44
cm

CONSTRUÇÃO MAGAZINE

REVISTA TÉCNICO-CIENTÍFICA ENGENHARIA CIVIL

Nº 44 . julho/agosto 2011 . 6.50 €

DOSSIER
Património em Betão

CONVERSAS
Pamela Jerome

PUB

Há uma década que o seu sucesso profissional é a nossa meta.
Construímos, desde 2001, com o empenho da nossa equipa e dos maiores especialistas do sector...
A sua revista técnica de Engenharia Civil.

Visite-nos em **www.construcaomagazine.pt**

10 dez anos

10_16

CONSTRUÇÃO EM BETÃO

CONSERVAÇÃO DO PATRIMÓNIO DE BETÃO — CASA DE ADORAÇÃO BAHÁ'Í

Robert F. Armbruster
Presidente, The Armbruster Company
bob@armbrusterco.com

Os Bahá'ís têm um plano de 1000 anos para conservar o seu Templo e a indústria de betão nos Estados Unidos aceitou o desafio.

A Casa de Adoração Baha'í, localizada a norte de Chicago, Illinois, tem dos mais antigos painéis arquitetónicos de betão pré-fabricados do mundo. É também um dos mais elaborados e notavelmente belos edifícios de betão. A necessidade de restauro do Templo Bahá'í promoveu o desenvolvimento da conservação do património de betão.

> 1

> 2

> 3

A EXPERIÊNCIA DOS ESTADOS UNIDOS

Situado numa falésia com vista para o Lago Michigan, o espaço abobadado do Templo reflete a crença Bahá'í em um só Deus e na unidade de toda a humanidade. O projeto inovador do arquiteto Louis Bourgeois foi selecionado através de concurso em 1920 [1]. O arquiteto imaginou um "Templo de Luz" com luz a fluir através de 10.000 aberturas da cúpula em filigrana. No entanto, os requisitos dos materiais para a delicada ornamentação da cúpula não permitiam a concretização em pedra, terracota ou alumínio fundido.

A solução foi fornecida pelo escultor arquitetónico John J. Earley [2]. Earley propôs uma cúpula de betão armado em painéis pré-fabricados de 90 milímetros de espessura, 3 metros de largura por 2 metros de altura, feita no estúdio de um artesão, enviada para o local, içada e aparafusada em treliças de aço acima de uma claraboia gigante [3]. Tal nunca tinha sido feito antes de Bourgeois e a liderança Bahá'í aprovou corajosamente este sistema. O revestimento arquitetónico de betão consistiria em cimento branco e fragmentos de seixos de quartzo branco expostos na superfície. O altivo espaço interior abobadado foi rematado com painéis de betão pré-fabricado de agregado de quartzo multicolor criando um efeito de mosaico.

Para construir o Templo, o arquiteto Louis Bourgeois passou oito anos a criar desenhos em tamanho real de todos os detalhes ornamentais originais e, em seguida, o Earley Studio trabalhou por mais 17 anos para fabricar e instalar o betão arquitetónico. Os escultores do Earley Studio usaram os desenhos de Bourgeois para criar modelos em argila de cada painel nas superfícies curvas. Em seguida, os artesãos fizeram moldes de gesso dos modelos de argila. Os modelos de gesso foram moldados e em seguida aparafusados a uma maquete estrutural de madeira da cúpula, no pátio do Studio. Os artesãos subiram e refinaram o alinhamento da ornamentação em todas as ligações da cúpula. Finalmente, os moldes de betão foram fabricados em gesso revestido com folha de chumbo. O Earley Studio triturou e peneirou o agregado de quartzo e misturou o betão em betoneiras. O betão pré-fabricado foi removido dos moldes 16 horas após o enchimento, tendo podido assim os artesãos expor os reluzentes seixos de quartzo por raspagem manual com escovas de arame do tamanho de escovas de lavar os dentes [4].

CONSERVAÇÃO DO PATRIMÓNIO NOS ESTADOS UNIDOS

A conservação do património nos Estados Unidos tornou-se um esforço organizado há menos de 50 anos [5]. As normas nacionais para a Preservação Histórica [6] exigem que os materiais característicos do tecido histórico de uma propriedade sejam preservados e que materiais similares sejam utilizados em reparações. Reproduzir betão arquitetónico histórico pode ser especialmente exigente.

