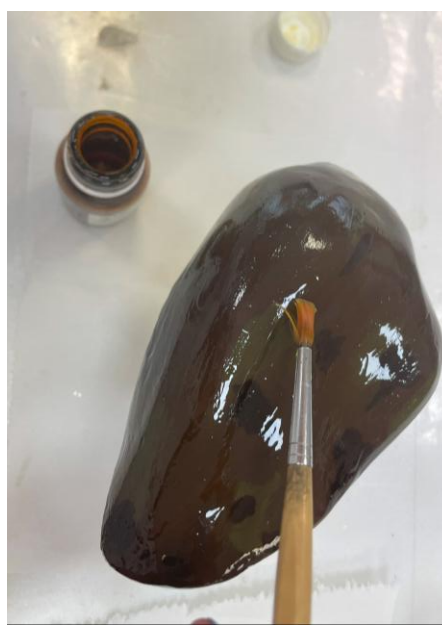


Figura A.6.34 - Aplicação do verniz sintético no fragmento em PLA

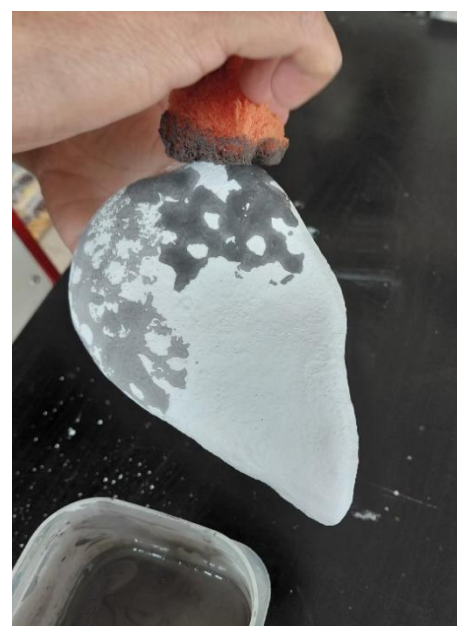


Figura A.6.35 - Aplicação dos vidrados pela ceramista Isabel Colher

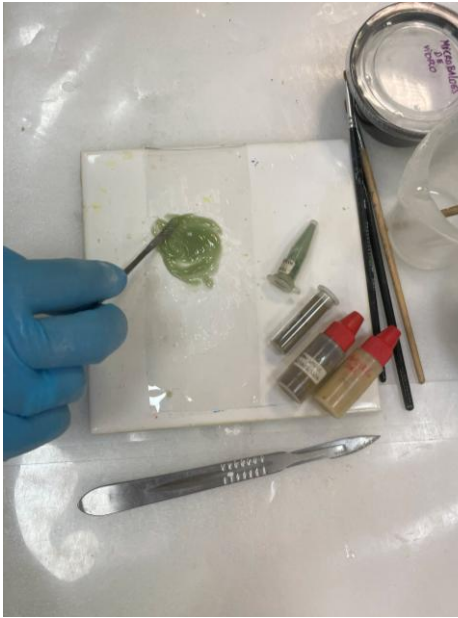


Figura A.6.36 - Materiais usados na re-integração cromática da peça MRBP.CER.0289



