

XI Congresso Internacional de Reabilitação do Património Arquitectónico e Edificado

PAULINA FARIA

Seminário Internacional
RESTAURO E USO DE MATERIAIS E TÉCNICAS TRADICIONAIS

DIA 13 DE JULHO – 12H15

«A cal na composição e conservação dos revestimentos»

NOTA BIOGRÁFICA

Formação Académica

Licenciatura em Engenharia Civil pelo Instituto Superior Técnico (IST) – Universidade Técnica de Lisboa (1983/1988). Mestrado em Construção pelo IST (1989/1993). Doutoramento em Engenharia Civil na especialidade de Reabilitação do Património Edificado na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, com defesa da tese intitulada “Argamassas de Revestimento para Alvenarias Antigas. Contribuição para o estudo da influência dos ligantes” (1999/2004).

Actividade Profissional

1987/1996 – Bolseira, Estagiária e Investigadora do Laboratório Nacional de Engenharia Civil

1988/1991 – Atividade de projeto como profissional liberal (sem exclusividade no LNEC)

1991/1992 – Formadora no âmbito do Regulamento de Características de Comportamento Térmico de Edifícios

1992/1997 – Docente como Assistente Convidada do Departamento de Engenharia Civil do IST

1995/1997 e 2008/2011 – Docente, como Assistente e como Professora Coordenadora da Escola Superior de Tecnologia de Setúbal e da Escola Superior de Tecnologia do Barreiro do Instituto Politécnico de Setúbal

1997/2008 e desde 2011 – Docente, como Assistente, Professora Auxiliar e atualmente Professora Associada, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

XI Congresso Internacional de Reabilitação do Património Arquitectónico e Edificado

Tem lecionado e investigado principalmente na área dos Materiais de Construção, Tecnologias da Construção e dos Revestimentos, Física das Construções, Sustentabilidade da Construção e Inovação Tecnológica, com maior ênfase na conservação de revestimentos de paredes antigos.

Referências Bibliográficas

A signatária tem procurado contribuir para a orientação, formação e divulgação de conhecimentos nas áreas em que tem vindo a exercer a sua actividade profissional. Para além da participação em conferências e seminários nacionais e internacionais onde tem sido oradora, é autora e co-autora de cerca de 200 referências bibliográficas, distribuídas entre: Capítulos de Livros e Publicações Seriadas, Artigos em Revistas Internacionais e Nacionais, Comunicações em Congressos Internacionais e Nacionais, Trabalhos de Investigação, Trabalhos de Natureza Pedagógica, Estudos e Pareceres.

RESUMO DA CONFERÊNCIA

CAIS

As cais podem ser aéreas ou terem propriedades hidráulicas. De acordo com a nova versão da norma NP EN 459-1: 2011, das cais de construção, as cais aéreas classificam-se como cálcicas (CL) ou dolomíticas (DL). Já as cais com propriedades hidráulicas podem classificar-se como cais hidráulicas naturais (NHL), cais hidráulicas (HL) ou cais formuladas (FL). As cais hidráulicas (não naturais) e as cais formuladas podem conter algumas adições (tal como gesso, filleres ou clínquer do cimento Portland) e são geralmente produzidas a temperaturas superiores que as cais hidráulicas naturais. Cada uma destas famílias tem de respeitar determinados parâmetros, nomeadamente ao nível do teor em hidróxido de cálcio livre, sulfatos e adições permitidas.

As cais aéreas cálcicas são brancas, enquanto as dolomíticas têm geralmente uma cor ligeiramente mais escura. As cais aéreas são produzidas a partir de rocha calcária pura ou de calcários magnesianos; as cais hidráulicas naturais são produzidas a partir de calcários com alguma percentagem de argila mas não podem conter outras adições. Ambas estas cais são produzidas à temperatura máxima de calcinação da rocha de 800-900°C. A rocha calcária (carbonato de cálcio), ao ser cozida e transformada em óxido de cálcio, liberta dióxido de carbono para o ambiente; em contacto com a água hidrata e transforma-se em hidróxido de cálcio; quando de novo em contacto com o ar ambiente, o hidróxido de cálcio carbonata, absorvendo de novo a parcela equivalente ao dióxido de carbono que tinha libertado.

