



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

DEPARTAMENTO DE MATERIAIS
Núcleo de Materiais Metálicos/

0204/14/16587

RELATÓRIO FINAL DE ACTIVIDADE DA BOLSEIRA DE INVESTIGAÇÃO
DORA SOARES NO PROJECTO FCT EXREACT

LISBOA • Julho de 2011

OAC & T MATERIAIS

NOTA TÉCNICA 45/2011 - DM

**RELATÓRIO FINAL DE ACTIVIDADE DA BOLSEIRA DE INVESTIGAÇÃO DORA SOARES
NO PROJECTO FCT EXREACT**

**FINAL ACTIVITY REPORT OF THE RESEARCH TRAINEE DORA SOARES
IN FCT PROJECT EXREACT**

**RAPPORT D'ACTIVITÉ FINAL DE LA BOURSIÈRE DE RECHERCHE DORA SOARES DANS
LE PROJET FCT EXREACT**

Procº 0204/14/16587

RELATÓRIO FINAL DE ACTIVIDADE DA BOLSEIRA DE INVESTIGAÇÃO DORA SOARES NO PROJECTO FCT EXREACT

ÍNDICE DO TEXTO

	Pág.
1 – INTRODUÇÃO	1
2 – ACTIVIDADES DESENVOLVIDAS.....	2
2.1 – Tarefa 1: Levantamento e caracterização de materiais naturais e subprodutos industriais potencialmente pozolânicos.....	2
2.2 – Tarefa 2: Metodologias para o diagnóstico e prognóstico de reacções expansivas internas em estruturas existentes de betão	3
2.3 – Tarefa 3: Formulação e caracterização de composições de betão com adições minerais	4
2.4 – Tarefa 4: Estudo experimental para definição dos mecanismos e dos teores mínimos de adições minerais na mitigação das reacções expansivas internas	6
2.5 – Tarefa 5: Desenvolvimento e validação de modelos baseados na cinética das reacções.....	7
2.6 – Tarefa 6: Elaboração de recomendações para o diagnóstico, prognóstico e mitigação da RAS e DEF....	8
2.7 – Tarefa 7: Construção de uma página web técnica e educativa	9
2.8 – Tarefa 8: Organização de um Seminário (Workshop).....	10
3 – PUBLICAÇÕES	12

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 – Fotos durante a realização de ensaios: (a) teor de cimento envolvendo análise química clássica; (b) análise termogravimétrica e térmica diferencial (ATG/ATD); (c) teor de álcalis solúveis por espectrofotometria de absorção atómica (EAA); (d) teor de cloretos por potenciometria directa; (e) teor de sulfatos pelo analisador elementar LECO; (f) análise microestrutural por microscopia electrónica de varrimento.....	4
Figura 2 – Fotos durante a realização de ensaios de reactividade aos álcalis: (a) ensaio em barra de argamassa ASTM C 1260; (b) ensaio em prismas de betão segundo a AAR-4; (c) ensaio de reactividade aos sulfatos de betão de acordo com o método MLPC nº 66.....	5
Figura 3 – Fotos dos processos de fabricação dos betões e preparação das suas amostras para ensaios químicos e mineralógicos: (a) fabricação dos betões; (b) enchimento dos moldes para fabricação dos provetes; (c) amostra de betão extraída de um provete; (d) amostra desagregada; (e) moagem da amostra em almofariz; (f) verificação da granulometria da amostra no peneiro de abertura de 106 µm.....	6

Figura 4 – Fotos da realização de alguns dos ensaios caracterização do betão: (a) ataque ácido da amostra; (b) análise mineralógica por DRX; (c) marcação dos eixos de leitura para os ensaios de expansão; (e) resistência à compressão em carotes de betão; (f) módulo de elasticidade em carotes de betão.	7
Figura 5 – Draft das Especificações LNEC para os ensaios AAR-3 e AAR-4.	8
Figura 6 – <i>State-of-art</i> sobre o uso de adições minerais para mitigação de reacções deletérias expansivas no betão.	9
Figura 7 – Página web em construção: http://www-ext.lnec.pt/EXREACT/index.html	9
Figura 8 – Programa do Seminário “As Reacções Expansivas Internas no Betão. Prevenção dos Riscos e Gestão das Estruturas Afectadas”. Endereço URL: http://www-ext.lnec.pt/EXREACT/index.html	11
Figura 9 – Livro de actas: documento elaborado no âmbito do Seminário “As Reacções Expansivas Internas no Betão. Prevenção dos Riscos e Gestão das Estruturas Afectadas”. Endereço URL: http://www-ext.lnec.pt/EXREACT/pdfs/Workshop_EXREACT2.pdf	11
Figura 10 – Fotos tiradas durante o Seminário.....	12
Figura 11 – Tipo e distribuição por ano das publicações em que a bolseira participou.	12

ÍNDICE DE QUADROS

	Pág.
Quadro 1 – Cronograma das actividades a realizar pela Bolseira no projecto EXREACT.....	2

RELATÓRIO FINAL DE ACTIVIDADE DA BOLSEIRA DE INVESTIGAÇÃO DORA SOARES NO PROJECTO FCT EXREACT

1 – INTRODUÇÃO

No âmbito do Projecto EXREACT – Mitigação de reacções deletérias expansivas internas em estruturas de betão – PTDC/CTM/65243/2006, financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT), em que além do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) faziam parte as Universidades de Aveiro (UA), Évora (UE) e Minho (UM), a Bolseira de Investigação Dora Cristina Marques Soares participou e colaborou na realização de todas as actividades previstas entre o período de 19 de Maio de 2008 a 18 de Maio de 2011.

O objectivo do projecto EXREACT centrou-se no estudo da mitigação de reacções deletérias expansivas internas em estruturas de betão. O trabalho desenvolvido consistiu essencialmente na compreensão dos fenómenos e mecanismos que estão na origem das reacções expansivas internas (REI), nomeadamente a reacção sulfática interna (RSI) e a reacção álcalis-sílica (RAS), assim como na procura de medidas que possibilitem a mitigação destas reacções e diminuição das suas consequências nefastas para o betão.