Figura A.6.37 - União do PLA com a peça MRBP.CER.0499



Figura A.6.38 - Nivelamento da união com lixas

## A.2.1 Caracterização analítica



Figura A.6.39 - Recolha de uma das amostras da cabeça MRBP.CER.0499



Figura A.6.40 - Colocação da resina epoxídica nas amostras



Figura A.6.41 - Amostras feitas para as análises de Raman



Figura A.6.42 - Polimento das amostras



Figura A.6.43 - Análises de XRF feitas na peça MRBP.CER.0289

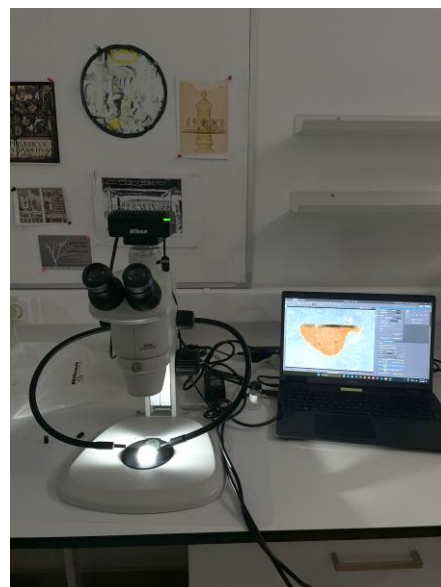


Figura A.6.44 - Amostras na lupa binocular



Figura A.6.45 - Amostra BP0904 03 vista na lupa binocular



Figura A.6.46 - Amostra BP0289 04 vista na lupa binocular

## A.2.2 Antes e pós intervenção



Figura A.6.47 – Antes e depois da limpeza da peça MRPB.CER.0499 (pormenor)



Figura A.6.48 - Antes e depois da limpeza da peça MRPB.CER.0904 (pormenor)



