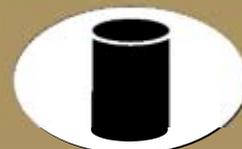




# CONCRETO

& Construções



**IBRACON**

Instituto Brasileiro do Concreto

Ano XXXVII | Nº 55  
Jul. • Ago. • Set. | 2009  
ISSN 1809-7197  
[www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br)

## PRODUTOS DO CONCRETO



Sistemas de  
Impermeabilização  
por Cristalização  
Capilar do Concreto

## OBRAS EMBLEMÁTICAS



A construção da  
Ponte Costa e Silva  
no Lago Paranoá

## IX SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL



Soluções técnicas  
para a construção  
sustentável



# CONGRESSO INTERNACIONAL TRATA DA CONSERVAÇÃO E RECUPERAÇÃO DO PATRIMÔNIO CONSTRUÍDO

# EMPRESAS E ENTIDADES LÍDERES DO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL ASSOCIADAS AO IBRACON

## ADITIVOS



MELBAR



## EQUIPAMENTOS



Equipamentos e Sistemas de Ensaio

## ADIÇÕES



## JUNTAS



## ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO



Escola Politécnica - USP



PORTUGA UNIVERSIDADE CATÓLICA



Instituto de Pesquisas Tecnológicas



## ARMADURA



## ESCRITÓRIOS DE PROJETOS



Consulting Construction and Rehabilitation



engenharia



## JUNTE-SE A ELAS

Associe-se ao IBRACON em defesa e valorização da Arquitetura e Engenharia do Brasil !

### PRÉ-FABRICADOS



### CONTROLE TECNOLÓGICO



### FÔRMAS



### CONSTRUTORAS



### ODEBRECHT



### CIMENTO



### AGREGADOS



### GOVERNO



PETROBRAS



### CONCRETO



**Diretor Presidente**  
Rubens Machado Bittencourt

**Diretor 1º Vice-Presidente**  
Paulo Helene

**Diretor 2º Vice-Presidente**  
Mário William Esper

**Diretor 1º Secretário**  
Nelson Covas

**Diretor 2º Secretário**  
Sonia Regina Freitas

**Diretor 1º Tesoureiro**  
Claudio Sbrighi Neto

**Diretor 2º Tesoureiro**  
Luiz Prado Vieira Júnior

**Diretor Técnico**  
Carlos de Oliveira Campos

**Diretor de Eventos**  
Túlio Nogueira Bittencourt

**Diretor de Pesquisa e Desenvolvimento**  
Luiz Carlos Pinto da Silva Filho

**Diretor de Publicações e Divulgação Técnica**  
José Luiz Antunes de Oliveira e Sousa

**Diretor de Marketing**  
Alexandre Baumgart

**Diretor de Relações Institucionais**  
Wagner Roberto Lopes

**Diretor de Cursos**  
Juan Fernando Matias Martin

**Diretor de Certificação de Mão-de-obra**  
Júlio Timmerman

REVISTA CONCRETO & CONSTRUÇÕES  
Revista Oficial do IBRACON  
Revista de caráter científico, tecnológico  
e informativo para o setor produtivo da construção  
civil, para o ensino e para a pesquisa em concreto

ISSN 1809-7197  
Tiragem desta edição 5.000 exemplares  
Publicação Trimestral  
Distribuída gratuitamente aos associados

**JORNALISTA RESPONSÁVEL**  
Fábio Luís Pedrosa – MTB 41728  
fabio@ibracon.org.br

**PUBLICIDADE E PROMOÇÃO**  
Arlene Regnier de Lima Ferreira  
arlene@ibracon.org.br

**DESKTOP PUBLISHER**  
Gill Pereira (Ellemento-Arte)  
gill@ellemento-arte.com

**ASSINATURA E ATENDIMENTO**  
office@ibracon.org.br

**Gráfica:** Ipsis Gráfica e Editora

**Preço:** R\$ 12,00

As idéias emitidas pelos entrevistados ou em  
artigos assinados são de responsabilidade de seus  
autores e não expressam, necessariamente, a  
opinião do Instituto.

Copyright 2009 IBRACON. Todos os direitos de  
reprodução reservados. Esta revista e suas partes  
não podem ser reproduzidas nem copiadas, em  
nenhuma forma de impressão mecânica, eletrônica,  
ou qualquer outra, sem o consentimento por escrito  
dos autores e editores.

**PRESIDENTE DO COMITÊ EDITORIAL**  
Tulio Bittencourt, PEF-EPUSP, Brasil

**COMITÊ EDITORIAL**  
Ana E. P. G. A. Jacintho, PUC-Campinas, Brasil  
Joaquim Figueiras, FEUP, Portugal  
José Luiz A. de Oliveira e Sousa, UNICAMP, Brasil  
Luiz Carlos Pinto da Silva Filho, UFRGS, Brasil  
Paulo Helene, PCC-EPUSP, Brasil  
Paulo Monteiro, UC BERKELEY, USA  
Pedro Castro, CINVESTAV, México  
Raul Husni, UBA, Argentina  
Rubens Bittencourt, IBRACON, Brasil  
Ruy Ohtake, ARQUITETURA, Brasil

**IBRACON**  
Rua Julieta Espírito Santo Pinheiro, 68  
Tel. (11) 3735-0202 – Jardim Olímpia  
CEP 05542-120 – São Paulo – SP



**14 Cinpar 2009**  
*5º Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas alerta sobre a importância de se conservar o patrimônio construído*

**24 Impermeabilização por Cristalização Capilar**  
*Ensaio de permeabilidade avaliam o desempenho deste sistema aplicado ao concreto*

**34 Obras emblemáticas**  
*A história da execução da ponte Costa e Silva sobre o lago Paranoá*



**48 Dosagem do concreto**  
*Estudo de dosagem de concreto auto-adensável de alta resistência e baixo consumo de cimento, utilizando o empacotamento de partículas*



**59 IX Seminário Desenvolvimento Sustentável e Reciclagem na Construção Civil**  
*Evento apresenta as soluções técnicas disponíveis para a construção sustentável*

**64 Manta pré-impregnada para concreto**  
*Ensaio de avaliação da aderência entre a manta de fibra de vidro pré-impregnada e o concreto*

## SEÇÕES

- 5 Editorial**
- 6 Converse com IBRACON**
- 8 Personalidade Entrevistada – Antonio Laranjeiras**
- 56 Mercado Nacional**
- 69 Entidades Parceiras**
- 71 Engenharia Legal**
- 85 Acontece nas Regionais**
- 91 Pesquisa Aplicada**



**Créditos Capa:**  
Intervenção no Cais do Terminal Graneleiro do Guarujá, em São Paulo – Exata Engenharia

## Embarque nesta viagem ao mundo do concreto

O Congresso Brasileiro do Concreto é hoje um dos mais importantes fóruns técnicos da engenharia civil nacional, representando um veículo para o encontro e troca de idéias da comunidade envolvida em todas as etapas produtivas do concreto. Este ano, em Curitiba, de 6 a 10 de outubro, espera-se que sua 51ª edição permita um aprofundamento das questões técnicas discutidas, com criação de contatos importantes dos pontos de vista técnicos e pessoais.