Com o objectivo de divulgar os resultados obtidos ao longo de todo o projecto, foram desenvolvidas várias acções que culminaram com a realização de um Seminário no LNEC, em que além de investigadores nacionais participaram investigadores de outros países com reconhecida experiência na temática do projecto. Englobada nas actividades de divulgação e difusão dos resultados do projecto, procedeu-se à construção de uma página web técnica e educativa onde se disponibiliza diversa informação acerca desta problemática, dos materiais susceptíveis de contribuir para o desenvolvimento e/ou mitigação das REI, dos factores condicionantes desta forma de degradação de estruturas de betão no nosso país e sobre as técnicas utilizadas na sua caracterização e diagnóstico.

Neste relatório são descritas as actividades realizadas pela Bolseira nas tarefas do Projeto, as quais deram origem a várias publicações cuja listagem é apresentada no capítulo Publicações.

2 – ACTIVIDADES DESENVOLVIDAS

A Bolseira de Investigação Dora Soares participou na tarefa de 1 a 8 cuja calendarização se apresenta no cronograma do quadro 1.

Quadro 1 – Cronograma das actividades a realizar pela Bolseira no projecto EXREACT

Tarefas	2008			2009				2010				2011	
	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													

Tarefas:

- 1 - Levantamento e caracterização de materiais naturais e subprodutos industriais potencialmente pozolânicos
- 2 - Metodologias para o diagnóstico e prognóstico de reacções expansivas internas em estruturas existentes de betão
- 3 - Formulação e caracterização de composições de betão com adições minerais
- 4 - Estudo experimental para definição dos mecanismos e dos teores mínimos de adições minerais na mitigação das reacções expansivas internas
- 5 - Desenvolvimento e validação de modelos baseados na cinética das reacções
- 6 - Elaboração de guias e recomendações para o diagnóstico, prognóstico e mitigação das reacções expansivas internas no betão
- 7 - Construção de uma página web técnica e educativa
- 8 - Organização de um Seminário (Workshop)

2.1 – Tarefa 1: Levantamento e caracterização de materiais naturais e subprodutos industriais potencialmente pozolânicos

Na tarefa 1 referente ao levantamento e caracterização de materiais naturais e subprodutos industriais potencialmente pozolânicos, a Bolseira participou no levantamento, selecção, recolha, preparação e caracterização das amostras para ensaios químicos, físicos, microestruturais e mineralógicos. Neste âmbito, e além das cinzas volantes, escórias de alto-forno, sílica de fumo, metacaulino e fíler calcário que já vinham a ser estudados, foram seleccionados quatro novos materiais (pozolana dos Açores, diatomito, cinzas de biomassa e lamas residuais de extracção de minério de tungsténio) que foram caracterizados e sujeitos ao mesmo tipo de ensaios.

Estes materiais foram caracterizados recorrendo a técnicas de caracterização química (FRX), mineralógica (DRX), análise térmica (ATG/DTG) e física (índice de actividade, massa volúmica, superfície específica Blaine, superfície específica BET, granulometria), de modo a averiguar o seu grau de pozolanicidade e a possibilidade de serem empregues como adição no betão para mitigação da RAS e/ou RSI.

A pesquisa de trabalhos nacionais e internacionais envolvendo a aplicação de adições minerais na mitigação das reacções expansivas internas no betão, exigiu a recolha de bibliografia importante que serviu de suporte à elaboração de um relatório que apresentará o estado da arte sobre esta temática, que se encontra em fase publicação.

2.2 – Tarefa 2: Metodologias para o diagnóstico e prognóstico de reacções expansivas internas em estruturas existentes de betão

Na tarefa 2 referente ao estabelecimento de metodologias para o diagnóstico e prognóstico de reacções expansivas internas em estruturas existentes de betão, foram redigidos guias que apresentam as principais metodologias nesta área, encontrando-se em fase de publicação.

Estes guias compilam diversa informação obtida em inúmeros estudos de diagnóstico e/ou prognóstico realizados no LNEC no âmbito das reacções expansivas internas em estruturas de betão. Referem-se como exemplo, as Barragens de Pracana, Santa Luzia, Alto-Ceira, Picote, Fagilde e Fratel, e algumas Pontes como Pedrógão, Régua, Barra, Borralha, Criz I, Criz II e Viaduto Duarte Pacheco.

A Bolseira participou em estudos de caracterização do estado do betão de estruturas recentemente afectadas por estas reacções em Portugal, tendo cooperado nos ensaios de diagnóstico e prognóstico desses betões. Parte dos resultados destes estudos serão usados nos referidos guias metodológicos. As estruturas em questão foram, as Pontes do Criz I e Criz II (Concelho de Nelas, Distrito de Viseu) e a Ponte da Borralha (Concelho de Montalegre, Distrito de Vila Real), que estavam sob suspeita de apresentarem fenómenos expansivos.

Foi realizado pela Bolseira o estudo de caracterização química dos betões, incluindo as seguintes determinações:

- teor de cimento envolvendo análise química clássica e análise termogravimétrica e térmica diferencial (ATG/ATD);
- teor de álcalis solúveis por espectrofotometria de absorção atómica (EAA);
- teor de cloretos por potenciometria directa;
- teor de sulfatos no analisador elementar LECO.

Colaborou também na caracterização microestrutural através da preparação e observação das amostras de betão (superfície de fractura e polida) por microscopia electrónica de varrimento acoplado à espectroscopia de raios X por dispersão de energias (MEV-EDS) (Figura 1).

Estes resultados foram correlacionados com as propriedades físicas e mecânicas (resistência à compressão e módulo de elasticidade) do betão.

