



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

DEPARTAMENTO DE MATERIAIS
Núcleo de Materiais Pétreos e Cerâmicos

Proc. 0205/11/17684

AZULEJOS HISTÓRICOS

Plano de trabalhos para avaliação de materiais e técnicas de conservação e restauro

Plano de Investigação Programada do LNEC

Lisboa • Julho de 2011

I&D MATERIAIS

RELATÓRIO 249/2011 – NPC

AZULEJOS HISTÓRICOS: PLANO DE TRABALHOS PARA AVALIAÇÃO DE MATERIAIS E TÉCNICAS DE CONSERVAÇÃO E RESTAURO

RESUMO

Este relatório apresenta um plano de trabalhos que pretende estudar, avaliar e otimizar os métodos de conservação e restauro utilizados no tratamento de azulejos degradados. A finalidade última é oferecer respostas técnicas à questão: “como restaurar os azulejos de maneira eficaz e de modo a que a durabilidade seja tão longa quanto possível, sem manifestação de efeitos adversos com o passar do tempo?”

Serão considerados produtos de restauro comercialmente disponíveis e ainda produtos utilizados em outros domínios mas considerados promissores para esta aplicação, visando avaliar a sua eficácia, compatibilidade e durabilidade. Pretende-se também otimizar as formulações dos materiais e dos seus métodos de aplicação e divulgar informação à comunidade técnica de forma a guiar a sua decisão na conservação e restauro de painéis degradados.

HISTORIC AZULEJOS: PROPOSAL OF A RESEARCH PROJECT FOR THE ASSESSMENT OF RESTORATION PRODUCTS AND TECHNIQUES

SYNOPSIS

This Report presents the proposal of a research project whose ultimate object is giving an answer to the question: “how can glazed ceramic tiles be restored in a way that is at the same time efficacious and compatible in the long run?”.

The products presently applied in the conservation and restoration of azulejos and other potentially viable ones used in other fields will be assessed as regards their efficacy, compatibility and durability. Long term tests will be intensively used so as to study the products that offer maximal durability of the treated azulejos. It is also a purpose of this project the optimization of the products formulations and their application methods.

The knowledge obtained will be disseminated to the technical community with the purpose of guiding the decision when choosing the products and techniques to use in the conservation and restoration of decayed azulejos.

AZULEJOS HISTÓRICOS: PLANO DE TRABALHOS PARA AVALIAÇÃO DE MATERIAIS E TÉCNICAS DE CONSERVAÇÃO E RESTAURO

INDICE

1- INTRODUÇÃO.....	1
2- ESTADO DA ARTE.....	4
3- OBJECTIVOS	6
4- FASEAMENTO DO ESTUDO	8
5- BIBLIOGRAFIA CITADA	13

INDICE DE FIGURAS

1- Colagem de fragmentos e vidrado de azulejos.....	2
2- Consolidação da chacota.....	3
3- Colmatação de lacunas.....	3
4- Estrutura do poliacrilato Paraloid B72.....	5
5- Cronograma dos trabalhos.....	12

AZULEJOS HISTÓRICOS: PLANO DE TRABALHOS PARA AVALIAÇÃO DE MATERIAIS E TÉCNICAS DE CONSERVAÇÃO E RESTAURO

1- INTRODUÇÃO

Os azulejos históricos são um património inestimável para Portugal em termos de identidade cultural e enquanto bem turístico. Através da sua integração arquitectónica constituem, também, um património da Humanidade único no Mundo. Contudo, uma parte relevante desse património, cuja durabilidade poderia ser milenar, foi já perdida por degradação.

As tipologias mais comuns da degradação dos azulejos são a desagregação e fractura do corpo cerâmico (chacota) e a perda do vidrado – e logo da decoração. Os principais tipos de intervenções de conservação e restauro efectuadas são a colagem do vidrado e fragmentos (Figura 1), a consolidação da chacota (Figura 2) e o preenchimento de lacunas (Figura 3). Existem vários materiais utilizados para estes tratamentos mas falta informação quanto à sua adequação relativamente à sua eficácia e compatibilidade, em particular no longo prazo e em condições adversas, que o tratamento dos azulejos e a sua integração arquitectónica exigem.