O Congresso já recebeu centenas de artigos importantes, cuja apresentação e discussão representarão, sem dúvida, um ganho técnico considerável a todos os participantes. Juntamente com o 51º CBC, estão previstos outros quatro eventos, debatendo assuntos atuais que necessitam de reflexão cuidadosa da comunidade técnica. O primeiro discute a sustentabilidade da cadeia de produção das obras de concreto. Sem dúvida nenhuma, a questão da sustentabilidade irá permear por todas as etapas dos processos produtivos em escala global, incidindo de maneira muito aguda nos empreendimentos de infraestrutura, os quais têm uma necessidade muito intensa de aplicação do concreto como material de construção. Espera-se como resultado deste encontro uma discussão corajosa dos conceitos envolvidos, procurando visualizar caminhos e diretrizes para a questão de sustentabilidade de empreendimentos em concreto. Outros dois encontros estudarão particularidades da aplicação do concreto na indústria do petróleo e na de geração de novos empreendimentos hidrelétricos. Essas duas indústrias são fundamentais para a sociedade organizada, gerando várias discussões em âmbito técnico e social, num momento de intensa necessidade energética do país, que demanda desenvolvimento tecnológico e capacitação técnica especializada. Conjuntamente com todos esses eventos, ocorrerá o VII Simpósio EPUSP sobre Estruturas de Concreto, cujos resultados já estão sedimentados no meio técnico, representando um ponto de excelência na sua área de atuação.

Tão importante como esses eventos mencionados, a FEIBRACON, com nossos

patrocinadores apresentando tecnologias de ponta, gera um balcão para discussão de novas soluções e novos negócios. A Feira ocorrerá num local privilegiado, na EXPO UNIMED Curitiba, um espaço moderno e funcional, digno de figurar dentre os melhores centros de exposição do país e com padrão semelhante aos melhores do mundo. Espera-se estender a visitação ao público, mostrando a enorme diversidade e desenvolvimento da indústria do concreto.

Numa oportunidade de conagração dessa magnitude, espera-se que o evento seja muito mais que técnico. Espera-se que também seja focado nas pessoas, com atividades de desenvolvimento humano e cultural. Curitiba, com seus 26 parques, 81 milhões de metros quadrados de área verde preservada, com seu charme europeu, é palco que permitirá, com certeza, o desenvolvimento dos melhores sentimentos de camaradagem e de amizade, regados por uma diversidade de restaurantes, barzinhos e pontos de encontro agradáveis. Encontra-se próximo a um dos trechos mais preservados da Serra do Mar, contando com infra-estrutura viária desenvolvida, bom aeroporto e hotéis agradáveis. Uma mistura de tradições européias criou um caldeirão cultural com linguagem própria, pratos típicos e comportamento vibrante. Santa Felicidade e seus restaurantes, o Batel e seus barzinhos, a Boca Maldita e seu café aguardam a todos, contando que todos experimentem um bom barreado, uma carne de onça e pinhão, regados pelas bebidas típicas da região.

No espírito de otimismo gerado pela minha participação nos eventos anteriores do IBRACON, gostaria de convidar a comunidade envolvida em obras de concreto e suas respectivas famílias para serem nossos hóspedes no 51º Congresso Brasileiro do Concreto, que, com certeza, procurará a excelência técnica e de relacionamento humano. Aproveito o momento para agradecer a Comissão Local, ao apoio da Diretoria, cujos esforços têm permitido que o evento esteja com andamento adequado; e agradeço, principalmente, aos patrocinadores, sem os quais o evento seria impossível.

**PROF. DR. JOSÉ MARQUES FILHO**  
Diretor Regional IBRACON ◀



# Converse com o IBRACON

Envie seu artigo para a revista **CONCRETO & Construções**

### **Caros profissionais,**

A revista **CONCRETO & Construções**, publicação oficial do IBRACON, voltada à divulgação de temas da atualidade, de assuntos controversos e de boas práticas do setor construtivo relacionados ao concreto, assim como do ensino, da pesquisa e do desenvolvimento do concreto, abre espaço a cada edição aos profissionais que desejem expor suas opiniões e experiências.

A participação acontece pela submissão de notas informativas, comentários e artigos técnicos ao Comitê Editorial do periódico.

Veja a seguir as principais modalidades de colaboração:

### **Artigo de opinião**

O artigo de opinião é aquele que visa divulgar uma prática profissional, uma obra exemplar, a normalização de um aspecto construtivo, uma pesquisa tecnológica, etc., segundo o conhecimento consolidado do profissional. O valor do artigo referencia-se na experiência do profissional, em suas vivências na prática.

Sua composição deve conter:

- ◆ Título
- ◆ Créditos: nome do profissional, cargo e empresa onde trabalha
- ◆ Introdução
- ◆ Desenvolvimento do tema: subdividindo-o em seções
- ◆ Conclusão
- ◆ A referência bibliográfica é dispensável, mas, quando necessária, deverá ser sucinta (máximo: 5 referências).

O artigo, com, no máximo, 20.000 caracteres com espaços, deve ser entregue em documento Word. Fotos, tabelas, figuras, gráficos devem conter legendas explicativas e ter sua posição indicada no documento. Não é necessário adicionar fotos, figuras e gráficos no documento Word, mas, se for o caso, fazer com imagens em baixa resolução. As fotos, figuras e gráficos precisam ser enviadas, separadamente do documento Word, em formato JPEG em alta resolução (1Mb cada).

### **Artigo Científico**

O artigo científico é aquele escrito segundo o que prescreve a metodologia científica. Seu objetivo é divulgar as pesquisas científicas realizadas nos centros de pesquisa e desenvolvimento das empresas, nos institutos de pesquisa e nas instituições de ensino.