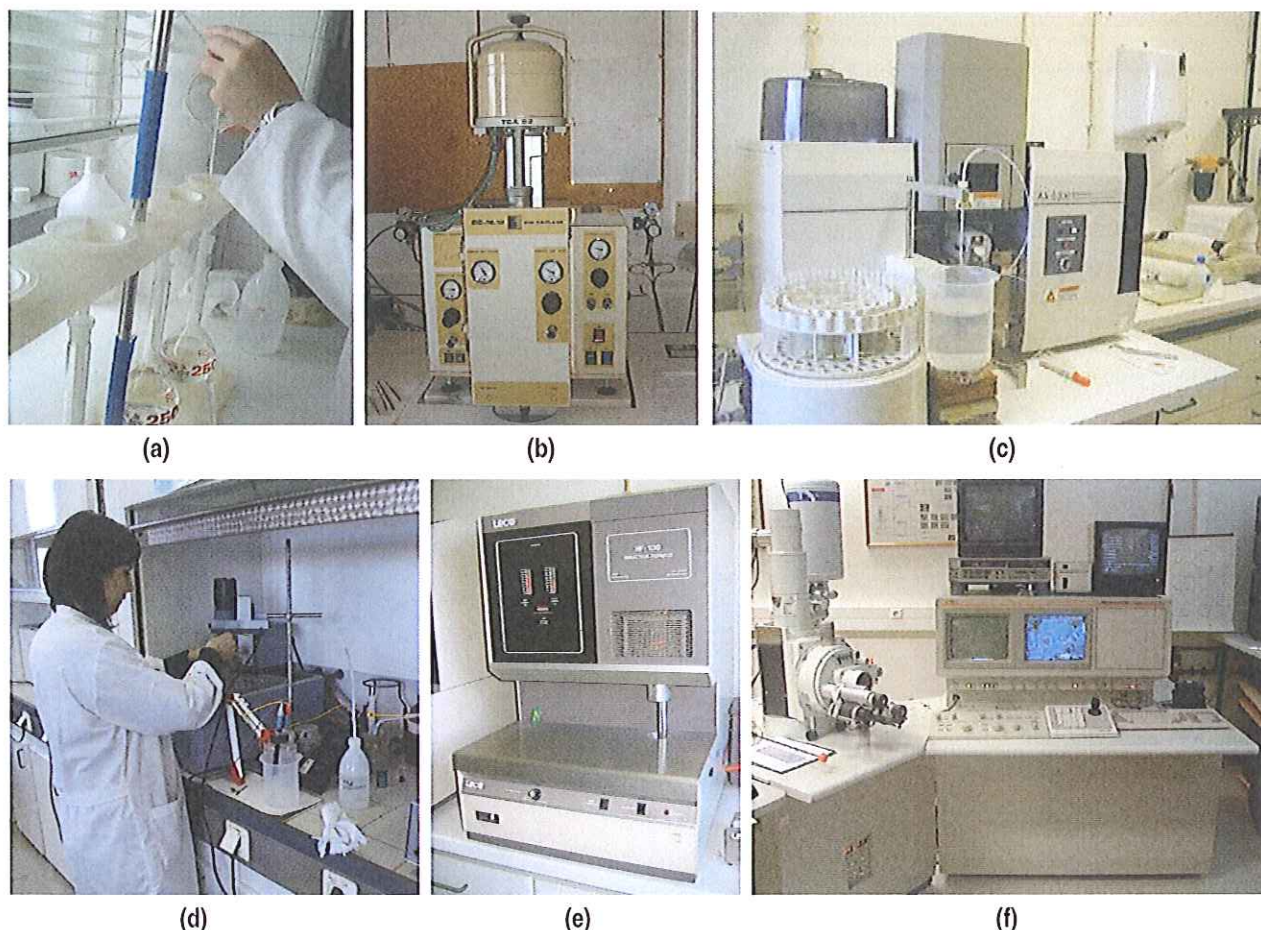


Figura 1 – Fotos durante a realização de ensaios: (a) teor de cimento envolvendo análise química clássica; (b) análise termogravimétrica e térmica diferencial (ATG/ATD); (c) teor de álcalis solúveis por espectrofotometria de absorção atômica (EAA); (d) teor de cloretos por potenciometria directa; (e) teor de sulfatos pelo analisador elemental LECO; (f) análise microestrutural por microscopia electrónica de varrimento.

2.3 – Tarefa 3: Formulação e caracterização de composições de betão com adições minerais

Na tarefa 3 referente à formulação e caracterização de composições de betão com adições minerais, a Balseira deu apoio na selecção e caracterização dos agregados e cimentos para a preparação de composições de betão com a incorporação das adições minerais seleccionadas na tarefa 1.

Foram seleccionados e caracterizados agregados não reactivos e agregados reactivos, a fim de poderem ser utilizados posteriormente como agregados de referência.

A Bolseira participou nesta tarefa através da realização de ensaios de avaliação da reactividade aos álcalis de agregados para betão (método da barra de argamassa segundo a norma ASTM C 1260), colaborando na preparação dos agregados e na realização das amassaduras (Figura 2a).

Colaborou também em ensaios de reactividade de betões com incorporação de adições minerais. As adições foram empregues em substituição de cimento (% em massa) e com um agregado reactivo (agregado de referência).

Ainda em relação à caracterização de agregados, a Bolseira participou na caracterização da reactividade aos álcalis de diferentes tipos de agregados nacionais, nomeadamente de origem granitóide. Para este tipo de agregados a Especificação LNEC E461 recomenda a realização de ensaios de expansão de betão de acordo com os métodos da RILEM AAR-3 e AAR-4. O primeiro método refere-se a um ensaio lento, *Concrete Prism Testing – AAR-3* (RILEM TC 106-03), e o segundo a um ensaio acelerado, *Ultra-Accelerated Concrete Testing – AAR-4*, (RILEM/TC-ARP/01/20). Estes ensaios diferem essencialmente na temperatura e na duração a que são realizados, respectivamente 38° C e 1 ano no AAR-3 contra 60° C e 3 meses do AAR-4 (Figura 2b e 2c). Dado não existirem normas ou especificações nacionais para este tipo de ensaios, iniciou a elaboração de propostas de modos operatórios para cada tipo de ensaio com o objectivo de poderem vir a ser editados na forma de Especificações LNEC, uma para o ensaio lento e outra para o acelerado.

A Bolseira participou ainda na realização de ensaios de avaliação da reactividade aos sulfatos (MLPC nº 66), de cimentos com diferentes teores de SO₃ e C₃A, tendo-se seleccionado três tipos de cimentos (CEM I 42.5 R, CEM I 52.5 R e CEM II A-L 42.5 R), com o objectivo de avaliar a influência do tipo de cimento e daqueles teores no desenvolvimento da reacção sulfática interna.