O Projecto "Conservação de Azulejos Históricos" do Plano de Investigação Programada do LNEC para o quadriénio 2009-2012 prevê três temas de estudos com a finalidade de desenvolver, em bases científicas, capacidades técnicas de apoio à conservação dos azulejos portugueses pré-industriais. Esses temas correspondem à caracterização físico-química; ao estudo da degradação, e ao estudo e desenvolvimento de produtos de restauro [1].

Os dois primeiros temas foram já alvo de planeamento, desenvolvimento e publicação de resultados [por exemplo: 2, 3, 4]. Em relação ao terceiro tema, apresenta-se agora a proposta de um plano de estudo que pretende abordar o

caso dos azulejos já degradados e oferecer respostas técnicas à questão: “como restaurá-los de maneira eficaz, de modo a que a durabilidade seja tão longa quanto possível sem manifestação de efeitos adversos com o passar do tempo?” Serão considerados produtos de restauro comercialmente disponíveis e outros materiais promissores utilizados em outras áreas visando avaliar a sua eficácia, compatibilidade e durabilidade. Pretende-se também otimizar as formulações dos materiais e dos seus métodos de aplicação e divulgar informação à comunidade técnica de forma a guiar a sua decisão na conservação e restauro de painéis degradados.

Este Relatório inclui uma resenha do estado da arte, objectivos, plano detalhado, cronograma e bibliografia.

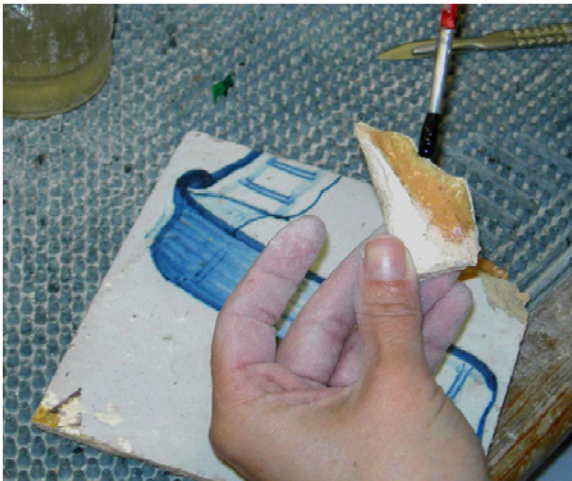


Figura 1 – Colagem de fragmentos e vidrado de azulejos.
(fotografias: Lurdes Esteves - Museu Nacional do Azulejo).

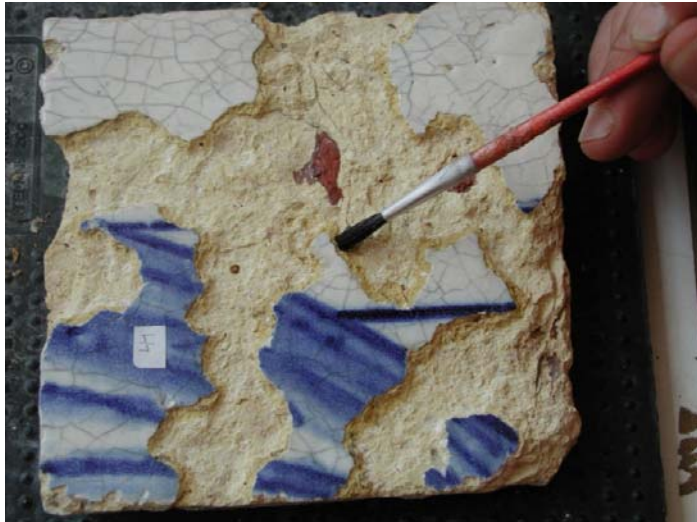


Figura 2 – Consolidação da chacota.
(foto: Lurdes Esteves (Museu Nacional do Azulejo)).