XI Congresso Internacional de

Reabilitação do Património Arquitectónico e Edificado

Cais aéreas

A produção das cais aéreas pode ser artesanal ou desenvolver-se industrialmente. Em Portugal já se regista muito pouca produção artesanal mas ainda se conseguem, em algumas regiões, encontrar produtores artesanais de cal viva (óxido de cálcio). Esta cal viva é comercializada em pedra (e tem de ser extinta antes de ser utilizada) ou já na forma de pasta. Para produção da cal em pasta a pedra cozida (cal viva) é extinta em água abundante; a pasta vai “engordando” (diminuindo as dimensões dos cristais que a constituem) depositada sob uma camada de água. Essa água é designada por água de cal. Diluindo a cal em pasta em água obtém-se o leite de cal, com o qual se realizam as caiações.

Como a extinção da cal viva ocorre com elevação de temperatura, isso facilita a incorporação de gorduras animais ou vegetais, que tradicionalmente eram por vezes introduzidas para melhorar o comportamento das aplicações da cal face à ação da água. Em Portugal era corrente a utilização de sebo e de resíduos de lagares de azeite e atualmente ainda existe pelo menos um produtor que comercializa cal em pasta com este tipo de adjuvante natural.

A produção de cal aérea industrial existe em Portugal. Esta cal pode ser comercializada na forma de óxido de cálcio em pó (cal viva micronizada) ou de hidróxido de cálcio em pó (após a cal viva ser extinta - ou hidratada – apenas com um mínimo de água). A cal viva micronizada, tal como qualquer cal viva, só pode ser utilizada após extinção; a cal hidratada pode ser utilizada em pó, diretamente, como se de outro constituinte seco se tratasse. Também existem produtores de cal aérea industrial que comercializam pasta de cal mas produzida a partir de cal previamente hidratada industrialmente. Esta pasta de cal é distinta da cal em pasta obtida diretamente por extinção.

Em regiões onde existe abundância de conchas, este resíduo pode ser utilizado como matéria-prima para a produção da cal. A produção de cal aérea a partir de conchas resulta de uma valorização desse resíduo, com redução da necessidade de consumo de recursos naturais – no caso, rocha calcária – para a produção do ligante. Este tipo de cal foi/é utilizado em muitas zonas do mundo.

Cais hidráulicas naturais

Nas cais hidráulicas naturais não são admitidas adições e é exigido um teor mínimo de hidróxido de cálcio e máximo de sulfato. São estabelecidas três classes de cais hidráulicas naturais: NHL2, NHL3.5 e NHL5, relacionadas com a resistência à compressão registada (em MPa) aos 28 dias. Portugal é um dos pouco mais de uma dezena de países que possui matéria-prima e produz cais hidráulicas naturais.

Com a entrada em vigor da nova versão da norma NP EN 459:2011, algumas cais portuguesas com propriedades hidráulicas antigamente classificadas como NHL5, se não forem objeto de reformulação, passarão a ser classificadas como HL5 ou como FL5; os produtores que pretendam continuar a fornecer cais hidráulicas naturais poderão ter de vir a reformular as suas cais, em termos de matéria-prima e/ou de processo de fabrico. De caracterização já efetuada de argamassas com estas novas cais (nomeadamente com as NHL5 e NHL3.5 produzidas pela Secil) constata-se que apresentam características melhoradas

XI Congresso Internacional de Reabilitação do Património Arquitectónico e Edificado

comparativamente às que antes eram designadas pelo mesmo nome, em termos de características diferenciadas dos restantes ligantes minerais; espera-se que também venham a apresentar homogeneidade de qualidade ao longo do tempo.

As cais hidráulicas naturais, embora mais escuras que as cais aéreas, são geralmente mais claras que as cais hidráulicas (e que os cimentos Portland). Diferem das cais aéreas por endurecerem por contacto com a água e terem a capacidade de efetuar esse endurecimento mesmo em imersão em água; no caso das cais aéreas não há endurecimento se não existir contacto com o dióxido de carbono e por isso ele não ocorre em imersão em água, iniciando-se muito lentamente em ambientes muito húmidos ou sem contacto com o exterior.