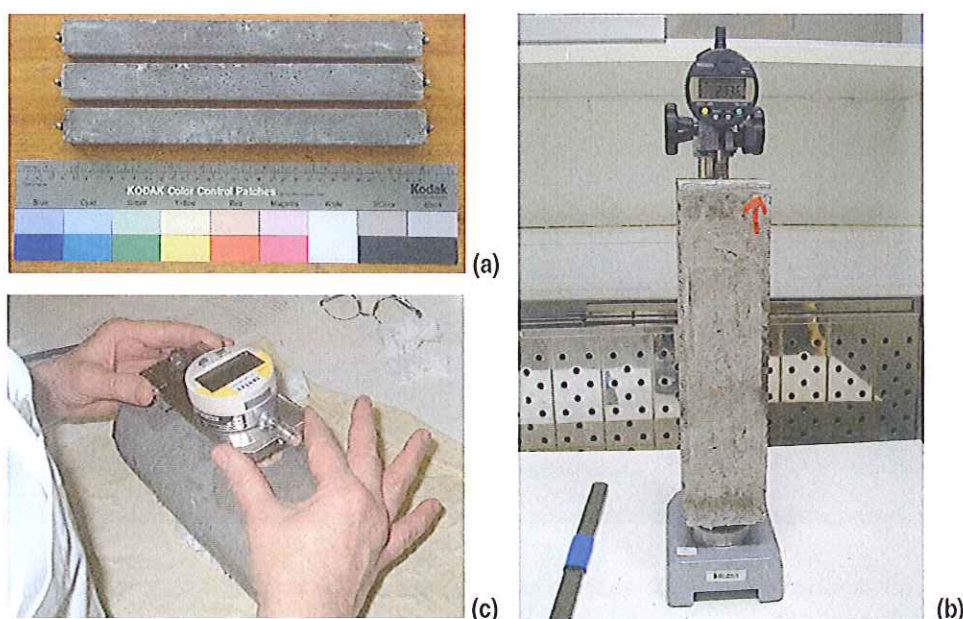


Figura 2 – Fotos durante a realização de ensaios de reactividade aos álcalis: (a) ensaio em barra de argamassa ASTM C 1260; (b) ensaio em prismas de betão segundo a AAR-4; (c) ensaio de reactividade aos sulfatos de betão de acordo com o método MLPC nº 66.

2.4 – Tarefa 4: Estudo experimental para definição dos mecanismos e dos teores mínimos de adições minerais na mitigação das reacções expansivas internas

Na tarefa 4, referente ao estudo experimental das composições de betão com adições minerais, a Bolseira participou na caracterização física, mecânica, química, mineralógica e microestrutural dos vários betões. Estes dados foram ainda correlacionados com os ensaios de expansão residual aos álcalis e aos sulfatos, que visam possibilitar a definição de teores mínimos de adição, em substituição de cimento, a utilizar em composições de betão para inibir a RAS e a DEF.

No contexto desta tarefa, a Bolseira desenvolveu trabalho quer ao nível da formulação das composições de betão para o estudo da RAS e da DEF, nomeadamente nas amassaduras e posterior tratamento dos provetes de betão. Colaborou também, numa fase posterior na preparação das amostras dos referidos betões, assim como na sua análise nas mais diversas técnicas de caracterização e ensaios de expansão (Figura 3).

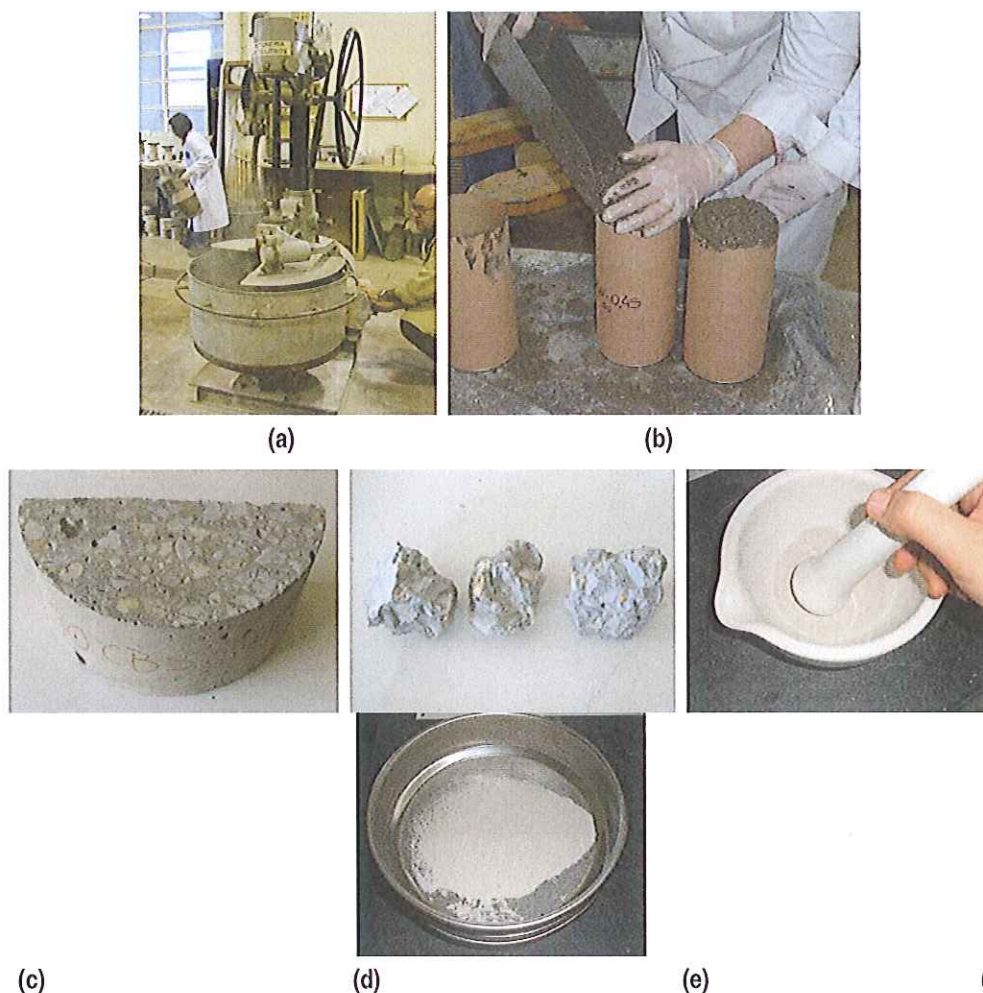


Figura 3 – Fotos dos processos de fabricação dos betões e preparação das suas amostras para ensaios químicos e mineralógicos: (a) fabricação dos betões; (b) enchimento dos moldes para fabricação dos provetes; (c) amostra de betão extraída de um provete; (d) amostra desagregada; (e) moagem da amostra em almofariz; (f) verificação da granulometria da amostra no peneiro de abertura de 106 μm .