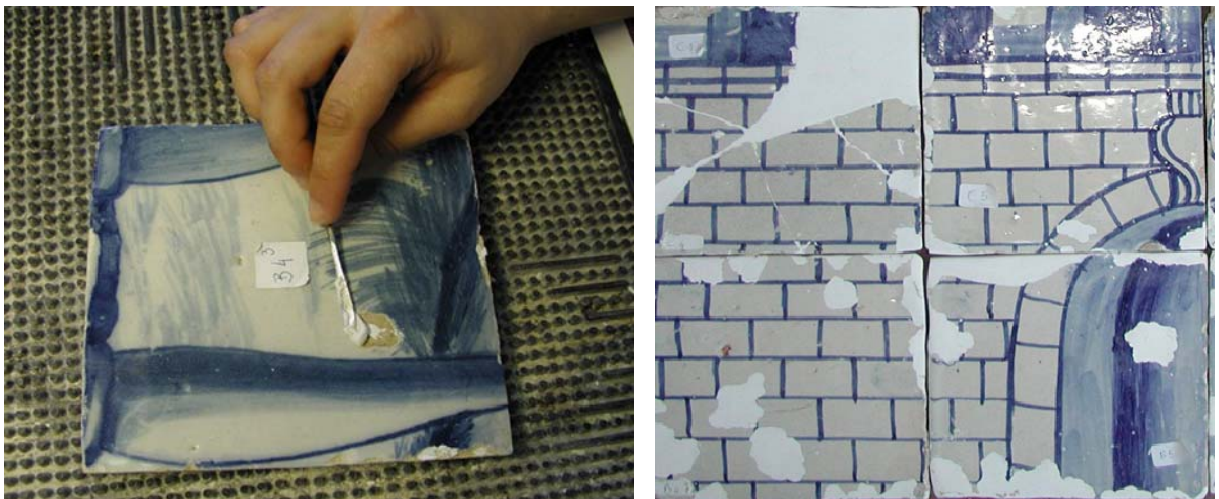


Figura 3 – Colmatação de lacunas.
(fotografias: Lurdes Esteves - Museu Nacional do Azulejo).

2- ESTADO DA ARTE

Os azulejos portugueses dos sécs. XVII ao XIX têm vindo a ser caracterizados por vários autores [2, 5, 6, 7]. Estes trabalhos têm contribuído para o conhecimento do azulejo como material e das suas técnicas de produção originais. As características da interface vidrado-chacota, a degradação por destacamento do vidrado e a susceptibilidade aos factores ambientais devido à existência de defeitos de fabrico têm também vindo a ser estudados no LNEC [3, 4, e outros]. No entanto, os estudos científicos sobre métodos de conservação e restauro especificamente aplicáveis ao azulejo arquitectónico são escassos - ver [8].

Os tratamentos de restauro devem, além de eficazes ser compatíveis [9] e, se possível, reversíveis. É ainda desejável que a compatibilidade e eficácia se mantenham por um período prolongado, já que é expectável que a vida dos azulejos seja longa. Devido à sua integração arquitectónica, a durabilidade dos tratamentos deve ser assegurada mesmo em condições ambientais agressivas. Apesar de essencial, a durabilidade não tem sido suficientemente estudada no campo da Conservação e Restauro.

Para o restauro dos azulejos são necessários consolidantes para a chacota, adesivos para o vidrado e materiais de preenchimento para as lacunas. Existem no mercado vários tipos de produtos para estes fins - (vários tipos de polímeros, silicatos, etc.) [10 e outros]. A avaliação da eficácia na consolidação de azulejos do produto mais utilizado (o poliacrilato *Paraloid B72*, *Figura 4*) foi estudada por Vaz *et al*, [11], mas é ainda necessário avaliar outros aspectos do seu desempenho, tais como a sua compatibilidade e a durabilidade após tratamento. Este é dos poucos produtos de restauro reconhecivelmente utilizável nos azulejos cuja durabilidade foi estudada com alguma profundidade, isoladamente ou quando aplicado a vários substratos (mas não em azulejos) [12, 13]. O seu relativamente bom desempenho prático num prazo imediato tem presumivelmente desincentivado o estudo de produtos alternativos. Por outro

presumivelmente desincentivado o estudo de produtos alternativos. Por outro lado, conhecem-se estudos afins em adesivos ou consolidantes poliméricos para outros substratos [14, 15] como o estudo por López-Ballaster *et al.* [16] sobre a estabilidade de cinco tipos de polímeros utilizados na colagem de vidros, quando sujeitos a variações térmicas, de humidade relativa, radiação UV e concentração de SO^{2-} . As alterações observadas nos polímeros permitiram obter indicações sobre os mecanismos de degradação e quais as condições ambientais que mais os afectam. O interessante estudo de Down *et al.* compara o envelhecimento ao longo de 5 anos de 60 adesivos poli(vinil acetato) e acrílicos identificando alguns com propriedades superiores às do Paraloid B72 [17]. Estes trabalhos, demonstram a necessidade de uma melhor investigação destes materiais e das especificidades da sua aplicação nos azulejos.