A conservação do património de betão começou apenas há 25 anos com os projetos iniciais do Templo Bahá'í [7] e evoluiu rapidamente. Os profissionais de projetos e construção ganharam experiência e estabeleceram normas técnicas validadas pela indústria [8]. Melhores materiais e melhores técnicas de reparação fornecem reparações duráveis, que podem combinar com os materiais originais.

A conservação do património de betão segue um processo semelhante ao utilizado noutras estruturas património. As etapas são:

- Compreender a estrutura e os seus problemas.
- Desenvolver um plano de conservação.
- Preparação para a intervenção.
- Realizar a intervenção.

COMPREENDER A ESTRUTURA E OS SEUS PROBLEMAS

Em 1985, o Templo Baha'i mostrou sinais de perigo. A maioria do seu betão estava em excelentes condições, mas existia claramente deterioração em alguns locais. A comunidade Bahá'í iniciou um enorme esforço de conservação com o objetivo de manter o templo em condições de excelência nos próximos mil anos.

O gestor de projeto reuniu uma equipa de engenheiros, mestres-artesãos e cientistas de materiais para realizarem um levantamento e

> **Figura 1:** Artistas do John Earley Studio rodeados por modelos de gesso e moldes para o Templo Bahá'í.

> **Figura 2:** Na manhã após a colocação do betão, o painel é retirado do molde. Os artistas trabalham ombro a ombro para remover rapidamente a pasta de cimento a partir da superfície para expor os seixos de quartzo. Em apenas 45 minutos a superfície do betão tornar-se-ia muito difícil de remover.

> **Figura 3:** Escultor sobe uma maquete de madeira em tamanho real da cúpula para moldar as ligações entre os painéis dos modelos de gesso.

> 4

> 5

> 6

uma avaliação das necessidades. O produtor de betão era um membro integrante da equipa desde o início e forneceu importantes informações sobre os métodos de construção original, potenciais técnicas de restauro e estratégias de construção.

Uma pesquisa nos Arquivos Bahá'í forneceu valiosas informações sobre o projeto original e desenhos de execução, correspondência e especificações, fotografias históricas e desenhos de produção de alguns dos betões arquitetónicos. Uma inspeção apropriada do Templo forneceu informação sobre métodos de construção originais do Templo, desempenho do edifício e tipos de deterioração.

A deterioração do betão pode ser causada por excesso de carga, assentamentos ou deslocamentos relativos, corrosão das armaduras ou das ligações, rutura do material devido a ciclos gelo-degelo, reação álcali-sílica, ataque por agentes atmosféricos, poluição ou manchas. A deterioração pode produzir fissuras, delaminação, destacamento ou desintegração do betão. Foram encontradas todas estas patologias no Templo Bahá'í.

Foram recolhidos dados através de ensaios não destrutivos, tais como sondagens com esclerómetro, ensaios de impacto, leituras com pacómetro para localizar o aço das armaduras, ensaios de corrosão e ensaios de água para localizar o movimento da mesma. As fissuras e outros defeitos foram medidos. Os ensaios de limpeza foram realizados de forma a identificar o método menos agressivo para remoção de líquenes, algas, fungos, sulfato de cálcio, depósitos atmosféricos e manchas químicas. Equipamentos para monitorização tensão/deformação, vibração/deslocamento, humidade relativa e temperatura foram utilizados para medir a resposta da estrutura a solicitações e condições ambientais ao longo do tempo.

Foram extraídas carotes de betão. Foram

> 7

> 8

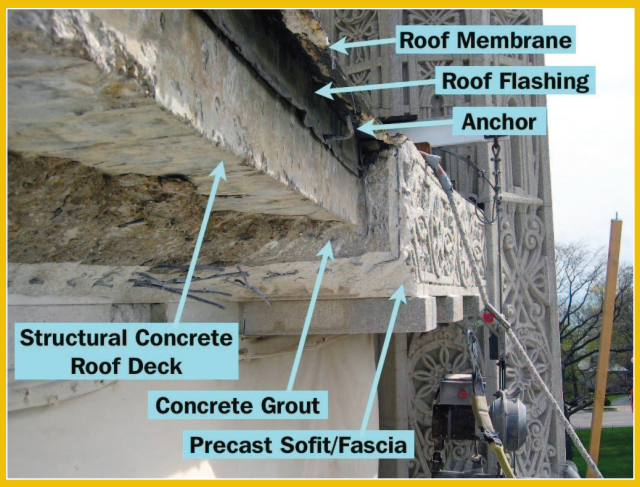
> **Figura 4:** Dois montadores colocam um painel pré-fabricado, que é içado para a posição na cúpula.