A existência de “impurezas” argilosas na rocha calcária, matéria-prima das cais hidráulicas naturais, nomeadamente de sílica e de alumina, dá origem e justifica esta diferenciação. Ainda mais que na produção de cimento, a produção de cal hidráulica natural depende da natureza e da mineralogia da rocha calcária (daí não ser produzida em muitos países), das condições de cozedura e do tipo de forno utilizado. Normalmente não é possível controlar rigorosamente a temperatura num forno de cal devido a variações na localização do material, face à distância ao queimador ou à periferia do forno. A temperatura varia também com o tipo de combustível utilizado e o material a ser calcinado (com a sua composição química e mineralógica e com a dimensão das partículas). A reação do hidróxido de cálcio com a sílica e a alumina conduz à formação de silicatos e aluminatos de cálcio hidratados. Estas fases hidratadas (sua quantidade e tipo) condicionam as propriedades da cal hidráulica e, como referido, diferenciam-na dos cimentos Portland e das cais aéreas.

A cal hidráulica natural constitui assim um ligante hidráulico (ao contrário da cal aérea) mas, contrariamente a outras cais hidráulicas e aos cimentos, é potencialmente compatível com as características dos suportes antigos onde venha a ser aplicado.

Pozolanas

As pozolanas, materiais com elevada superfície específica, ricos em sílica e/ou alumina no estado amorfo, são objeto de normalização em Portugal, com vista à sua aplicação em argamassas, caldas e betões. A sua utilização foi muito importante no passado mas caiu em desuso durante muito tempo; em períodos mais recentes tem vindo a ser reconhecida como podendo promover melhorias técnicas, económicas e ambientais. Nomeadamente em argamassas de cal aérea, a adição de pozolanas pode conferir características hidráulicas a essas argamassas, possibilitando a sua utilização em situações em que se pretendam endurecimentos rápidos em ambientes com elevada humidade relativa ou com fraco contacto com o dióxido de carbono, indispensável para a carbonatação da cal aérea.

Vários trabalhos têm vindo a ser desenvolvidos relativamente à caracterização de argamassas de cal aérea com pozolanas e existem também já alguns relativos à utilização de pozolanas em argamassas de cal hidráulica natural (nomeadamente portuguesas classificadas de acordo com a nova versão da norma).

XI Congresso Internacional de

Reabilitação do Património Arquitectónico e Edificado

APLICAÇÕES

Argamassas de cal

As argamassas são dos produtos mais utilizados na construção, constituídas genericamente por agregados aglutinados por uma pasta de ligante e água. Em construção nova são utilizadas essencialmente no assentamento de alvenarias, em rebocos (interiores e exteriores) de paredes e de tetos, no tratamento de juntas (de alvenaria e entre ladrilhos), em camadas de enchimento, de regularização ou de revestimento de pavimentos e de coberturas. Quando aplicadas em camadas de pavimentos designam-se como betonilhas. Na conservação e na reabilitação de construções existente são também utilizadas para reparação de anomalias em elementos estruturais e em revestimentos, na substituição de rebocos que já não desempenham eficazmente o seu papel de proteção dos suportes e no tratamento de juntas que estejam ineficientes.

As características que se pretendem para as argamassas dependem do tipo e aplicação a que estas vão ser sujeitas. Enquanto em aplicações em rebocos o controlo da fendilhação é um requisito importante, já em camadas de enchimento em pavimentos pode ser um requisito mais importante apresentar um determinado nível de resistência mecânica. No entanto, a função das argamassas é quase sempre a de constituírem uma camada e de alguma forma contribuírem para a proteção dos suportes. Em edifícios antigos existem ainda atualmente muitos testemunhos de argamassas com centenas de anos, executadas com materiais locais, técnicas tradicionais e compatíveis com os respetivos suportes e tipos de aplicação, com as quais temos muito a aprender.

Podem ser utilizadas argamassas realizadas em obra, com base em materiais fornecidos diretamente (essencialmente ligantes e agregados), ou argamassas pré-doseadas de fábrica que, para além dos constituintes correntes, contêm geralmente também adições e adjuvantes. Estas últimas chegam geralmente à obra em saco ou silo, prontas a amassar e aplicar. Com base nos adjuvantes que contêm, podem muitas vezes simplificar alguns dos cuidados com que as tradicionais (de obra) têm de ser executadas. As argamassas pré-doseadas possibilitam uma maior constância de qualidade das argamassas e um maior conhecimento das características obtidas quando aplicadas sobre suportes correntes. Para aplicações sobre suportes diferentes dos correntes por vezes é necessário verificar a adequabilidade das argamassas pré-doseadas, uma vez que podem existir casos para os quais já existam produtos desenvolvidos e outros para os quais os existentes não sejam adequados. Efetivamente na construção, e ainda mais na conservação de edifícios, cada caso é um protótipo.