Além disso, está aberto um enorme campo de investigação na aplicação de produtos utilizados noutros domínios, como a conservação da pedra monumental [18], a reconstrução dentária [19], as nano-cerâmicas [20], os geo-polímeros [21], entre outros.

A partir dos conhecimentos actuais a presente proposta pretende identificar produtos aptos ao restauro durável dos azulejos enquanto revestimentos arquitectónicos avaliando exaustiva e comparativamente os produtos já conhecidos e aqueles ainda não utilizados neste campo mas com significativo potencial de aplicação.

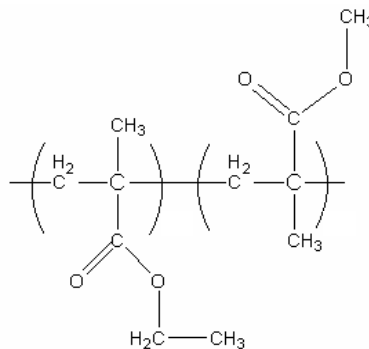


Figura 4 – Estrutura do poliacrilato Paraloid B72: Polímeros de metacrilato de etilo e acrilato de metilo.

3- OBJECTIVOS

Muitos painéis azulejares encontram-se degradados sendo as tipologias mais comuns a desagregação e fractura do corpo cerâmico (chacota) e a perda do vidrado – e logo da decoração. Os principais tipos de intervenções efectuadas são: a consolidação da chacota, a colagem do vidrado e fragmentos e o preenchimento de lacunas. No mercado existem materiais que exercem estas funções mas faltam as informações necessárias quanto à sua adequação em termos de eficácia e compatibilidade, em particular no longo prazo e em condições adversas, que a sua integração arquitectónica exige.

O objectivo global do estudo que aqui se detalha é contribuir para a conservação e o restauro do património azulejar, de forma a possibilitar o seu legado às gerações futuras. Para esse fim determinar-se-á, através de ensaios de eficácia, compatibilidade e durabilidade: i) quais os materiais mais adequados às intervenções de restauro em azulejos, consoante as condicionantes dos substratos e das envolventes; e ii) quais as técnicas recomendáveis em cada caso. Num estudo deste tipo deverão ser considerados até cerca de quarenta produtos utilizados no restauro de materiais cerâmicos que serão identificados através de um rastreio internacional.

Um objectivo subsidiário do estudo será identificar novos produtos cujo desempenho seja potencialmente promissor, tais como as nanocerâmicas e os geopolímeros. Deverá considerar-se, em particular, os produtos de restauro utilizados noutros domínios que vão desde o tratamento dos substratos pétreos ao restauro dentário.

O estudo deverá ser realizado de acordo com os princípios das boas práticas da Ciência da Conservação, tendo em atenção: i) a importante questão da

compatibilidade dos produtos com os materiais dos azulejos; e ii) a sua eficácia num contexto temporal. Isto é, não se trata apenas de assegurar a eficácia inicial, mas também a sua manutenção ao longo do tempo, o que suscita as questões da estabilidade e durabilidade dos produtos utilizados.

Como resultado do estudo deverá ser produzido um documento-guia a disponibilizar a todas as partes interessadas contendo recomendações específicas quanto aos produtos e técnicas de aplicação a utilizar segundo a tipologia de cada intervenção.

4- FASEAMENTO DO ESTUDO

Nos azulejos utilizados como elementos arquitectónicos ocorrem comumente dois tipos de degradação: i) a desagregação e fragmentação do corpo cerâmico (chacota); e ii) o destacamento do vidrado. A sua conservação e restauro requer: i) produtos consolidantes para agregar a chacota; ii) adesivos para solidarizar o vidrado à chacota e/ou os fragmentos desta entre si; e iii) materiais de preenchimento para colmatar as lacunas. Existem muitos produtos de restauro no mercado, mas pouca informação que direcione a escolha do conservador-restaurador acerca da sua eficácia, compatibilidade e particularmente durabilidade. Esta falta de informação é premente nos casos em que, ocorre uma integração arquitectural que implica solicitações ambientais eventualmente severas. Considerando a vida expectável dos azulejos, é particularmente preocupante a falta de conhecimento das consequências a longo prazo da acção dos produtos de restauro actualmente utilizados e maioritariamente irreversíveis.