> **Figura 5:** Sistemas de elevação de alumínio leve que foram projetados para serem ancorados às treliças de aço estrutural através da cúpula ornamental de betão.

> **Figura 6:** Em 1985, a cornija maciça na base da cúpula mostrou sinais de deterioração.

> **Figura 7:** Crostas de sulfato de cálcio preto cobriam grande parte da ornamentação do Templo em 1985.

> **Figura 8:** Adaptadas pela primeira vez para uso em betão, técnicas de limpeza de água-névoa dissolveram as crostas. Pequenos orifícios foram posicionados para pulverizar cada fenda e esquina da ornamentação.



> 9

> 10

> 11

> 12

levantados rufos, coberturas, revestimentos, pavimentos, janelas e acabamentos interiores, com o objetivo de examinar as condições do betão e da estrutura interior. Finalmente, nos locais de maior deterioração, foram abertas janelas de inspeção, por corte e remoção de secções, de forma a analisar a ligação interna. Todas as janelas de inspeção foram reparadas e impermeabilizadas assim que a investigação foi concluída.

A análise estrutural e a avaliação de materiais em laboratório forneceram uma visão mais aprofundada dos problemas e das suas causas. Um passo importante na análise estrutural era a determinação da capacidade real dos elementos estruturais na sua condição atual, quando referenciados com as normas de construção vigentes.

No laboratório, a avaliação petrográfica e o ensaio das amostras do betão forneceram informações fundamentais sobre os materiais originais, possíveis causas de deterioração e ainda materiais compatíveis para reparações. Os materiais do betão original do Earley Studio era de qualidade excecionalmente alta e na maioria dos locais permaneceram em ótimas condições.

A maior parte da deterioração foi causada por falhas nas juntas entre os revestimentos arquitetónicos e os rufos ou os materiais da cobertura. O Templo foi um protótipo para o revestimento arquitetónico de betão, sendo por este motivo de certa forma experimental a pormenorização das juntas. A água que entrasse por uma junta ficava presa no interior da ligação e a deterioração começava internamente e só aparecia na superfície exterior depois de ter ocorrido dano extenso.

DESENVOLVER UM PLANO DE CONSERVAÇÃO

Os resultados da pesquisa, da investigação de campo e das análises laboratoriais foram utilizados para desenvolver um plano de conservação. O plano incluiu limpeza e reparações, métodos para reproduzir o património de betão em materiais e formas, acesso e preparação, planeamento e custos estimados. A gama de reparações de betão pediam pequenas correções manuais, reparações moldadas no local, reparações com elementos pré-fabricados e reforço estrutural com reforço externo.

Surgiram soluções práticas e económicas da colaboração entre o engenheiro, o empreiteiro e o dono-de-obra. Por exemplo, após ampla consulta entre a equipa, o engenheiro principal criou folhas de grande formato, 2 por 3

> **Figura 9:** O Earley Studio construíu a cornija utilizando sobreposição de painéis pré-fabricados. O betão penetrou na cavidade entre o pavimento de betão estrutural e o pré-fabricado, interligando o aço de reforço que se estendia em ambos os elementos..

> **Figura 10:** Dois vãos do primeiro piso da cornija foram deteriorados pela água que penetrou através da borda da cobertura plana.

> **Figura 11:** Com o intuito de criar um novo padrão para moldes de betão, os escultores substituíram detalhes erodidos, modelando argila castanho-amarelada numa réplica de gesso azul da cornija de ornamentação.

> **Figura 12:** No estúdio de Baha'i de betão pré-fabricado, um artesão executa um cordão de gesso em todos os cantos do molde de borracha. O cordão de gesso é um dos métodos histórico exigido no processo. As áreas altamente esculpidas do molde da cornija são feitas de borracha de uretano. Um retardador azul revestiu o molde de forma a desacelerar o endurecimento da superfície do betão.