Em obras de conservação muitas vezes é possível prescrever mesmo em obra, para determinados trabalhos específicos, argamassas de dosagens muito precisas, com constituintes extremamente bem doseados. Mas esta não é a situação das obras correntes.

XI Congresso Internacional de

Reabilitação do Património Arquitectónico e Edificado

Argamassas com base em cais aéreas

As argamassas com base em cal aérea podem ser realizadas a partir de cal hidratada em pó ou de pasta de cal hidratada ou de cal hidratada em pasta. As existentes em edifícios antigos eram produzidas a partir desta última forma. Devido ao facto da cal aérea cálcica ser branca, argamassas com base em cal aérea são facilmente pigmentáveis.

As argamassas só de cal aérea têm a desvantagem atrás referida de necessidade de carbonatação para endurecerem. Quando essa situação é condicionante face à aplicação em causa, podem ser adicionadas pozolanas na sua constituição. Com base em diversos estudos efetuados, e nomeadamente em estudos recentes desenvolvidos no âmbito do projeto FCT /MEC METACAL, coordenado pela Prof. Ana Velosa e em que participo, verifica-se que a substituição parcial de cal aérea por uma pozolana como o metacaulino pode ser vantajosa para as argamassas, nomeadamente em termos da velocidade e condições em que ocorre o endurecimento, alargando o seu âmbito de aplicação. Assim a prescrição do tipo de ligante da argamassa (só cal aérea ou cal aérea e pozolana) deve ter em consideração as condições em que a argamassa fresca vai ser aplicada; se o ambiente for muito húmido haverá vantagem na introdução da pozolana. Deve ser tido algum cuidado com as condições de cura em que a argamassa vai estar, de modo a otimizar e potenciar as características das argamassas e o seu desempenho no revestimento de edifícios antigos.

A utilização de cal em pasta hidrofugada em argamassas deve ser cuidadosamente avaliada pois o funcionamento das argamassas de reboco em termos de capacidade de secagem e de resistência à contaminação por cloretos é afetado.

Argamassas com base em cais hidráulicas naturais

Num estudo recente produziu-se e caracterizou-se - em termos de módulo de elasticidade, resistências à flexão e à compressão, absorção de água por capilaridade, secagem e resistência à ação de sulfatos - de uma argamassa de cal hidráulica natural EN 459-1 NHL5 de fabrico nacional ao traço volumétrico 1:4 e de argamassas semelhantes mas em que determinadas percentagens da massa da cal foram substituídas por iguais massas de três diferentes pozolanas existentes no mercado nacional, com preços que variavam entre 60 euros e 625 euros por 1000 kg. Uma destas pozolanas (no caso, de preço intermédio) era um metacaulino de produção nacional. Estas argamassas foram sujeitas a condições de cura distintas para avaliar a influência deste aspeto nas características das argamassas. Para a maior parte das características analisadas, as condições de cura revelaram-se como tendo mais influência que a utilização (ou não) das pozolanas e do tipo e dosagem da pozolana. No entanto, a substituição parcial de percentagens de cal por determinadas pozolanas, tais como o metacaulino, demonstrou ser benéfica a nível ambiental e também potenciar algumas das características das argamassas, e muito particularmente a resistência à ação agressiva de sulfatos. Comparativamente a outros estudos que utilizaram procedimentos de ensaio semelhantes mas uma cal hidráulica NHL5 produzida pelo mesmo fabricante mas classificada de acordo com a norma antiga, a cal hidráulica natural NHL5 utilizada no estudo preliminar

XI Congresso Internacional de

Reabilitação do Património Arquitectónico e Edificado

referido, e classificada de acordo com a nova norma, pareceu indiciar um comportamento claramente melhorado relativamente à que antes era comercializada com a mesma designação. Podem comparar-se os resultados obtidos com argamassas de cais hidráulicas naturais NHL3.5 e NHL5, face a argamassas de cal aérea. Em estudos recentes também a influência das condições de cura das argamassas e da percentagem de substituição de cal por um metacaulino comercial foram avaliadas.