O artigo científico deve-se limitar a 20.000 caracteres com espaços e ser entregue em documento Word. Referências bibliográficas ficam limitadas a, no máximo, 10. Fotos, tabelas, figuras, gráficos devem conter legendas explicativas e ter sua posição indicada no documento. Não é necessário adicionar fotos, figuras e gráficos no documento Word, mas, se for o caso, fazer com imagens em baixa resolução. As fotos, figuras e gráficos precisam ser enviadas, separadamente do documento Word, em formato JPEG, em alta resolução (1Mb cada).

### **Relatório da seção "Tecnologia"**

O relatório técnico é documento redigido pelo secretário dos Comitês Técnicos do IBRACON onde se contempla o objetivo da reunião, as propostas discutidas e as principais deliberações. Seu propósito é divulgar as atividades dos Comitês Técnicos, resumindo suas discussões e compromissos para o desenvolvimento da cadeia produtiva do concreto.

Texto deve limitar-se a 5000 caracteres e ser entregue em documento Word. Fotos, figuras, gráficos e tabelas devem conter legendas explicativas e serem entregues separadamente do texto, em formato JPEG, em alta resolução (1Mb cada).

### **Texto da seção "Acontece nas Regionais"**

Os textos sobre as atividades nas Regionais do IBRACON visam sua divulgação prévia ou posterior à sua realização. São textos informativos que trazem o objetivo do evento, seu público-alvo, público participante (número de participantes), palestrantes convidados, temas abordados, patrocinadores, local e data de realização. Pode ser enriquecido com depoimentos de participantes e de realizadores e com um resumo dos principais temas discutidos.

O texto deve ser entregue em documento Word. Fotos e logomarcas devem conter legendas explicativas e serem enviadas separadamente do documento Word, em formato JPEG, em alta resolução (1Mb cada).

### Texto da seção “Mantenedor”

Os textos precisam divulgar uma atividade socialmente relevante promovida por empresa sócia coletiva ou mantenedora do IBRACON. Dentre as atividades previstas citam-se as relacionadas com responsabilidade social e as pesquisas tecnológicas e a inovação aplicadas a produtos e serviços. O texto de caráter informativo deve limitar-se a 5000 caracteres. Fotos, tabelas, figuras, gráficos devem conter legendas explicativas e serem enviados separadamente do texto, em formato JPEG, em alta resolução.

### Texto da seção “Entidades Parceiras”

Textos informativos sobre as atividades e campanhas realizadas por instituições ligadas ao setor construtivo. Dentre as atividades relevantes para publicação, citam-se: eventos técnicos em geral; campanhas de valorização da engenharia nacional; pesquisas de opinião sobre o setor construtivo; índices de produtividade relacionados a um sistema construtivo; publicações técnicas; pesquisas técnicas e científicas; etc.

O texto deve limitar-se a 5000 caracteres. Fotos, tabelas, figuras, gráficos devem conter legendas explicativas e serem enviados separadamente do texto, em formato JPEG, em alta resolução.

### Texto da seção “Obras Emblemáticas”

Texto informativo sobre obra emblemática da engenharia em concreto. Aborda-se o aspecto mais relevante da obra, do ponto de vista de sua grandeza, dificuldade, inovação, funcionalidade, seja quanto ao seu projeto estrutural, à tecnologia construtiva

empregada, ao concreto usado, ao seu controle tecnológico, à logística e gestão da obra, etc. Sua composição deve conter:

- ◆ Título
- ◆ Créditos: nome do profissional, cargo e empresa onde trabalha
- ◆ Apresentação da obra em termos gerais
- ◆ Abordagem técnica do aspecto construtivo relevante
- ◆ Dados técnicos pertinentes

O texto deve conter, no máximo, 5000 caracteres. Ser entregue em documento Word. Fotos, tabelas, figuras, gráficos devem conter legendas explicativas e ter sua posição indicada no documento. Não é necessário adicionar fotos, figuras e gráficos no documento Word, mas, se for o caso, fazer com imagens em baixa resolução. As fotos, figuras e gráficos precisam ser enviadas, separadamente do documento Word, em formato JPEG, em alta resolução (1Mb cada).

Os critérios para a publicação das contribuições são:

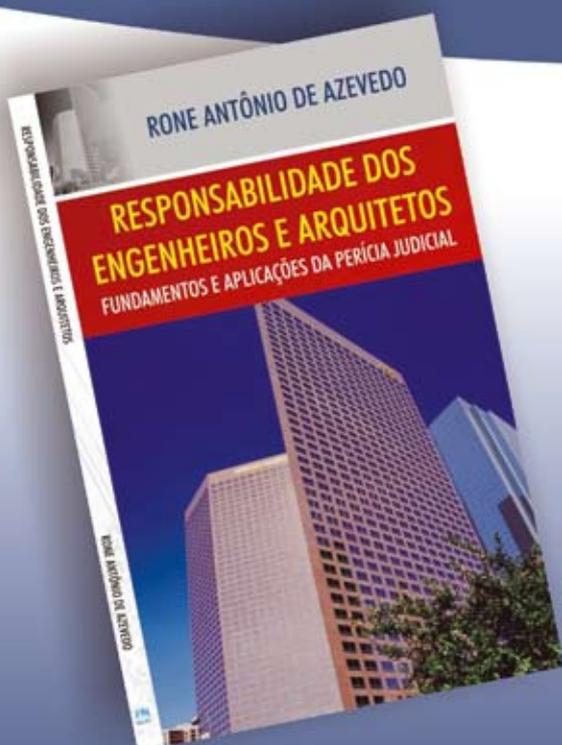
- ◆ Pertinência do tema e da abordagem ao projeto editorial
- ◆ Enquadramento do artigo aos modelos supracitados
- ◆ Aprovação para publicação dada pelo Comitê Editorial e pelo autor
- ◆ Filiação do autor ao IBRACON.

A publicação das contribuições segue sua ordem de chegada e de aprovação, de acordo com as conveniências editoriais de cada edição.

### Participe!

Envie sua colaboração para [fabio@ibracon.org.br](mailto:fabio@ibracon.org.br) ◆

## Responsabilidade dos Engenheiros e Arquitetos: fundamentos e aplicações da perícia judicial



A publicação aborda os fundamentos e aplicações judiciais das avaliações e perícias de Engenharia e Arquitetura, a partir dos dispositivos legais e técnicos dessas profissões – responsabilidades civil, ético-profissional, técnica, administrativa, penal e trabalhista

Elaborada para auxiliar os engenheiros e arquitetos a conhecer melhor a legislação em vigor, orientar a prática da perícia em ações judiciais, e alertar sobre o exercício ilegal das atribuições exclusivas desses profissionais. As resoluções do sistema Confea/Crea e as principais normas técnicas aplicáveis às construções também foram reunidas para facilitar consultas.