Todas as composições de betão, com e sem adições minerais, foram caracterizadas química (determinação teor de álcalis por EAA e teor de hidróxido de cálcio por análise termogravimétrica ATG/ATD), mineralógica (DRX de fracções globais e finas) e microestruturalmente (análise ao MEV-EDS de superfícies de fractura e polidas), e análise da estrutura porosa (porosimetria de mercúrio). A caracterização efectuada foi realizada ao longo do tempo e para várias idades de exposição (Figura 4).

A análise e correlação dos resultados dos ensaios de caracterização com os ensaios de expansão residual aos álcalis e aos sulfatos visam possibilitar uma melhor definição dos teores mínimos de adição, em substituição de cimento, a utilizar em composições de betão para inibir a RAS e a DEF.

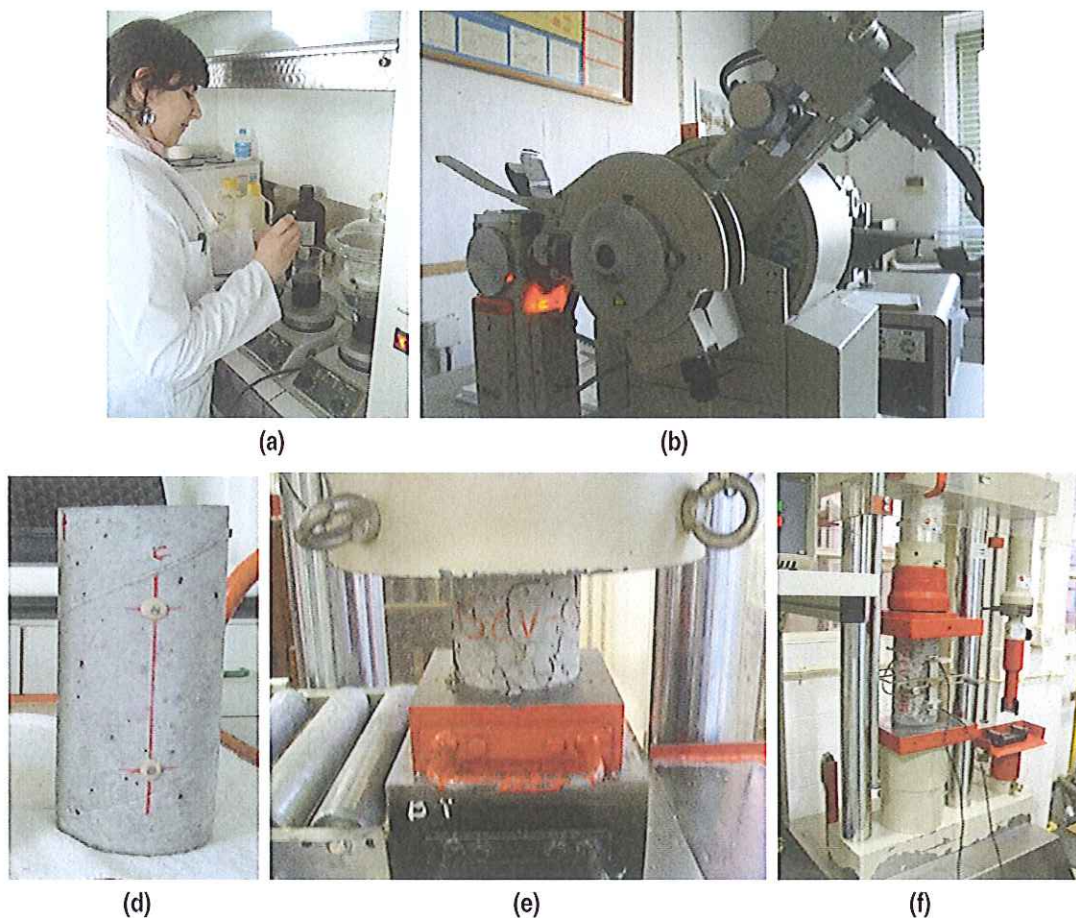


Figura 4 – Fotos da realização de alguns dos ensaios caracterização do betão: (a) ataque ácido da amostra; (b) análise mineralógica por DRX; (c) marcação dos eixos de leitura para os ensaios de expansão; (e) resistência à compressão em carotes de betão; (f) módulo de elasticidade em carotes de betão.

2.5 – Tarefa 5: Desenvolvimento e validação de modelos baseados na cinética das reacções

Nesta tarefa a Boleira colaborou na realização de ensaios de barra de argamassa (norma ASTM C 1260), e respectivo tratamento de resultados, os quais estão a ser usados pela equipa da UM na definição de parâmetros dum modelo cinético que simule a expansão. Com esse intuito foram realizados ensaios ASTM C 1260 a várias temperaturas (38° C, 50° C, 60° C, 70° C e 80° C) para serem aplicados na modelação das curvas de expansão em termos cinéticos.

2.6 – Tarefa 6: Elaboração de recomendações para o diagnóstico, prognóstico e mitigação da RAS e DEF

A Bolseira participou na elaboração de recomendações nacionais para o diagnóstico, prognóstico e mitigação da RAS e DEF. No âmbito do diagnóstico/prognóstico está em fase de conclusão um guia com recomendações direccionadas para problemática das reacções expansivas em estruturas de betão, quer ao nível da prevenção em futuras construções, quer de diagnóstico em estruturas cujos materiais utilizados são propensos a originar este tipo de patologia.

Tendo em conta a não existência de normas ou especificações nacionais para ensaios de prognóstico relativamente a agregados, a Bolseira colaborou na elaboração de propostas de modos operatórios para cada tipo de ensaio com o objectivo de poderem vir a ser editados na forma de Especificações LNEC (Figura 5), encontrando-se em fase de revisão.