> 13

> 14

metros, com os planos de pormenor e secções da complexa reparação da cornija da cúpula. Esses desenhos eram impressos para o trabalho simultâneo da engenharia estrutural, da fabricação de moldes, do projeto de elevação, da produção das amostras de betão e dos desenhos arquitetónicos.

Reproduzir fielmente o betão arquitetónico original foi uma questão crítica. O Earley Studio tinha fechado em 1973 e reteve os seus métodos como segredos comerciais. Foi necessário recriar as proporções da mistura, os métodos de enchimento e as técnicas de acabamento. Os agregados, cores, textura da superfície e formas tridimensionais tiveram de ser reproduzidos. Como o agregado de quartzo é resistente aos ácidos foi usado ácido para dissolver a pasta de cimento em amostras do betão original para determinar o tamanho e a forma do agregado.

Em seguida procurou-se quartzo que correspondesse ao material original. Projetos de recuperação do património de betão exigem frequentemente que centenas de amostras de agregados sejam analisadas e comparadas com o betão original. Os agregados mais promissores são usados para fazer pequenas amostras que são avaliadas junto da estrutura património. Normalmente, a rocha usada para a construção original já não está disponível, porque a pedreira original esgotou-se. Pode ter que se combinar agregados de várias pedreiras, em cuidadosas proporções, para corresponder às variações de cor do material original. Para o Templo Baha'i, o quartzo comercial disponível não era suficientemente branco, pelo que se procuraram pequenos depósitos de quartzo por toda a América do Norte de forma a encontrar algum, tendo-se depois providenciado para que fosse extraído, transportado, triturado e peneirado com os tamanhos exigidos. Finalmente, para coincidir com o material original, foi adicionada uma pequena quantidade de quartzo âmbar ao branco. Artesãos fizeram mais de 50 amostras durante os dois anos de investigação para desenvolver as proporções da mistura, os métodos de moldagem e as técnicas de exposição, de forma a obter um acabamento com uma aparência aceitável.

A investigação foi documentada num relatório com a história da estrutura, condições atuais, a natureza dos problemas e recomendações para o tratamento. A documentação inclui desenhos, relatórios de análise estrutural, relatórios de análise de materiais, fotografias

> 15

> **Figura 13:** Artesãos expõem cuidadosamente o agregado de quartzo utilizando escovas de aço pequenas e ferramentas dentais.
> **Figura 14:** Seguindo o exemplo de John Earley, os componentes pré-fabricados foram montados na cornija e rebocados juntos.
> **Figura 15:** A nova cornija replicou todos os detalhes da original.

e vídeos. Amostras dos agregados e novas misturas de betão necessárias para as reparações foram igualmente incluídas. Mais tarde, o Gestor de Projeto criou uma biblioteca de conservação para o Templo Bahá'í, organizando os registos de 90 anos de construção, manutenção e restauro, num catálogo digital com referências cruzadas.

Os resultados da investigação e as ações de conservação recomendadas foram apresentadas aos bahá'ís. Eles adotaram o plano e executaram-no em vários projetos ao longo de um período de 25 anos. As reparações foram da mais alta qualidade, durabilidade e eficiência. Graves problemas estruturais e de impermeabilização foram tratados em primeiro lugar. O estabelecimento do programa de conservação a longo prazo veio mais tarde.

PREPARAÇÃO PARA A CONSTRUÇÃO

Os projetos de recuperação do património de betão mobilizam uma engenharia invulgar, coordenação de construção, artesanato e testes. Os pormenores e procedimentos de reparação devem ser adaptados a cada estrutura histórica. Documentos de construção mostram frequentemente cada local de reparação com um código de identificação, condição atual, tipo e quantidade de reparação, para facilitar adjudicações, inspeções e pagamentos.

Os documentos de construção do Templo incluíam detalhes de reparação alternativos, os quais foram selecionados após a demolição de alguns elementos ter sido concluída. Por exemplo, o restauro da cornija na cúpula exigiu quatro esquemas diferentes de reparação porque a deterioração variava desde 50 milímetros até 1 metro de profundidade. Reparações para as quatro condições foram projetadas de forma a poder usar-se um conjunto comum de peças e moldes. Como a construção ocorreu doze andares acima do solo, o betão original foi testado após a demolição e a reparação adequada para cada local foi prontamente instalada.