No livro são examinadas as atividades de avaliação de imóveis, a perícia de edificações, a inspeção predial para a manutenção da qualidade das construções e as principais ações sobre o Direito de Construir.

#### DADOS TÉCNICOS

Editora: Kelps

Páginas: 206

Formato: 16 x 26cm

#### VENDAS

e-mail: [suporte@aspeago.com](mailto:suporte@aspeago.com)

Tels.: (62) 3212-2492 • 9178-6100

Valor: R\$ 50,00 (frete incluso)

# Antonio Carlos Reis Laranjeiras



Conhecido na comunidade técnica brasileira como o Professor Laranjeiras, em razão de seus ensinamentos sempre pontuados pela clareza, pela objetividade, pelo raciocínio lógico, pelo embasamento teórico – como veremos nesta entrevista, não apenas no campo da Engenharia Civil – Antonio Carlos tem realmente o que dizer. Do ponto de vista de sua formação, após graduar-se em engenharia civil na Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (UFBA), em 1956, Laranjeiras estudou, em cursos de pós-graduação em Engenharia de Estruturas, na Escola Nacional de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ); na Technische Hochschule-München, na Alemanha; na The University of Texas at Austin, nos Estados Unidos; no Laboratório Nacional de Engenharia Civil, em Portugal; e na Europe Études, em Paris, França.

Professor Livre Docente de Estabilidade das Construções e Concreto Armado e Professor Titular de Concreto Armado na UFBA, Antonio Carlos Laranjeiras recebeu, em 2005, o título de Professor Emérito daquela universidade. Foi também professor convidado das universidades federais do Amazonas, Pará, Ceará, Maranhão, Pernambuco, Alagoas e Rio de Janeiro. É autor de mais de trinta publicações técnicas, de traduções e de redações de normas. Ganhou prêmios de melhor trabalho em congresso da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), do Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR) e da Associação Brasileira de Pavimentação (ABPV).

Fora do campo acadêmico, foi engenheiro do Departamento de Infraestrutura de Transportes da Bahia (DERBA), de 1956 a 1992; ex-presidente do Clube de Engenharia da Bahia; ex-membro da Comissão de Estudos da Norma Brasileira ABNT NBR 6118; é membro do Conselho Diretor do IBRACON e seu sócio honorário; e responsável técnico da empresa ACR Laranjeiras – Projeto de Estruturas. Em seu currículo consta a autoria em diversos projetos de estruturas de obras de arte especiais, edificações, estádios, reservatórios, obras industriais, pavimentos; em verificações de projeto e recuperações.

Além dos prêmios já citados, vale destacar: o Diploma de Mérito Profissional, concedido pelo CREA-BA; a homenagem recebida no VI Simpósio EPUSP sobre Estruturas de Concreto; e os Prêmios Emílio Baumgart e Francisco de Assis Basílio, concedidos pelo IBRACON ao profissional de destaque do ano em Engenharia Estrutural (1983) e na região de realização do Congresso Brasileiro do Concreto (2008), respectivamente; e o título de Personalidade da Engenharia Estrutural 2008 da Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural (ABECE).

**IBRACON** – Conte-nos sobre sua carreira profissional, sobre as principais escolhas feitas e seus motivos. Por que decidiu cursar engenharia? Por que optou pela área das Estruturas de Concreto? Por que resolveu ser professor?

**Antonio Carlos Reis Laranjeiras** – Essas perguntas são desafiadoras e não tinha ainda me colocado frente a elas. Como e por que fui levado a essas decisivas escolhas? Até que ponto fiz de fato essas escolhas, impus a minha vontade sobre o curso de minha vida e interfeiri, por livre arbítrio, no meu destino? Ou será que elas, assim como tudo mais, aconteceram por um determinismo divino, definido, não por nós, mas pelo Criador, cujos desígnios desconhecemos? Ou será que fui conduzido pelo acaso, que põe e dispõe as peças do tabuleiro de nossas vidas e decide por nós, a seu bel-prazer, à semelhança daquela história do filme “Match Point”, de Woody Allen?

Não me agrada imaginar-me sem responsabilidades nas minhas escolhas, acreditando que elas decorreram da vontade de Deus. Nem tampouco que elas resultam das peripécias do acaso. Não me vejo como um barco sem vela e sem rumo, empurrado por ventos celestiais, a navegar sobre as ondas do acaso. Há, por certo, algo mais nas minhas, nas nossas escolhas.

Para a psicanálise, o acaso não existe, e nossas escolhas pessoais são frutos de um desejo inconsciente, norteador, que tudo ou quase tudo explica. “Freud explica!” E assim, pela Psicanálise, eu teria sido levado pelo meu desejo inconsciente, ao sabor das marés, de forma mais ou menos alienada, pois, afinal de contas, inconsciente é o mesmo que não-consciente.

Dou um exemplo: iniciei a carreira de professor a convite de um Professor da Escola Politécnica, que necessitava de um substituto, não remunerado, diga-se de passagem, enquanto se ausentava para um curso, no Rio de Janeiro. Será que esse fato permite dizer que me tornei professor por mero acaso? Mas, pensando bem, ele fez esse convite igualmente aos seus quatro estagiários, e só um o aceitou! Se esse acaso só existiu para mim e não para os outros, ele, na realidade, não foi um acaso, mas sim um produto meu, gerado pelas minhas ambições

conscientes e meus desejos inconscientes. Olha a Psicanálise aí, gente!

Por outro lado, acima e além desses pequenos e curiosos “acazos”, há um grande, um macro-acaso, que é independente de meus desejos conscientes ou não, ligados ao real de nossas vidas, com infinitas redes de ações e reações, possibilidades e disponibilidades, uma espécie de internet ampliada. Refiro-me ao macro-acaso de ter nascido em Salvador, Brasil, com todos os seus significados implícitos; ao macro-acaso do ambiente e histórico familiar em que fui criado, particular e exclusivo; das restritas possibilidades de carreira, na década de 50, onde só pontuavam Engenharia, Medicina e Direito, enfim, um macro-acaso a partir do qual pude fazer minhas escolhas e transformar minha realidade.

E assim, em resumo, respondendo às suas perguntas, foi, nos limites desse grande acaso, impulsionado pelas ambições conscientes e desejo inconsciente, que fiz as escolhas acadêmicas e profissionais, que me trouxeram a riqueza de uma vida produtiva e ativa.



A estrutura de concreto, se pudesse falar, diria para o chão em sua volta: “Eu sou vocês amanhã!”