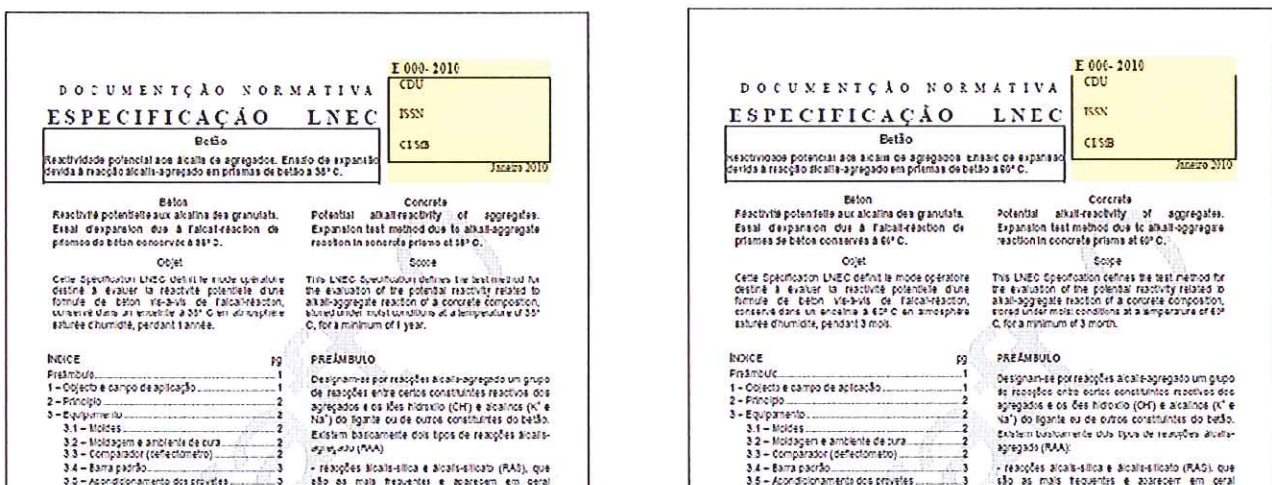


Figura 5 – Draft das Especificações LNEC para os ensaios AAR-3 e AAR-4.

Relativamente à mitigação da RAS e da DEF, colaborou na compilação de bibliografia nacional e internacional que serviu de suporte à elaboração dum relatório que apresentará o estado da arte sobre esta temática, e que actualmente se encontra em fase de publicação (Figura 6).

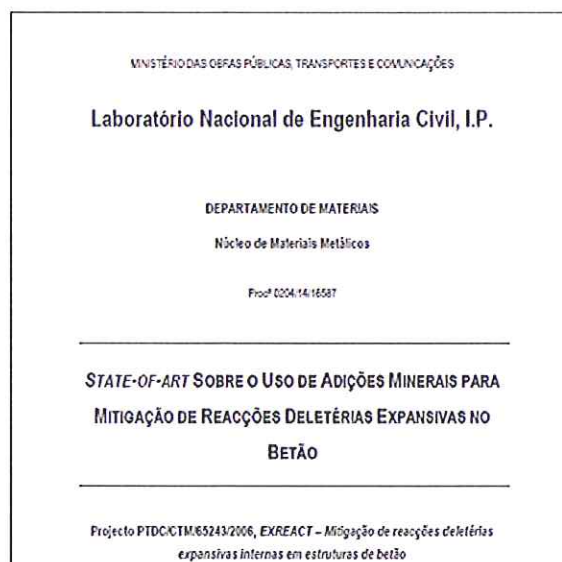


Figura 6 – *State-of-art* sobre o uso de adições minerais para mitigação de reacções deletérias expansivas no betão.

2.7 – Tarefa 7: Construção de uma página web técnica e educativa

A Bolseira deu apoio à criação de uma página web técnica e educativa que disponibiliza informação relativa ao Projecto EXREACT (Figura 7).



Figura 7 – Página web em construção: <http://www-ext.lnec.pt/EXREACT/index.html>

Os conteúdos da página *on-line* consistem essencialmente:

- na apresentação de informação sobre os estudos de caso seleccionados, nomeadamente pontes e barragens;
- informação sobre normas de ensaio, recomendações, guias, artigos, teses, etc., relacionadas com a degradação do betão por RAS e/ou DEF;
- aspectos relacionados com o diagnóstico e prognóstico desta forma de degradação de estruturas de betão e as medidas de mitigação destas reacções;
- ilustração dos diferentes tipos de agregados, adições minerais e produtos de reacção (gel sílico-alcalino e etringite) com diferentes morfologias, através de imagens obtidas por microscopia óptica e electrónica.

2.8 – Tarefa 8: Organização de um Seminário (Workshop)

A Bolseira deu apoio na organização do Seminário, intitulado “As Reacções Expansivas Internas no Betão. Prevenção dos Riscos e Gestão das Estruturas Afectadas”. Este Seminário (Figura 8) foi integrado no Congresso REABILITAR 2010 – Encontro Nacional de Conservação e Reabilitação de Estruturas, que se realizou no LNEC entre 23 a 25 de Junho de 2010.

O Seminário teve como principal objectivo:

- difundir e compilar os resultados do Projecto EXREACT;
- alertar as autoridades nacionais e regionais para a necessidade de implementação de medidas que visem melhorar a durabilidade das novas estruturas de betão e difundir informação sobre a necessidade de intervenções de reparação em estruturas existentes;
- trocar experiências e conhecimentos com investigadores envolvidos na durabilidade do betão.

Neste âmbito, e de modo a compilar toda a informação disponibilizada pelos vários oradores, a bolseira colaborou na edição de um livro de actas do Workshop (Figura 9) onde consta a documentação relativa a cada tema abordado.

reabilita
2010

Encontro Nacional
CONSERVAÇÃO e REABILITAÇÃO de ESTRUTURAS
Lisboa · LNEC · 23 a 25 de Junho de 2010

24 de Junho de 2010

As reacções expansivas internas no betão Prevenção dos riscos e gestão das estruturas afectadas

PROGRAMA DO WORKSHOP:

1. Contexto das estruturas e dos materiais sujeitos a reacções expansivas
António Santos Silva, LNEC
2. Prevenção dos riscos
Arlindo Gonçalves, LNEC
3. Diagnóstico, observação e prognóstico das estruturas afectadas
Loïc Divet e Lexandre Pavoine, LCPC – France
4. Manutenção e reparação das estruturas afectadas
Didier Germain, CETE Lyon – France
Júlio Appleton, IST
5. Conclusão e Discussão

<http://www-ext.lnec.pt/EXREACT/index.html>

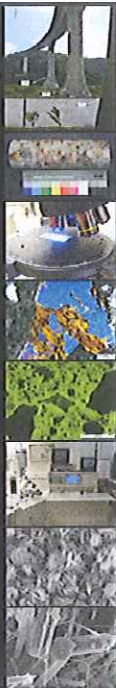
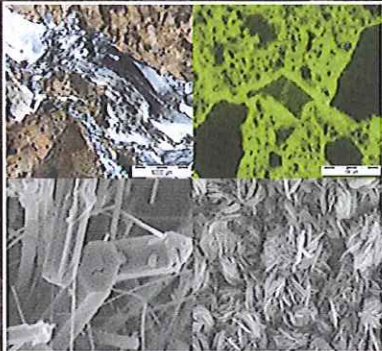