A pré-qualificação dos empreiteiros e artesãos é altamente recomendável devido aos requisitos especiais dos projetos de património de betão. Mestres artesãos precisam de experiência prática fornecida pela preparação de amostras e modelos, de forma a tornarem-se proficientes com os materiais de cada projeto, moldagem e técnica de acabamento. Os artesãos do Templo foram também treinados pelo engenheiro principal nos há muito esquecidos métodos históricos, de produção de painéis pré-fabricados.

A reprodução das formas do Templo exigiram novos moldes de madeira, fibra de vidro, borracha e aço. Primeiro, os artesãos fizeram moldes diretamente a partir da ornamentação arquitetónica do edifício. No estúdio, estes moldes foram utilizados para executar reproduções em gesso das superfícies de betão original. De seguida, escultores modelaram em barro as reproduções em gesso para restauro dos detalhes erodidos, antes de criarem novos moldes para as reparações do betão.

Foram necessários desenhos à escala real para fabricar moldes para as componentes de betão complexas e tridimensionais. Na década de 1980, os desenhos eram criados à mão. Para projetos mais recentes, os sistemas CAD facilitaram a produção de desenhos. Métodos de medição tradicional foram auxiliados por levantamentos com teodolitos de alta precisão e varrimento por laser. Para verificar e ajustar as novas ferramentas, foram montadas maquetes a partir do betão produzido nos novos moldes.

Num projeto de recuperação de património de betão, o espaço para construção é frequentemente restrito e tal foi também verdade para

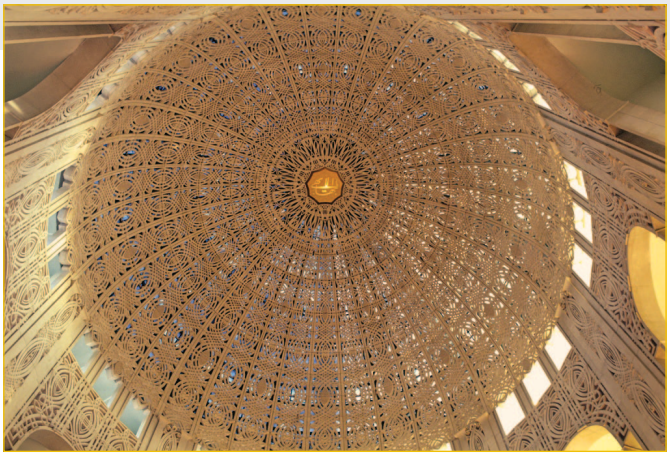
> 16

> 17

> **Figura 16:** Os solos pobres causaram assentamento do terraço. A antiga estrutura e os solos fracos foram removidos e substituídos. A infra-estrutura do jardim e a *hardscape* estava no final da sua vida útil, portanto foi totalmente reconstruída. *[hardscape]: elementos inanimados da paisagem, como trabalhos de alvenaria, madeira, betão, pedra, etc.*

> **Figura 17:** O património paisagístico foi transplantado para viveiros e depois replantado após as estruturas do jardim estarem concluídas.

> 18



> 19

o Templo Bahá'í. O edifício estava cercado por jardins e o Templo permaneceu ocupado e aberto aos visitantes em permanência. O empreiteiro preparou andaimes, plataformas suspensas, gruas e elevadores.

REALIZAR A CONSTRUÇÃO

Após investigação minuciosa e cuidadosa preparação, a construção prosseguiu sem problemas. A programação incluiu vários meses para obter agregados, fabricar moldes, produzir várias séries de amostras de betão e construir as maquetes. Cada série de amostras necessitou de 28 dias para a cura completa do betão, porque o processo de cura afeta a cor final do betão.

Para produzir os 7.700 componentes ornamentais de betão pré-fabricado necessários para o terraço, escadas monumentais e jardins, os Bahá'ís decidiram montar a sua própria fábrica de pré-fabricação. O Gestor de Projeto forneceu engenharia, planeamento e controlo de qualidade. Os empregados Bahá'í esmagaram o quartzo e fabricaram os elementos de betão com agregados expostos ao longo de um período de 5 anos.