**IBRACON** – Quais os fatores que fazem o cimento e o concreto destacarem-se como materiais construtivos largamente empregados?

**Antonio Carlos Reis Laranjeiras** – A imensa disponibilidade de suas matérias primas – toda a crosta terrestre; a facilidade de fabricação e emprego, associados à sua excelente durabilidade. A estrutura de concreto, se pudesse falar, diria para o chão em sua volta: “Eu sou vocês amanhã!” [risos]

**IBRACON** – Em quais segmentos da construção civil, o concreto é mais largamente empregado? Por quê?

**Antonio Carlos Reis Laranjeiras** – Tomando o consumo de cimento como referência, o maior segmento da construção civil é, sem dúvida, com uma participação de mais de 60%, o segmento da pequena construção, dos reparos, em suma, da autoconstrução, da construção pela população de baixa renda, com seus próprios recursos. Dez anos atrás, esse percentual chegou a 77%, um valor, sem dúvida, muito expressivo. O porquê está implícito na própria natureza do consumidor, por força de suas

necessidades fundamentais de moradia, já que não tem acesso aos meios de financiamento e aos planos habitacionais.

Esse é um fato que merece destaque porque o cimento é um produto que não possui substituto direto de nenhum outro produto que desempenhe suas funções. Sem o cimento, não existe a autoconstrução. Ele é, por isso, para a grande maioria de nossa gente, um insumo fundamental, indispensável, podemos dizer vital. Quase tão necessário como é o pãozinho francês! Pela importância de sua função social, o cimento deveria ser, aliás, como o pãozinho francês: associar boa qualidade a preços acessíveis. Mas não é bem isso o que ocorre, na realidade. Primeiro, há uma diversidade grande de cimentos oferecidos ao mercado nacional, como se fossem produtos bem distintos a preços diversos. Na verdade, todos são cimentos portland, apesar de suas diferentes designações: cimentos compostos, de baixo calor de hidratação, resistentes a sulfatos, de alta resistência inicial, etc. Cada tipo, com três classes de resistência diferentes: 25, 32, 40. Isso é um disparate no confronto com a maioria do mercado, que precisa apenas de um pãozinho francês.

Quanto ao preço, nosso cimento é caro! O preço dos nossos cimentos é superior aos preços nos mercados da Europa e Estados Unidos. Segundo dados da Câmara Brasileira da Indústria da Construção, nos três primeiros meses deste ano de 2009, a cotação de nosso cimento CPII-32 oscilou em torno de 160 dólares por tonelada, acima da cotação de 100 a 130 dólares por tonelada, nos Estados Unidos, Canadá e países da União Européia.

A razão disso tudo é evidente: as indústrias de cimento em nosso país constituem um forte oligopólio, que, por definição, ocorre quando a oferta é controlada por um pequeno número de fornecedores, e em que a competição não tem por base as variações de preços, mas sim a propaganda e a diversidade dos produtos. Realmente, a indústria do cimento nacional está em mãos de apenas dez grupos econômicos, sendo que três deles respondem por mais de 60% do produto. A Votorantim, sozinha, produz mais de 40% de todo nosso cimento. Reconheço que essas indústrias

exigem investimentos iniciais elevados e alto grau de tecnologia, o que dificulta o acesso dos pequenos investidores e concorre para a concentração do mercado. Mas, por outro lado, identifico que é um oligopólio que, em vez de se enfraquecer, se fortalece cada vez mais, fato evidenciado pelas recentes fusões e incorporações. A própria globalização, que deveria ser o veículo do mercado sem fronteiras, livre e competitivo, tem contribuído, no caso da indústria do cimento, ao contrário, para o fortalecimento do oligopólio e decorrente eliminação de potenciais concorrentes, pela concentração dos investimentos internacionais nos grupos que já são fortes.

O cimento que é vendido a retalho, tão importante para a população carente, deveria ser objeto de atenção especial pela indústria nacional do cimento. Bastaria ser de um só tipo, com apenas uma só classe de resistência, boa qualidade e preços acessíveis. Esse é um assunto que merece atenção da sociedade organizada e do próprio Estado.



**Sem o cimento, não existe a autoconstrução. Ele é, por isso, para a grande maioria de nossa gente, um insumo fundamental, indispensável, podemos dizer vital.**



**IBRACON** – O que é ser um engenheiro estrutural? Quais são as habilidades envolvidas nesta profissão?

**Antonio Carlos Reis Laranjeiras** – Temos as virtudes de vestal, a sabedoria de Salomão, a coragem

de David e o desprendimento da Madre Teresa de Calcutá. [risos] Essa é a visão bem-humorada do meu querido

colega Justino Vieira. Realmente, o calculista ou projetista é um engenheiro peculiar, com características inconfundíveis, que ele vai adquirindo e consolidando à medida que exerce a profissão.

A primeira característica é que somos particularmente vaidosos! Todo nosso trabalho tem por trás fundamentos teóricos ou se apóia em conhecimentos catalogados da Engenharia, aos quais temos sempre de recorrer e consultar. Isso nos dá uma nobre sensação de que o que fazemos é de fato Engenharia, e que isso nos diferencia de outros engenheiros, como os da construção, por exemplo, que se desvincularam dos livros da Faculdade. Essa peculiaridade nos envaidece!!

Outra característica nossa é a religiosidade!! [risos] Todos os nossos procedimentos, atri-

buições e limites de competência são disciplinados por Normas técnicas, que nos dizem o que fazer, como fazer e o que não podemos fazer. São regras internas, rígidas, a exigir obediência, sob a sombra ameaçadora do Código de Defesa do Consumidor, as quais, em grande parte, têm razões e origens não explícitas. Nessas circunstâncias, obedecer à Norma técnica é, muitas vezes, uma questão de Fé! Temos de acreditar nela como se fossem as próprias Escrituras!