Em termos de resistências mecânicas, interessa que estas sejam suficientemente elevadas para aplicação no refechamento de juntas ou em rebocos mas não demasiado para não provocarem o desenvolvimento de tensões que ponham em causa todo o conjunto das alvenarias antigas. Veiga e vários colaboradores dos projetos LIMECONTECH e METACAL definem uma gama de valores, obtidos aos 90 dias, para argamassas para reboco de edifícios antigos: resistência à tração e à compressão respetivamente entre 0,2 e 0,7 MPa e 0,4 e 2,5 MPa para argamassas para reboco e entre 0,4 e 0,8 MPa e 0,6 e 3,0 MPa para argamassas para refechamento de juntas. A norma EN 998-1:2010 que especifica as argamassas para rebocos define que, aos 28 dias, as argamassas para reabilitação de rebocos (não especificando serem para alvenarias antigas), pertencentes à classe de resistência CSII, devem apresentar valores de resistência à compressão entre 1,5 e 5,0 MPa.

Comparando as características de argamassas ao traço volumétrico 1:3 de cal aérea cálcica, de cal hidráulica natural NHL3.5 e de cal hidráulica natural NHL5, aos 28 dias de idade verifica-se que:

- os três tipos de cais conduzem a argamassas com características distintas e que, como era expectável, as argamassas com cais hidráulicas naturais atingem valores de resistências mecânicas mais elevados;
- entre todas as argamassas, as com NHL3.5 atingem valores melhores em termos de velocidade de absorção de água por capilaridade e semelhantes em termos de valor total de água absorvida;
- as condições de cura de argamassas de cal hidráulica natural NHL5 e de cal aérea condicionam mais os resultados obtidos comparativamente aos registados por argamassas com NHL3.5 e que essa diferenciação é mais sensível nas resistências mecânicas que nas físicas;
- a substituição parcial de massa de cal por metacaulino aumenta as resistências mecânicas das argamassas de todas as cais e em curas húmidas e em ambiente exterior perto do mar, exceto das de cal aérea em cura a 65% de humidade relativa, o que demonstra que a humidade é essencial para que a reação pozolânica ocorra neste tipo de argamassas; essa substituição, em determinadas percentagens, pode até conduzir a valores demasiado elevados de resistências mecânicas (para argamassas a serem aplicadas na reabilitação de rebocos);
- a substituição de cal por metacaulino melhora o coeficiente de capilaridade das argamassas de cais hidráulicas naturais e piora o das argamassas de cal aérea, independentemente da cura e, exceto no caso das argamassas de cal aérea, não altera o valor assintótico;
- os resultados obtidos até à data permitem avaliar que as argamassas com NHL3.5 registam valores comparáveis com os das argamassas de cal aérea e perfeitamente aceitáveis em termos de condições para facilitarem a secagem, embora a substituição por metacaulino piore ligeiramente as condições de secagem destas argamassas em todas as curas.

XI Congresso Internacional de

Reabilitação do Património Arquitectónico e Edificado

Caiações com leite de cal (aérea)

Se os primeiros sistemas de pintura que surgiram foram desenvolvidos apenas com base em terras coradas dispersas em água, os seguintes foram com base em cal aérea, nomeadamente através dos leites de cal, constituindo caiações. Como todos os revestimentos por pintura, a função principal das caiações é a proteção do suporte. Este pode ser um reboco ou a própria parede, uma vez que nem sempre a parede é rebocada.

Mas as tintas de cal eram também utilizadas para a execução de revestimentos artísticos por pintura, por exemplo para a execução de fingidos e de frescos. Devido ao facto da cal aérea cálcica ser branca, o leite de cal é facilmente pigmentável.

A vantagem das tintas de cal quando aplicadas sobre suportes com cal, para além de constituírem uma camada de revestimento compatível, reside no facto de não constituírem película independente mas interligarem-se ao suporte e passarem efetivamente a consolidá-lo superficialmente.

A tinta de cal pode ter adjuvantes que aumentem a sua durabilidade. No entanto, a durabilidade das caiações não é tão limitada quanto as caiações anuais alentejanas podem levar a crer; a periodicidade frequente das caiações em muitas regiões do Alentejo prende-se mais a uma prática social e de manutenção programada do que propriamente à necessidade de reaplicação da caiação por ocorrência de necessidade.