Os projetos de recuperação do património de betão têm mais incertezas do que a construção nova. A profundidade e a extensão da deterioração do betão variam e as situações escondidas podem exigir um tratamento diferente do inicialmente especificado. Os projetos Bahá'í utilizaram subempreiteiros pré-qualificados que concorreram a séries de trabalhos, com termos de pagamento a refletir a incerteza - preços unitários por tipo de reparação, preços unitários por tempo e materiais, subsídios com montantes fixos para quantidades especificadas ou montantes fixos quando a extensão do trabalho era conhecida.

A participação nos projetos do Templo Bahá'í foi considerada uma honra e uma distinção. Os indivíduos foram encorajados e apoiados para produzirem os trabalhos da mais alta qualidade. Os resultados refletem esse espírito. O estado da Casa de Adoração Bahá'í é melhor do que nunca. A partilha do conhecimento adquirido a partir dos projetos Bahá'í tem fomentado o crescimento da conservação do património de betão na América.

TRADUÇÃO POR **RITA LADEIRO**

REFERÊNCIAS

[1] Bruce W. Whitmore, *The Dawning Place* (Baha'i Publishing Trust, 1984), 87-94.

[2] John J. Earley, "Some Problems in Devising a New Finish for Concrete," in *Proceedings American Concrete Institute*, Vol. 14, 127-137 (American Concrete Institute, 1918).

[3] John J. Earley, "The Project of Ornamenting the Bahá'í Temple Dome," in *Proceedings American Concrete Institute*, Vol. 29, 403-411 (American Concrete Institute, 1933).

[4] John J. Earley, "Architectural Concrete of the Exposed Aggregate Type," in *Journal of the American Concrete Institute*, Vol. 5, No. 4, 251-278 (*Proceedings* Vol. 30), (American Concrete Institute, March-April 1934).

[5] "Historic Preservation in the United States," U.S. National Committee of the International Council of Monuments and Sites, accessed March 17, 2011, http://www.usicomos.org/preservation.

[6] "Secretary of the Interior's Standards and Guidelines for Archeology and Historic Preservation," United States Department of the Interior, accessed March 17, 2011, http://www.cr.nps.gov/local-law/arch_stnds_0.htm.

[7] Robert F. Armbruster and Jack Stecich, "The Baha'i House of Worship Restoration," in Concrete Repair Bulletin,Vol. 6, No. 3, 6-9 (*International Concrete Repair Institute*, September/October, 1993).

[8] See technical publications, guides, standards and codes from the American Concrete Institute, http://www.concrete.org; the International Concrete Repair Institute, http://www.icri.org; the Precast/Prestressed Concrete Institute, http://www.pci.org; the Cast Stone Institute, http://www.caststone.org; the Association for Preservation Technology International, http://www.apti.org; the Portland Cement Association, http://www.cement.org; and ASTM International, http://www.astm.org.

> **Figura 18:** O esforço de conservação do betão restaurou a cornija.

> **Figura 19:** Com escultura intrincada, arestas vivas e um acabamento consistente, o betão arquitetónico do Templo Baha'i está entre os melhores jamais criados.