Mas, a nossa característica mais relevante é o nosso rigor formal, que resulta de nossa compulsiva obsessão com a Segurança das estruturas. Aliás, essa responsabilidade está nas Normas, quando ela diz que o projeto deve garantir segurança adequada à estrutura contra todas as ações previstas. Isso dá um nó na cabeça da gente, que você não é capaz de imaginar. É capaz de nos tirar o sono e dar calafrios. Não é que me esqueci de considerar o pé direito duplo na flambagem dos pilares do segundo piso! Será que a ação do vento da direita somada com a retração mais temperatura, e sobrecarga só no balanço, não seria a condição mais desfavorável? [risos]

Outra peculiaridade não menos importante é a nossa abnegação em provento dos prazos. Não é raro sacrificarmos o lazer e o descanso para atendermos os prazos cruéis. Todas essas peculiaridades, enfim, concorrem para nos conferir atributos de bom caráter, pela fidelidade exigida com a boa técnica, pela lealdade obrigatória com as regras prefixadas e pelo devotamento ao trabalho. Em síntese, é como bem disse o Justino. [risos]

**IBRACON** – *A profissão tornou-se mais simples ou mais complexa com o avanço da tecnologia do concreto e o advento dos softwares de projeto?*

**Antonio Carlos Reis Laranjeiras** – A profissão de engenheiro de estruturas tornou-se mais complexa, seja qual for a vertente que se considere. O avanço da tecnologia do concreto trouxe os concretos de alto desempenho, na sua grande diversidade, associados à adição de fibras: alto desempenho na resistência, na durabilidade, em situação de incêndio, na abra-

ção, em meios extremamente agressivos, etc. O advento dos softwares de projeto abriu amplas possibilidades de complexas modelagens das estruturas, impensáveis antes, quando ainda não existiam. Quanto mais podemos fazer, mais se multiplicam as verificações indispensáveis, como bem salientou o Prof. McGregor, em palestra na PUC, Rio.

**IBRACON** – *O que mudou desde o início de sua carreira?*

**Antonio Carlos Reis Laranjeiras** – Tudo mudou, salvo as palestras das quintas-feiras, no Instituto de Engenharia de São Paulo, e a pizza de confraternização que segue. Tudo mais mudou. Até a Norma NB-1, que estava enalhada há 30 anos, mudou. [risos] Todas as mudanças radicais, iniciadas em 1980, têm como responsáveis diretos o advento e o progresso dos computadores e sua asso-

ciação à telecomunicação. Hoje, não se trata mais de fazer contas. Hoje, nós processamos as formulações mais extensas e complexas, salvamos, recuperamos, comunicamos a informação sob qualquer forma, oral, escrita, imagens, sem restrições de tempo, distância e memória. Atualmente, trabalhamos à distância. Mudamos mais nos últimos 20 anos do que desde que a Engenharia existe. Aumentamos a produtivi-

dade, diminuimos os erros, aumentamos a precisão e abrimos caminhos para aproximações teóricas avançadas. Partilhamos e transferimos conhecimento e experiência catalogada com os computadores. Só as nossas responsabilidades se mantêm intransferíveis. Mais do que os desafios dos problemas da Engenharia, nos defrontamos hoje com o descompasso entre o avanço tecnológico e a nossa capacidade humana de adaptação a essas mudanças tão rápidas e tão radicais.

**IBRACON** – *O sucesso do setor cimenteiro/concreto no Brasil recai, em parte, em uma atividade intensa de normalização de seus produtos e aplicações?*

**Antonio Carlos Reis Laranjeiras** – Sem dúvida que as normatizações técnicas são, para qualquer indústria, usando uma metáfora, os trilhos que impõem caminhos corretos e permitem avanços seguros, condições funda-

**Aumentamos a produtividade, diminuimos os erros, aumentamos a precisão e abrimos caminhos para aproximações teóricas avançadas. Partilhamos e transferimos conhecimento e experiência catalogada com os computadores. Só as nossas responsabilidades se mantêm intransferíveis.**

mentais para seu sucesso. A normatização é, em termos de mercado, um valor agregado aos produtos e suas aplicações, pela confiabilidade que assegura a eles.

Quanto a qualificar a nossa atividade de normatização nas áreas do concreto como atividade intensa, soa a meus ouvidos como uma figura de retórica do repórter. Na área das estruturas de concreto, ao contrário, a normatização se processa muito lentamente, e está longe de ser uma atividade permanente, interrompida que é por longos hiatos, e dependente da vontade de poucos. A nossa penúltima Norma NB-1, a NBR 6118, padrão das demais correlatas, do ano de 1978, levou 25 anos para ser substituída pela atual, que já atravessa, sem mudanças, seis anos, sem dar notícias ao meio técnico de quando será revista. Esse cenário, em uma época de mudanças técnicas rápidas e radicais, se confrontado com as sistemáticas revisões a cada três anos das Normas americanas, não caracteriza, evidentemente, uma atividade que possa ser qualificada como intensa de normatização.

**IBRACON** – *Quais são os critérios que norteiam a aplicação do concreto? Quais são as principais fases dessa aplicação? Que importância desempenha o controle tecnológico nessa dinâmica?*

**Antonio Carlos Reis Laranjeiras** –

Os critérios que norteiam a aplicação do concreto são ditados pelas suas finalidades previstas e respectivos requisitos. É o caso de uma grande ponte, cujo concreto deve garantir vida útil de 120 anos, ou o caso dos edifícios altos, com mais de 30 andares, em que os pilares necessitam de concretos de alta resistência, para manter dimensões reduzidas nos andares inferiores, ou as caixas d'água, situadas no alto desses edifícios, cujos concretos têm adição de fibras, para favorecer um tempo maior de resistência ao fogo, e assim por diante.

As fases de aplicação do concreto são as convencionais de dosagem, amassamento, transporte, lançamento, adensamento e cura.

O controle tecnológico do concreto se refere às técnicas e atividades de verificação de conformidade do concreto e de seus componentes com as suas respectivas especificações. A importância do controle tecnológico

reside em ser parte componente da gestão e garantia de qualidade da construção, a qual, por sua vez, é um requisito legal e uma exigência de mercado. Além disso, a conformidade do concreto com suas especificações, comprovada por controle tecnológico, fortalece sua credibilidade como material de construção.

A esse respeito, é bom destacar que o nível de conformidade dos materiais e subprodutos, na construção civil, é classificado, por estudos oficiais, como de baixo nível. O comprometimento com a verificação de conformidade ainda é voluntário, na prática, e a não-conformidade goza de alta impunidade. Se um canteiro se defronta com um concreto em não conformidade, por exemplo, o construtor tem, sistematizadas em Norma, as medidas a tomar para verificar se a estrutura, mesmo assim, pode ser aceita ou se necessita de reforços.

Mas não há, na prática, nenhum consenso sobre as punições a que estará submetida o fornecedor, em casos como esse. O combate à não-conformidade, através de punições justas, é uma estratégia indispensável à boa qualidade nas construções.