Figura A.6.49 – Pormenor do antes e depois da limpeza da peça MRPB.CER.0289

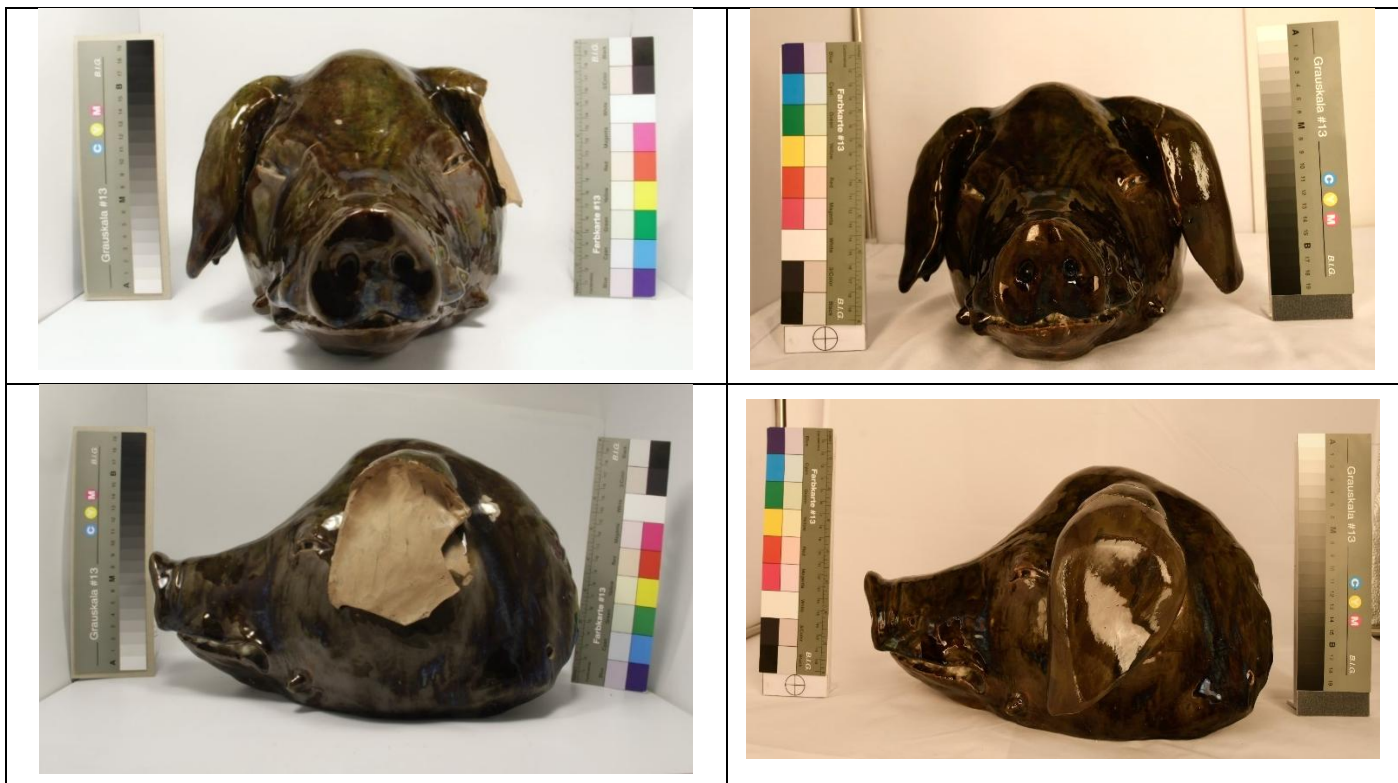


Figura A.6.50 - Comparação do antes e pós intervenção da peça MRBP.CER.0499



Figura A.6.51 - Comparação do antes e pós intervenção da peça MRBP.CER.0904



Figura A.6.52 - Comparação do antes e pós intervenção da peça MRBP.CER.0289

## A.3 Tabelas

Tabela 6.1 - Comparação de materiais usados nos preenchimentos de lacunas

Família	Designação	Fabricante	Pontos positivos	Pontos negativos	Observações	Sites com a técnica do produto
Gesso	Gesso em pó extrafino	Axton®	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Compatível com cerâmicas porosas;</li> <li>2) Fácil de aplicar;</li> <li>3) Grande resistência mecânica;</li> <li>4) Fácil de remover.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Pode necessitar de reajustes;</li> <li>2) Sensível à água;</li> <li>3) Pode fissurar.</li> </ol>	-	<a href="https://media.adeo.com/media/3388120/media.pdf">https://media.adeo.com/media/3388120/media.pdf</a>
	Massa de estuque SodaCasa	SodaCasa®	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Compatível com diversas superfícies;</li> <li>2) Fácil de aplicar</li> <li>3) Fácil de remover.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Pouca resistência mecânica;</li> <li>2) Sensível à humidade;</li> <li>3) Sensível à água;</li> <li>4) Difícil acabamento;</li> <li>5) Difícil de remover;</li> <li>6) Secagem muito lenta.</li> </ol>	-	<a href="https://www.amccunha.pt/admin/ficheiros/artigosFicheiros/massa-estruque-normal-20-02-2025-ft.pdf">https://www.amccunha.pt/admin/ficheiros/artigosFicheiros/massa-estruque-normal-20-02-2025-ft.pdf</a>
	Gesso CrystalCast	Saint Gobain Formula®	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Grande resistência mecânica;</li> <li>2) Fácil de reproduzir pormenores;</li> <li>3) Fácil de remover.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Difícil de aplicar;</li> <li>2) Alta dureza;</li> <li>3) Rápida secagem.</li> </ol>	-	<a href="https://www.saintgobainformula.com/de/documents/produktdatenblatt/crystacast-nk-pds-en-20230103.pdf">https://www.saintgobainformula.com/de/documents/produktdatenblatt/crystacast-nk-pds-en-20230103.pdf</a>
Massa acrílica de preenchimento	Aguaplast® Standart Cima (pó)	Beissier	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Grande aderência a superfícies porosas;</li> <li>2) Excelente para</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Pode causar tensões internas;</li> <li>2) Sensível à</li> </ol>	-	<a href="https://www.beissier.es/pt/producos/products_17024.html?utm_source.com">https://www.beissier.es/pt/producos/products_17024.html?utm_source.com</a>