Figura 8 – Programa do Seminário “As Reacções Expansivas Internas no Betão. Prevenção dos Riscos e Gestão das Estruturas Afectadas”. Endereço URL: <http://www-ext.lnec.pt/EXREACT/index.html>

As reacções expansivas internas no betão Prevenção dos riscos e gestão das estruturas afectadas



Projecto FCT EXREACT – Mitigação de reacções expansivas deleterias em estruturas de betão (PTDC/GTM/65243/2006)

Apoio:



Encontro Nacional
CONSERVAÇÃO e REABILITAÇÃO de ESTRUTURAS
Lisboa · LNEC · 23 a 25 de Junho de 2010

reabilita
2010

Figura 9 – Livro de actas: documento elaborado no âmbito do Seminário “As Reacções Expansivas Internas no Betão. Prevenção dos Riscos e Gestão das Estruturas Afectadas”. Endereço URL: http://www-ext.lnec.pt/EXREACT/pdfs/Workshop_EXREACT2.pdf



Figura 10 – Fotos tiradas durante o Seminário.

3 – PUBLICAÇÕES

No sentido de divulgar a actividade realizada no decorrer do projecto, a Bolseira participou na elaboração de resumos e artigos que foram submetidos a conferências nacionais e internacionais. As publicações efectuadas estão distribuídas da seguinte forma:

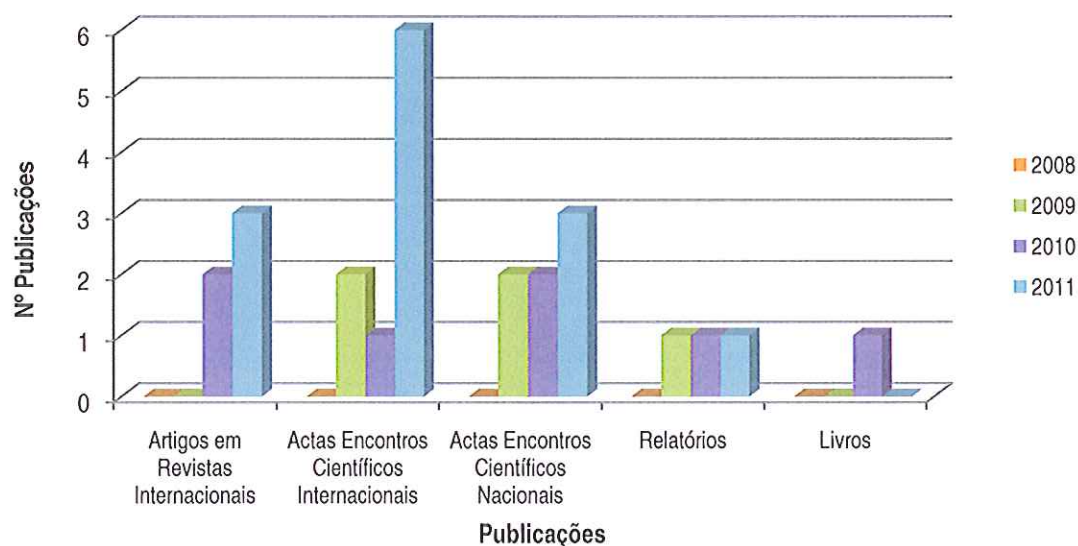


Figura 11 – Tipo e distribuição por ano das publicações em que a bolseira participou.

Artigos em revistas de circulação internacional com arbitragem científica

1. **Publicado** - Santos Silva, A., Soares, D., Matos, L., Salta, M., Divet, L., Pavoine, A., Candeias, A., Mirão, A., "Influence of Mineral Additions in the Inhibition of Delayed Etringite Formation in Cement based Materials – A Microstructural Characterization", Materials Science Forum, Vols. 636-637 (2010) pp. 1272-1279.

2. **Publicado** - Matos, L., Santos Silva, A., Soares, D., Salta, M., Mirão, A., Candeias, A., "The Application of Fluorescence Microscopy and Scanning Electron Microscopy in the Detection of Delayed Ettringite Formation in Concrete", Materials Science Forum, Vols. 636-637 (2010) pp. 1266-1271.
3. **Aceite para publicação** - Esteves, T.C., Rajamma, R., Soares, D., Silva, A.S., Ferreira, V.M., Labrincha, J.A., "Use of Biomass Fly Ash for Mitigation of Alkali-Silica Reaction of Cement Mortars", Construction and Building Materials.
4. **Submetido para publicação** - Santos Silva, A., Soares, D., Matos, L., Fernandes, I., Salta, M., "Alkali-Aggregate Reactions in Concrete: Methodologies Applied in the Evaluation of Alkali Reactivity of Aggregates for Concrete", Materials Science Forum.
5. **Submetido para publicação** - Serpa, D., Santos Silva, A., Soares, D., Barreto Santos, M., de Brito, J., "Behaviour of Glass in Cement-Based Materials: its role on ASR", Materials Science Forum.

Artigos e comunicações a reuniões científicas e técnicas internacionais

1. **Apresentado (Poster)** - Santos Silva, A., Soares, D., Matos, L., Salta, M., Divet, L., Pavoine, A., Candeias, A., Mirão, A., "Influence of Mineral Additions in the Inhibition of Delayed Ettringite Formation in Cement based Materials – A Microstructural Characterization", V International Materials Symposium – MATERIAIS 2009, Guimarães, Portugal, Abril 2009.
2. **Apresentado (Poster)** - Matos, L., Santos Silva, A., Soares, D., Salta, M., Mirão, A., Candeias, A., "The Application of Fluorescence Microscopy and Scanning Electron Microscopy in the Detection of delayed Ettringite Formation in Concrete", V International Materials Symposium – MATERIAIS 2009, Guimarães, Portugal, Abril 2009.
3. **Publicado** - Santos Silva, A.; Soares, D.; Matos, L.; Salta, M.; "Inhibition of internal expansive reactions in cement based materials with mineral additions", Proceedings of the MEDACHS10 International Congress, La Rochelle, França, Abril 2010, 8 pp.
4. **Apresentado** - Gonzalez, L.M., Santos Silva, A., Soares, D., Jalali, S., "Modelling the prediction of start of the expansion due to alkali silica reaction in concrete", Proceedings of the 6th International Conference on Dam Engineering, Lisboa, Portugal, 2011.
5. **Apresentado (Poster)** - Santos Silva, A., Soares, D., Matos, L., Fernandes, I., Salta, M., "Alkali-Aggregate Reactions in Concrete: Methodologies Applied in the Evaluation of Alkali Reactivity of Aggregates for Concrete", VI International Materials Symposium – MATERIAIS 2011, Guimarães, Portugal, Abril 2011.