**IBRACON** – *Que passos a cadeia produtiva do concreto tem dado para aumentar a industrialização no setor construtivo?*

**Antonio Carlos Reis Laranjeiras** – As características dos canteiros de obras,

até 1980, eram de baixa produtividade e de grande desperdício de materiais e de mão-de-obra, associados a grandes taxas de inflação. A lucratividade da construção era mais pela valorização imobiliária do que pela melhoria do processo construtivo.

A partir da década de 90, aumentou a competitividade entre as empresas com a redução da inflação, efeitos da globalização, reduções de financiamentos e retração do mercado. As empresas passaram a tentar viabilizar seus lucros a partir das reduções de custos, do aumento da produtividade, da busca de soluções tecnológicas e de gerenciamento da produção de forma a aumentar o grau de industrialização do processo produtivo.

A cadeia produtiva do concreto foi também atingida por esses ventos favoráveis à indus-

**A importância do controle tecnológico reside em ser parte componente da gestão e garantia de qualidade da construção, a qual, por sua vez, é um requisito legal e uma exigência de mercado.**

trialização. As concreteiras e as indústrias de pré-fabricados leves e pesados têm crescido e se organizado, progressivamente, embora em ritmo mais lento do que o desejável. Algumas dificuldades se opõem a esse desenvolvimento como a persistente baixa produtividade do setor de construção, a alta incidência de impostos sobre os pré-fabricados e a falta de capacitação técnica das empresas para gerenciar a construção sob essas novas exigências de qualidade, competitividade e custos.

**IBRACON** – *Quais são as tendências futuras da aplicação do concreto na construção civil?*

**Antonio Carlos Reis Laranjeiras** – As tendências claramente visíveis são que os concretos permanecerão ainda por bom tempo como são hoje, utilizando cimento, agregados e aditivos. Incorporarão mais frequentemente os aditivos minerais, as fibras e os superplastificantes. Serão mais duráveis e com melhor desempenho em situação de incêndio. Li a propósito, recentemente, que as Universidades de Oxford e Cambridge especificam, em suas novas construções, concretos com vida útil de 500 anos. Os concretos serão mais resistentes e terão em maior consideração as exigências de sustentabilidade. E continuará a ser o material predominante na construção.

Naturalmente que, ao falar dessas tendências futuras na construção civil, nos referimos, implicitamente, ao setor formal da construção, minoritário na área habitacional, o mesmo que hoje busca a racionalização, e sobre o qual pesam as exigências fiscais, normativas e legais. Essas tendências não se aplicam ao setor informal da autoconstrução, da população de baixa renda, responsável por 60% das unidades habitacionais. Nesse setor, a construção é e permanecerá sendo de má qualidade, sem absorver novas técnicas e novas aplicações do concreto, além de contribuir para a degradação das condições sociais e ambientais urbanas. O programa “Minha casa, minha vida” do atual governo, com a promessa de construir um milhão de unidades habitacionais, que representariam, portanto, perto de 20% do déficit atual, pode bem ser uma forma de incorporar parte desse setor à construção

formal. Esse plano não tem, no entanto, prazo fixado para sua realização. Estudos do próprio governo, em 2004, esclarecem que a produção de quinhentas mil ou um milhão de unidades/ano exige concentração de esforços políticos, tecnológicos e econômicos que não são viáveis na próxima década. Aguardemos para ver.

**IBRACON** – *Dos projetos que participou, qual considera exemplar do ponto de vista do avanço da tecnologia do concreto no país?*

**Antonio Carlos Reis Laranjeiras** – O projeto das estruturas das Secretarias do Centro Administrativo de Minas Gerais, ainda em construção, de autoria do Eng<sup>o</sup> Mário Terra, é um bom exemplo do avanço da tecnologia do concreto, ao utilizar concretos de resistência elevada e incorporar fibras de aço ao concreto. A minha participação limitou-se aos serviços de praxe de verificação.

Li, recentemente, que as Universidades de Oxford e Cambridge especificam, em suas novas construções, concretos com vida útil de 500 anos.

**IBRACON** – *Os cursos nacionais de Engenharia Civil têm acompanhado o desenvolvimento da tecnologia do concreto no país e no mundo? De que forma?*

**Antonio Carlos Reis Laranjeiras** – Esclareço a você que estou afastado da Universidade há muitos anos e, por isso, não tenho vivenciado essa realidade. Pelo que sei, a pesquisa passou a ser atividade importante em nossas principais Universidades, o que representa um passo fundamental na conquista da excelência. Conheço muitos trabalhos de pesquisa, produzidos em nossas Universidades, sobre a tecnologia avançada do concreto. É lícito, pois, supor que a competência atualizada desses mestres se refletirá na qualidade dos cursos de Engenharia.

**IBRACON** – *Como o senhor vê o IBRACON em termos de sua missão? Ele tem ido pelo caminho certo?*

**Antonio Carlos Reis Laranjeiras** – A expansão do quadro de associados, o número crescente de participantes nos Congressos anuais, a edição de revista técnica de excelente qualidade, a integração com outras entidades internacionais são fatos indicativos de que o IBRACON persegue com sucesso seus objetivos e que está trilhando o caminho certo. ♦

# Cinpar 2009



5º Congresso  
Internacional  
sobre Patologia  
e Reabilitação  
de Estruturas

## Congresso Internacional pauta-se pela durabilidade das obras

Fábio Luís Pedroso

O desenvolvimento econômico e social de uma nação é frequentemente associado ao investimento em infraestrutura civil. Portos, rodovias, aeroportos, pontes, obras de saneamento básico em geral, usinas hidrelétricas e nucleares, dentre outras, são obras que garantem o escoamento da produção, o fornecimento de energia e de

água; que asseguram o conforto, a segurança, a higiene e a locomoção de pessoas; e, por fim, que geram empregos diretos e indiretos.

Prova dessa afirmação é o Programa de Aceleração do Crescimento – PAC, onde se pode constatar o provisionamento e a previsão de gastos do governo para essas obras.

Porém, tão importante quanto investir em novas obras é conservar as que existem. O patrimônio construído nacional é a base do es-

Integrantes da Mesa de Abertura do Cinpar 2009: Carlos Roberto Giublin; Mauro Lacerda Filho; César Henrique Daher; Ênio Pazini Figueiredo; Luís César De Lucca; José Marques Filho; José Rodolfo de Lacerda; e Thomas Garcia Carmona (p/dir); no púlpito, o professor Francisco Carvalho





tágio atual de desenvolvimento alcançado pela sociedade brasileira. Os recentes acidentes em obras públicas e particulares no país – o mais recente foi o rompimento da barragem Algodões I, no Piauí – mostram certa displicência do governo e da sociedade para com o tema.