Embora muitos produtos (por exemplo resinas poliacrílicas, poliuretanos e silicatos) possam ser utilizados no restauro de azulejos, apenas um, o Paraloid B72, é geralmente aplicado como adesivo e consolidante. Porém, apesar de bastante utilizado não existe informação detalhada do seu comportamento de envelhecimento em azulejos tratados, nem existem estudos exaustivos que o avaliem comparativamente com opções concorrentes. No caso dos materiais de preenchimento de lacunas os respectivos produtos ainda não foram alvo de estudos de eficácia, compatibilidade e durabilidade.

O objectivo fundamental deste estudo é assegurar que o nosso património azulejar possa ser transmitido às gerações futuras integrando tratamentos de conservação e restauro cujas características e durabilidade sejam adequadas.

Para esse fim propõe-se o seguinte programa (ver cronograma, Figura 5):

1- Rastreio dos produtos de conservação e restauro a estudar:

Recolha de informação sobre os produtos correntemente utilizados no restauro de materiais cerâmicos em Portugal, Espanha, Itália, França, Reino Unido, Inglaterra, Holanda e Estados Unidos da América, países onde o LNEC mantém parcerias privilegiadas com instituições envolvidas na conservação e no restauro de materiais cerâmicos. Considerar-se-á, também, produtos utilizados noutros domínios, como a conservação de substratos pétreos e o restauro dentário. Identificar-se-ão ainda novos produtos com desempenho potencialmente promissor como as nanocerâmicas e os geopolímeros.

2- Classificação e selecção dos produtos:

Após uma seriação dos produtos em relação a classes químicas, função e outras características seleccionar-se-á um conjunto de soluções até cerca de 40 para estudo posterior. A composição química dos produtos, quando não fornecida, será determinada por análise química utilizando a espectroscopia de infravermelhos (FTIRs), técnicas cromatográficas, e outros métodos analíticos julgados necessários.

Os produtos seleccionados serão aplicados em substratos azulejares de acordo com os métodos recomendados ou seleccionados com a colaboração de conservadores-restauradores profissionais do Museu Nacional do Azulejo e do Instituto dos Museus e da Conservação. Os produtos serão depois sujeitos a uma campanha experimental com o fim de avaliar a sua eficácia, compatibilidade e durabilidade. A campanha experimental envolverá a preparação de provetes replicados de azulejos e amostras autênticas de azulejos antigos tratados com os produtos seleccionados.

3- Determinação dos indicadores de eficácia, compatibilidade e durabilidade e respectivos ensaios para os determinar:

Estudo e definição da campanha de ensaios que permita estabelecer os indicadores de eficácia (por exemplo quantidade absorvida e penetração de produto, temperatura de transição vítrea (Tg), dureza, aderência ao suporte e coesão), compatibilidade (por exemplo composição e interações químicas, modulo de elasticidade, sistema poroso, expansibilidade térmica e hídrica, permeabilidade ao vapor e efeitos nocivos) e durabilidade (modificação ao longo do tempo) relevantes consoante os casos de consolidação de chacotas, colagem do vidro e preenchimento de lacunas.

4 e 5- Avaliação da eficácia (4) e compatibilidade (5) dos produtos seleccionados no tratamento dos azulejos:

A eficácia dos produtos no tratamento dos azulejos será avaliada a partir do programa experimental definido na etapa anterior. Os tratamentos considerados eficazes serão seguidamente avaliados em relação à sua compatibilidade com o substrato tratado (os azulejos). Estes indicadores terão também em consideração os indicadores PRODOMEA [9] adaptados e devidamente fundamentados em resultados de ensaios; e, o trabalho de doutoramento realizado por Marta Mendes intitulado “Conservação e Restauro de azulejos: metodologias de intervenção vs indicadores de compatibilidade”.