FICHA TÉCNICA

DIRETOR
Eduardo Júlio
ejulio@civil.ist.utl.pt

DIRETORA EXECUTIVA
Carla Santos Silva
carla.silva@engenhoemedia.pt

CONSELHO CIENTÍFICO
Abel Henriques (UP), Albano Neves e Sousa (UTL),
Álvaro Cunha (UP), Álvaro Seco (UC),
Aníbal Costa (UA), António Pais Antunes (UC),
António Pinheiro (UTL), Carlos Borrego (UA),
Conceição Cunha (UC), Diogo Mateus (UC),
Elsa Caetano (UP), Emanuel Maranha das Neves (UTL)
Fernando Branco (UTL), Fernando Garrido Branco (UC),
Fernando Sanchez Salvador (UTL),
Francisco Taveira Pinto (UP), Helder Araújo (UC),
Helena Cruz (LNEC), Helena Gervásio (UC),
Helena Sousa (IPL), Hipólito de Sousa (UP),
Humberto Varum (UA), João Mendes Ribeiro (UC),
João Pedroso de Lima (UC), Joaquim Figueiras (UP),
Jorge Alfaiate (UTL), Jorge Almeida e Sousa (UC),
Jorge Coelho (UC), Jorge de Brito (UTL),
Jorge Lourenço (IPC), José Aguiar (UTL),
José Amorim Faria (UP), José António Bandeirinha (UC),
Júlio Appleton (UTL), Luís Canhoto Neves (UNL),
Luís Godinho (UC), Luís Juvandes (UP),
Luís Lemos (UC), Luís Oliveira Santos (LNEC),
Luís Picado Santos (UTL), Luís Simões da Silva (UC),
Paulo Coelho (UC), Paulo Cruz (UM),
Paulo Lourenço (UM), Paulo Maranha Tiago (IPC),
Paulo Providência (UC), Pedro Vellasco (UER, Brasil),
Paulo Vila Real (UA), Raimundo Mendes da Silva (UC),
Rosário Veiga (LNEC), Rui Faria (UP),
Said Jalali (UM), Valter Lúcio (UNL), Vasco Freitas (UP),
Vítor Abrantes (UP), Walter Rossa (UC)

REDAÇÃO
Joana Correia
redaccao@engenhoemedia.pt

MARKETING E PUBLICIDADE
Rita Ladeiro
r.ladeiro@engenhoemedia.pt

COMUNICAÇÃO
Celine Borges Passos
c.passos@engenhoemedia.pt

GRAFISMO
avawise
em colaboração com Engenho e Média, Lda.

ASSINATURAS
Tel. 22 589 96 25
construcaomagazine@engenhoemedia.pt

REDAÇÃO E EDIÇÃO
Engenho e Média, Lda.
Grupo Publindústria

PROPRIEDADE E IMPRESSÃO
Publindústria, Lda.
Praça da Corujeira, 38 - 4300-144 PORTO
Tel. 22 589 96 20, Fax 22 589 96 29
geral@publindustria.pt | *www.publindustria.pt*

PUBLICAÇÃO PERIÓDICA
Registo n.º 123.765

TIRAGEM
6.500 exemplares

ISSN
1645 – 1767

DEPÓSITO LEGAL
164 778/01

CAPA
Fotografia gentilmente cedida por Robert F. Armbruster
© The Armbruster Company

Os artigos publicados são da exclusiva responsabilidade dos autores.

cm CONSTRUÇÃOMAGAZINE
REVISTA TÉCNICO-CIENTÍFICA ENGENHARIA CIVIL

SUMÁRIO

2
EDITORIAL

4_25
DOSSIER | "PATRIMÓNIO EM BETÃO"

4_9
CONVERSAS
Pamela Jerome

10_16
Conservação do património de Betão – Casa de Adoração Bahá'í

17_23
Betão armado – Nota histórica

24_28
Monitorização inteligente do estado de conservação do Betão

30_33
Ficar muito tempo a olhar para o ar
– Notas sobre o património em Betão Armado na arquitetura portuguesa

34_39
A monitorização das estruturas na conservação do património

40_41
PUBLI-REPORTAGEM
Barragem do Baixo Sabor (Portugal) – uma instalação flexível de britagem e crivagem "Metso", chave na mão, com 650 tph de produtos finais 0/150 mm

42_43
BETÃO ESTRUTURAL
A aplicação de materiais compósitos de FRP em estruturas de betão

44_45
ALVENARIA E CONSTRUÇÕES ANTIGAS
Avaliação de fundações através do georadar

46_47
SUSTENTABILIDADE
Harmonização da avaliação da Construção Sustentável

48_49
TÉRMICA
Edifícios sustentáveis e de energia quase zero

50_51
I&D EMPRESARIAL

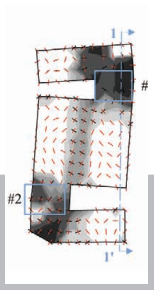
52_57
NOTÍCIAS

58_60
MERCADO

62
ESTANTE

63
PROJETO PESSOAL
João Catarino

64
EVENTOS



Próxima edição >
Dossier ***Construção em Madeira***