6. **Apresentado (Poster)** - Serpa, D., Santos Silva, A., Soares, D., Barreto Santos, M., de Brito, J., "Behaviour of Glass in Cement-Based Materials: its role on ASR", VI International Materials Symposium – MATERIAIS 2011, Guimarães, Portugal, Abril 2011.
7. **Apresentado** - Santos Silva, A., Soares, D., Matos, L., Salta, M., Gonçalves, A., Bettencourt Ribeiro, A., "Mineral Additions for the Inhibition of Delayed Etringite Formation in Concrete: The Role of Limestone Filler", Proceedings of the XIII ICCO - International Congress on the Chemistry of Cement, Madrid, Espanha, 2011.
8. **Apresentado** - Rajamma, R., Soares, D., Esteves, T.C., Silva, A.S., Labrincha, J.A., Ferreira, V.M., "Investigation of Alkali-Silica Reaction in Biomass Fly Ash Concretes", Proceedings of the XIII ICCO - International Congress on the Chemistry of Cement, Madrid, Espanha, 2011.
9. **Apresentado** - Santos Silva, A., Soares, D., Matos, L., Salta, M., "Inhibition of ASR and DEF: Evaluation of the Microstructure of Concrete Mixes With pozzolanic Additions", Proceedings of the 13th EMABM–Euroseminar on Microscopy Applied to Building Materials, Ljubljana, Slovenia, 2011.

Artigos e comunicações a reuniões científicas e técnicas nacionais

1. **Apresentado** - Soares, D., Santos Silva, A., Matos, L., Salta, M., Gonçalves, A., Bettencourt Ribeiro, A., Candeias, A., Mirão, J., Labrincha, J., Ferreira, V., Velosa, A., "Emprego de adições minerais para mitigação de reacções expansivas internas", Proceedings of the ASCP'09 – 1º Congresso Nacional sobre Segurança e Conservação de Pontes, Lisboa, Portugal, 2009, p. III 211-218.
2. **Apresentado** - Santos Silva, A., Soares, D., Matos, L., Salta, M., "Degradação do betão por reacções sulfáticas internas. Metodologia para o seu diagnóstico/prognóstico", Proceedings of the ASCP'09 – 1º Congresso Nacional sobre Segurança e Conservação de Pontes, Lisboa, Portugal, 2009, p. III 203-209.
3. **Apresentado** - Santos Silva, A., Soares, D., Matos, L., Salta, M., Bettencourt Ribeiro, A., Gonçalves, A., "Mitigação das reacções expansivas no betão: avaliação do efeito do uso de adições minerais em substituição de cimento", Proceedings of the REABILITAR 2010 – Encontro Nacional de Conservação e Reabilitação de Estruturas, Lisboa, Portugal, Junho 2010, 10 pp.
4. **Apresentado** - Santos Silva, A., Soares, D., Matos, L., Salta, M., Bettencourt Ribeiro, A., Gonçalves, A., "Reacções expansivas internas no betão: mitigação da expansão pelo emprego de adições minerais", Proceedings of the BE 2010 – Encontro Nacional Betão Estrutural, Lisboa, Portugal, Novembro 2010, 11 pp.

5. **Apresentado** - Santos Silva, A., Soares, D., Matos, L., Salta, M., "Degradação do betão por reacções álcalis-agregado: Exemplos de diagnóstico/prognóstico em pontes", Proceedings of the ASCP'11 – 2º Congresso Nacional sobre Segurança e Conservação de Pontes, Coimbra, Portugal, Junho 2011.
6. **Apresentado** - Santos Silva, A., Soares, D., Matos, L., Fernandes, I., Salta, M., "Reacções álcalis-agregado em betão: contributos na avaliação da reactividade aos álcalis de agregados para betão", Proceedings of the ASCP'11 – 2º Congresso Nacional sobre Segurança e Conservação de Pontes, Coimbra, Portugal, Junho 2011.
7. **Submetido** - Gonzalez, L.M., Santos Silva, A., Soares, D., Jalali, S., "A kinetic Modeling approach to study the initiation of the expansion due to alkali silica reaction in concrete", Proceedings of the 6th CLME– Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia, Maputo, Moçambique, 2011.

Relatórios

1. **Publicado** - Soares, D., Santos Silva, A., "Relatório de Actividades no Projecto FCT EXREACT da Bolseira de Investigação Dora Soares", Nota Técnica 10/2010 – DM, Lisboa, 2010, 11 pp.
2. **Publicado** - Soares, D., Santos Silva, A., "Relatório de Actividades realizadas em 2010 no Projecto FCT EXREACT da Bolseira de Investigação Dora Soares", Nota Técnica 03/2011 – DM, Lisboa, 2011, 11 pp.

Livros

1. **Publicado** - Santos Silva, A., Gonçalves, A., Divet, L., Pavoine, A., Germain, D., Appleton, J., Soares, D., Matos, L., "As reacções expansivas internas no betão. Prevenção dos riscos e gestão das estruturas afectadas.", Seminário Integrado no Encontro Nacional de Conservação e Reabilitação de Estruturas – REABILITAR 2010, Junho 2010, 136 pp.

Lisboa e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, em Julho de 2011.

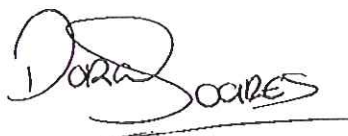
VISTOS

A Chefe do Núcleo de Materiais Metálicos



Maria Manuela Salta
Investigadora Coordenadora

AUTORIAS



Dora Soares
Bolseira de Investigação

/
O Director do Departamento de Materiais

Arlindo Gonçalves
Investigador Coordenador



Manuela Salta
CHEFE DO NÚCLEO DE
MATERIAIS METÁLICOS



António Santos Silva
Investigador Auxiliar, Orientador da Bolseira