6- Estudo da durabilidade e mecanismos de degradação dos azulejos tratados:

Seleccionados os tratamentos simultaneamente eficazes e com um índice de compatibilidade elevado iniciar-se-á um programa de envelhecimento artificial acelerado. Para tal serão utilizadas câmaras climáticas que simularão diferentes condições ambientais (Temperatura, Radiação UV e Humidade) ou ambientes salinos. Após os ciclos de envelhecimento acelerado os índices de eficácia e compatibilidade serão reavaliados de modo a obter informação sobre o comportamento de envelhecimento ou durabilidade.

7- Optimização das formulações e métodos de aplicação de produtos promissores:

Dos produtos anteriormente estudados serão escolhidos aqueles cujo desempenho se considere ter potencial de optimização através da manipulação química ou método de aplicação. A alteração das suas formulações e métodos de aplicação serão estudadas utilizando o delineamento experimental (DoE). Deste modo poderão ser estudadas algumas variáveis que influenciam as reacções de polimerização ou cura (tipo de solventes, temperatura, catalisadores, iniciadores de polimerização, co-polímeros, etc), estrutura da matriz polimérica (ex. aditivos como nano-partículas de SiO₂, Al₂O₃ ou TiO₂) e aplicação dos produtos de tratamento. As novas formulações e/ou métodos de aplicação serão testadas de modo a obter os indicadores de eficácia, compatibilidade e durabilidade de modo igual ao anteriormente descrito.

8- Elaboração de um documento guia:

Finalmente será produzido um documento-guia disponibilizado a todas as partes interessadas e, em particular, às entidades gestoras do Património, aos projectistas e aos conservadores-restauradores, contendo recomendações específicas quanto aos produtos e técnicas de aplicação a utilizar segundo a tipologia de cada intervenção.

O estudo agora proposto vai permitir obter informações sobre a eficácia e a compatibilidade dos produtos existentes para o restauro de azulejos históricos, aliada ao seu comportamento no tempo. Espera-se, também contribuir para o desenvolvimento de produtos e técnicas de aplicação com propriedades melhoradas. Com o estudo do envelhecimento de azulejos antigos tratados, espera-se obter um conhecimento mais aprofundado dos mecanismos de degradação dos azulejos antigos aplicados em arquitectura. Este conhecimento será igualmente importante na possível prevenção da sua degradação. A conjugação das diferentes vertentes deste estudo contribuirá para a preservação de um património cultural único no País e no Mundo.

Nº	Tarefas	Ano 1												Ano 2												Ano 3													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
1	Rastreio dos produtos de conservação e restauro a utilizar	█	█	█	█																																		
2	Classificação e selecção dos produtos			█	█	█	█	█																															
3	Determinação dos indicadores e dos ensaios de eficácia, compatibilidade e durabilidade			█	█	█	█	█	█	█																													
4	Avaliação da eficácia dos produtos seleccionados						█	█	█	█	█																												
5	Seleção de produtos eficazes e avaliação da sua compatibilidade										█	█	█	█																									
6	Seleção dos produtos eficazes e compatíveis e estudo da sua durabilidade e mecanismos de degradação																█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█											
7	Optimização das formulações e métodos de aplicação																					█	█	█	█	█	█	█	█	█	█								
8	Elaboração de documento-guia																																			█	█	█	█

Figura 5 – Cronograma dos trabalhos.