			<p>acabamentos;</p> <p>3) Suaviza a superfície;</p> <p>3) Reduz a absorção do suporte;</p> <p>4) Fácil aplicação;</p> <p>5) Baixa retração.</p>	<p>humidade;</p> <p>3) Aparência opaca e mate;</p> <p>4) Não é recomendado para preenchimentos estruturais.</p>		
<b>Epoxida</b>	Milliput Epoxy Putty	-	<p>1) Utilizado em diversos materiais</p> <p>2) Fácil de moldar;</p> <p>3) Adere a diferentes superfícies</p> <p>4) Após a cura, torna-se muito resistente;</p> <p>5) Resistente à água.</p>	<p>1) Após a cura, o material pode ficar mais duro do que o material original;</p> <p>2) Ligeiramente pesado;</p> <p>3) Sensível à humidade;</p> <p>4) Tendência para amareecer com o tempo e exposição à luz.</p>	É uma massa epóxida de grande qualidade, indicada para restauro de cerâmicas, porcelanas, pedra e objetos com grandes detalhes.	<a href="https://www.mbfco.uk/datasheets/milliput_tech.pdf">https://www.mbfco.uk/datasheets/milliput_tech.pdf</a>
<b>Acrílicas</b>	Paraloid B-72 + microbalões de vidro	-	<p>1) Fácil de remover;</p> <p>2) Adere facilmente à cerâmica;</p> <p>3) Compatível esteticamente;</p> <p>4) Estabilidade a longo prazo;</p> <p>5) Não altera a cor e resiste à oxidação.</p>	<p>1) Solúvel em solventes;</p> <p>2) Difícil de preparar;</p> <p>3) Adesão mais fraca em comparação com materiais epoxídicos;</p> <p>4) Reticulação com o tempo.</p>	-	<p>Paraloid B-72: <a href="https://www.dow.com/pt-br/pdp.paraloid-b-72-100-resin.154799z.html#tech-content">https://www.dow.com/pt-br/pdp.paraloid-b-72-100-resin.154799z.html#tech-content</a></p> <p>Microbalões de vidro: <a href="https://barbot.pt/wp-content/uploads/2024/01/6821-FT-Esferas-de-vidro.pdf">https://barbot.pt/wp-content/uploads/2024/01/6821-FT-Esferas-de-vidro.pdf</a></p>
	Golden® Acrylics	Golden	<p>1) Boa aderência à cerâmica</p> <p>2) Fácil de usar</p> <p>3) Rápida secagem</p> <p>4) Parcialmente</p>	<p>1) Baixa resistência mecânica</p> <p>2) Pouca durabilidade</p> <p>3) Vulnerável a solventes e água</p>	-	<a href="https://www.muziker.pt/golden-artist-colors-open-acryl-paint-green-gold-59ml?utm_source.com">https://www.muziker.pt/golden-artist-colors-open-acryl-paint-green-gold-59ml?utm_source.com</a>

			reversível 5) Flexível 6) Baixa toxicidade 7) Não altera a cor e resiste à oxidação	4) Não é possível remover totalmente 5) Sensível à temperatura 6) Sensível à luz e ao ar 7) Reticulação com o tempo		
	Amsterdam® Acrylics	Royal Talens	1) Boa estabilidade; 2) Rápida secagem; 3) Elevada gama cromática; 4) Fácil de utilizar	1) Menor profundidade tonal comparado com óleo; 2) Brilho pode variar; 3) Vulnerável a solventes e água; 4) Sensível à temperatura; 5) Sensível à luz e ao ar		<a href="https://www.pontodasartes.com/pt/catalogo/acrilica/tintas-acrilicas/standard/acrilico-amsterdam/?srsltid=AfmBOobRbneG0pW-6d_f-RHY8Vlvv_Fqm24w8Ogw_AXy-teHFgOTp-Fb">https://www.pontodasartes.com/pt/catalogo/acrilica/tintas-acrilicas/standard/acrilico-amsterdam/?srsltid=AfmBOobRbneG0pW-6d_f-RHY8Vlvv_Fqm24w8Ogw_AXy-teHFgOTp-Fb</a>

Tabela 6.2 - Comparação das abordagens

<b>Critério</b>	<b>Método tradicional (gesso)</b>	<b>Tecnologia digital (PLA)</b>	<b>Tecnologia digital (argila)</b>
<b>Precisão dimensional</b>	Necessita de ajustes manuais	Elevada precisão	Necessita de ajustes manuais
<b>Compatibilidade material</b>	Adequado para cerâmicas porosas	Menor compatibilidade	Elevada compatibilidade
<b>Estabilidade estrutural</b>	Peso semelhante ao original	Ligeiramente mais leve que o original	Peso semelhante ao original
<b>Durabilidade</b>	Estável, suscetível ao aparecimento de fissuras	Estável, mas vulnerável à radiação UV	Muito estável
<b>Composição material</b>	Compatível com cerâmicas porosas	Pouco compatível quimicamente	Muito compatível
<b>Reversibilidade</b>	Sim	Sim	Sim
<b>Tempo de execução</b>	Médio	Rápido	Lento
<b>Custo</b>	Baixo e não necessita de equipa multidisciplinar	Baixo e precisa de equipa multidisciplinar	Alto e precisa de equipa multidisciplinar
<b>Documentação digital</b>	Não	Sim	Sim





2025

Marta Neves

ESTUDO, DIAGNÓSTICO E CONSERVAÇÃO DE TRÊS PEÇAS CERÂMICAS DO MUSEU BORDALO PINHEIRO