Consolidação com água de cal (aérea)

A água de cal pode ser utilizada para consolidação superficial de revestimentos à vista de pedra natural ou artificial, nomeadamente realizados a partir de argamassas com base em cal ou em terra, com particularidades artísticas e valor patrimonial – casos de grafitos ou esgrafitos, de decorações arte nova ou outros que se encontrem com falta de coesão. Pode ser aplicada diretamente, pigmentada ou adicionada de produtos (minerais) que lhe permitam melhorar as características de consolidação.

Antigamente recorreu-se muito à aplicação de consolidantes orgânicos, com base em resinas, mas cada vez mais, por razões de estéticas, compatibilidade química e física, e por questões de necessidade de reversibilidade, cada vez se recorre mais à aplicação de soluções aquosas com base em cal. Nesta área as denominadas nanocais estão em franco desenvolvimento mas está em curso um projeto de investigação financiado pela FCT/MEC e coordenado pela Doutora Rosário Veiga do LNEC (LIMECONTECH) e no qual também colaboro, em que estão também a ser ensaiados com sucesso soluções de água de cal com pozolanas, nomeadamente metacaulino e diatomite, e em que a solução pode ainda ser pigmentada para possibilidade de reintegração cromática simultânea com a consolidação superficial.

XI Congresso Internacional de

Reabilitação do Património Arquitectónico e Edificado

Caldas com base em cal

Por vezes existem destacamentos localizados de determinadas camadas de revestimentos de paredes. Se esses revestimentos tiverem valor patrimonial (por exemplo por serem pintados artisticamente – caso dos frescos) pode ser necessário recolar esses destacamentos. Tal consegue efetuar-se através do preenchimento do vazio por injeção de caldas, que são constituídas genericamente por uma pasta de ligante e água. Podem ainda conter finos inertes (caso de filleres, como o pó de pedra) ou reativos (caso de pozolanas), e adjuvantes.

Obviamente essas caldas têm de ser compatíveis em termos químicos e físicos com o suporte e com a parte destacada; mas simultaneamente têm de endurecer na zona injetada que tem fraco contacto com o dióxido de carbono do ar, o que lhes limita a possibilidade de carbonatação. A aplicabilidade de caldas com base em cal aérea com pozolana, caso do metacaulino, ou em cal hidráulica natural estão a ser estudadas no âmbito do projeto de investigação LIMECONTECH.

CONCLUSÕES

Do exposto penso terem ficado claras as múltiplas aplicações da cal na composição e na conservação dos revestimentos. E foram essencialmente focados apenas aspetos relacionados com a cal em revestimentos existentes, muito embora ela possa (deva) ser também utilizada em revestimentos novos, com vantagens face à quase exclusiva utilização de cimentos neste tipo de revestimentos.

De referir o facto lastimável de estarem quase abandonados os fornos de produção artesanal de cal aérea. Embora exista matéria-prima, também é já quase inexistente a produção de cal dolomítica. Mas ao mesmo tempo existe por vezes importação de cais (em pasta) de outros países, o que pode afigurar a existência de um nicho de mercado de produção de cal que poderia ser melhor explorado. Bastava para isso que os técnicos envolvidos em intervenções de conservação (e não só) reconhecessem as potencialidades da cal aérea face aos outros ligantes hidráulicos mais correntes e a utilizassem corretamente com mais regularidade.

De salientar também a existência de produção nacional de cais hidráulicas naturais, facto de que não se podem gabar muitos países do mundo (apenas cerca de uma dúzia), e de pelo menos uma das cais já analisadas – no caso a Secil NHL3.5 - apresentar características físicas bastante interessantes e adequadas para algumas aplicações em argamassas na conservação de revestimentos de edifícios antigos.

Com base nos conhecimentos existentes, as argamassas e caldas mais promissoras para aplicação na conservação de revestimentos parecem ser assim as com base em cal aérea, quando necessário com introdução de um metacaulino – para aumentar a velocidade e condições de endurecimento, as resistências mecânicas e a durabilidade – e as com base em cal hidráulica natural NHL3.5 – que mantem compatibilidade física. Para aplicações em caiações e em consolidação, a cal aérea deverá desempenhar um papel fundamental.

**XI Congresso Internacional de
Reabilitação do Património Arquitectónico e Edificado**