5- BIBLIOGRAFIA CITADA

- 1- Mimoso J M, Santos Silva A, Abreu M, Costa D, Diaz Gonçalves T e Coentro, S X, *Decay of historic azulejos in Portugal: an assessment of research needs*, em Proc. Int. Sem. Conservation of Glazed Tiles, LNEC, 2009, 15-16.
- 2- Pereira S R M, Mimoso J M, Santos Silva A, *Physical-chemical characterization of of historical Portuguese tiles*, LNEC, Report 23 DM/2011, January, 2011.
- 3- Mimoso J M, Pereira S R M, Santos Silva A, *A research on manufacturing defects and decay by glaze loss in historical Portuguese azulejos*, LNEC Research Report 24/2010 DM, Janeiro, 2011.
- 4- Mimoso J M, *Levantamento em obra de patologias em azulejos históricos: visitas realizadas entre 2009 e 2010*, Relatório LNEC 22/2011, Janeiro, 2011.
- 5- Antunes J L F, *Caracterização de azulejos do séc. XVII*, Tese de Mestrado, Instituto Superior Técnico, Dezembro, 1992.
- 6- Coroado J e Gomes C, *Physico-chemical characterization of ceramic glazed wall tiles dated of the 17th century, from the "Convento de Cristo", in Tomar, Portugal*; Proceedings of the 7th European Meeting of Ancient Ceramics (EMAC'03), Trabalhos de Arqueologia 42, 33 – 39;
- 7- Sanjad T e Costa M L, *Azulejaria histórica em Belém do Pará: Contribuição tecnológica para réplicas e restauro*, Editora Ronda, 1ª Edição, Belém, 2009.
- 8- Vendrell-Saz M, *Cerámica decorada en la arquitectura: Degradación, patologias e investigación aplicada*, in *El Estúdio y la conservación de la cerámica decorada en arquitectura*, editado por Balderrama A A, Vidal A A e Cardiel I B, ICCROM Conservation Studies, Rome, 2003, 10-14.
- 9- Delgado-Rodrigues J e Grossi A, *Indicators and ratings for the compatibility assessment of conservation actions*, Journal of Cultural Heritage, 2007, 8, 32-43.
- 10- Buys S and Oakley V, *The Conservation and Restoration of Ceramics*, Butterworth-Heinemann, Oxford, 1993.
- 11- Vaz M F, Pires J e Carvalho A P, *Effect of impregnation treatment with paraloid B-72 on the properties of old Portuguese ceramic tiles*, Journal of cultural heritage, 2008, 9, 269-276.


- 12- Chiantori O e Lazzari M, *Photo-oxidative stability of paraloid acrylic protective polymers*, Polymer, 2001, 42, 17-27.
- 13- Lazzari M e Chiantore O, *Thermal-ageing of paraloid acrylic protective polymers*, Polymer, 2000, 41, 6447-6455.
- 14- Melo M J, Bracci S, Camaiti M, Chiantore O e Piacenti F, *Photodegradation of acrylic resins used in the conservation of stone*, Polymer degradation and stability, 1999, 66, 23-30.
- 15- Cocca M, D'Arienzo L, D'Orazio L, Gentile G e Martuscelli E, *Polyacrylates for conservation: Chemico-physical properties and durability of different commercial products*, Polymer testing, 2004, 23, 333-342.
- 16- López-Ballester E, Doménech-Carbó M T, Gimeno-Adelantado J V e Bosch-Reig F, *Study by FT-IR spectroscopy of ageing adhesives used in restoration of archaeological glass objects*, Journal of molecular structure, 1999, 482-483, 525-531;
- 17 – Down J L, MacDonald M A, Tétreault J e Williams R S, *Adhesive testing at the Canadian Conservation Institute – An evaluation of selected poly(vinyl acetate) and acrylic adhesives*, Studies in Conservation 41, 1996, 19-44.
- 18- Delgado-Rodrigues J e Costa D, *Assessment of the harmfulness of consolidants in granites*, Proc. of Workshop on Degradation and Conservation of Granitic Rocks, Edited by Vicente M A, Delgado-Rodrigues J and Acevedo J, Res. Report No. 5, European Union, 1996, 349-354.
- 19- Anusavice K J, *Materiais Dentários*, Editora Guanabara Koogan, 10ª Edição, 1998.
- 20- Perera Y, *Preparation of nano-ceramics via aqueous sol-gel method modified with surfactants: an overview*, Materials Science Forum, 2010, 644, pp 79-84.
- 21- Tomas Hanzlíček T, Steinerová M, Straka P, Perná I, Siegl P e Švarcová T, *Reinforcement of the terracotta sculpture by geopolymer composite*, Materials and Design, 2009, 30, 3229–3234.

Lisboa, Julho de 2011

VISTOS

 O Director do
Departamento de Materiais

Arlindo Freitas Gonçalves
Investigador Coordenador

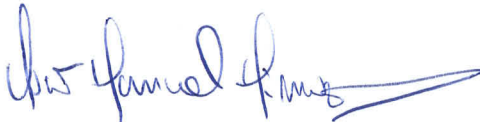


Manuela Salta
CHEFE DO NÚCLEO DE
MATERIAIS METÁLICOS

AUTORIA



Sílvia R. M. Pereira
Doutorada em Eng^a Química
Estagiária do LNEC



João Manuel Mimoso
Investigador Coordenador