Desde a fase de projeto, uma obra é

construída para durar por um determinado número de anos. Hoje, já é possível construir obras que durem mais de 100 anos, devido aos avanços experimentados pela tecnologia do concreto e de seus sistemas construtivos. Mas, independentemente da vida útil de uma construção, ela necessita de cuidados de manutenção para que consiga atingir o final de seu ciclo de vida, ou ainda para prolongá-lo, estendendo no tempo os serviços prestados pela obra, tendo em vista sua importância sócio-econômica.

Mesmo uma obra bem projetada e bem construída demanda cuidados, basicamente porque o processo de degradação daquilo que é fabricado pelo homem é natural e afeta diferentemente as distintas partes da estrutura. Se a reparação é feita no momento certo, tem caráter preventivo, ela objetiva substituir ou reforçar as partes da estrutura mais submetidas ao desgaste, de modo a fazer com que a obra esgote a vida útil preconizada em projeto. Quando feita em estágio avançado de deterioração, quando as manifestações são de tal ordem que ameaçam a segurança e o desempenho, além da durabilidade da construção – por isso, ditas patológicas –, então a intervenção é corretiva, de reabilitação, uma tentativa de prolongar sua vida, e muito mais custosa. A reabilitação corretiva pode também ser concebida para prolongar a vida útil da obra ou para alterar algumas de suas características de serviço.

Este foi o escopo das discussões ocorridas no 5º Congresso Internacional sobre Patologias e Reabilitação de Estruturas, que aconteceu de 11 a 13 de junho, em Curitiba. O evento reuniu palestrantes brasileiros e es-

## Otimização de Estruturas de Concreto

O professor da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade de Tecnologia Brno, na República Tcheca, Petr Stepanek, fez uma breve retrospectiva dos modelos de segurança estrutural aplicados à Engenharia Civil.

Segundo ele, à deterioração de estruturas de concreto está associado alto grau de incerteza, que pode ser reduzido por meio de inspeções periódicas e do monitoramento.

Stepanek propôs, então, com base nesses dados, uma formulação geral para otimizar parâmetros de projetos relativos ao ciclo de vida de uma estrutura.

“A otimização depende do período considerado para o monitoramento, do observador e do contexto global da obra”, destacou.

Petr Stepanek introduz o tema da otimização de estruturas





Professor Ênio Pazini Figueiredo fala sobre os trabalhos da Comissão Científica

trangeiros, pesquisadores, profissionais e estudantes em torno de estudos sobre patologias em obras civis, das boas práticas de inspeção, manutenção e reabilitação de estruturas de concreto e da necessidade de disseminação do tema da recuperação e da conservação do patrimônio construído.

Formado por três painéis temáticos – patologia nas obras civis, reforço de estruturas e reações deletérias e falhas nas estruturas –, entre os quais foram divididas as 23 palestras, 79 trabalhos técnico-científicos apresentados em sessões plenárias e pôsteres, seis cursos de

curta duração, cinco apresentações técnico-comerciais, o evento atraiu a participação de 248 profissionais, brasileiros de todas as regiões do país e 11 estrangeiros de Portugal, Espanha, México, Argentina e Paraguai; de 11 expositores; e contou com o apoio da Capes e da Fundação Araucária. A organização ficou por conta do Instituto Brasileiro do Concreto – IBRACON, do Instituto de Estudos de Materiais da Construção – IEMAC e do Instituto IDD, este último responsável pelo local, sob coordenação dos professores César Henrique Daher e César De Luca.



Professor José Marques Filho em sua palestra sobre Novas Tecnologias de Monitoramento para obras de infraestrutura)

“Como tem sido tradição no Cinpar, os trabalhos apresentados foram produtos de alta qualidade, com aplicabilidade direta nas atividades do dia-a-dia das empresas e dos profissionais”, avaliou o presidente do Comitê Científico do Cinpar 2009, professor Ênio Pazini Figueiredo.

A seguir, uma sinopse dos principais aspectos discutidos.

### Gestão do patrimônio construído no Brasil: problemas e soluções

Segundo o palestrante José Marques Filho, professor da Universidade Federal do Paraná e consultor da Companhia Paranaense de Energia – Copel, a infraestrutura civil brasileira está envelhecida e, o que é pior, faltam critérios e processos claros e sistemáticos de verificação de suas condições de operação. Essa situação geral de falta de inspeção e de manutenção tem levado ao aumento das manifestações patológicas e aos diversos acidentes ocorridos recentemente no Brasil. “Eles tendem a crescer exponencialmente, se nada for feito para mudar o quadro geral”, alertou.

Com ele concorda Jarbas Milititsky, cujo livro “Patologia das Fundações” foi tema de palestra no Cinpar 2009, apresentada pelo engenheiro Edgar Odebrecht. “Cerca de 40 países adotam programas de segurança de barragens. Nesses países o índice de acidentes está dentro do considerado tolerável: 1 acidente em 10 mil. Já, no Brasil, país que não adotou nenhuma política de segurança, ocorre 1 caso para 1000. Nosso atraso em desenvolver um Programa Nacional de Segurança de Barragens nos custa um índice de acidentes dez vezes maior do que o tolerável”, afirmou Milititsky em entrevista na edição anterior da Concreto & Construções.

Como se não bastasse, além da falta de critérios de inspeção, manutenção e operação, o país carece em relação ao seu patrimônio construído:

- ◆ De documentação técnica ou da suficiência de documentação técnica
- ◆ De profissional responsável pela obra, para a maioria dos casos
- ◆ De um banco de dados sobre o comportamento da estrutura durante sua operação
- ◆ De recursos, que são majoritariamente voltados para novos investimentos em detrimento da recuperação e manutenção.

“Qual é a porcentagem de investimentos no PAC previstos para recuperação?”, perguntou Marques Filho. Para responder: “Zero”.



Professor Marques Filho numa de suas intervenções

Com vistas a esse quadro geral, Marques propôs como medida para assegurar o bom desempenho da estrutura e o controle de suas manifestações patológicas um sistema de avaliação permanente de cada obra. Este sistema de avaliação:

- a)** Seria composto por uma análise holística da obra, onde se levaria em conta seus aspectos geotécnicos, estruturais, de construção, de uso, ambientais, de maneira interligada, considerando-se:
- ◆ Investigações preliminares
  - ◆ Levantamento de dados dos materiais
  - ◆ Levantamento do histórico da obra
  - ◆ Levantamento do comportamento estrutural previsto em projeto
  - ◆ Acompanhamento permanente da obra, por meio de bateria de inspeções e ensaios sistemáticos, realizada periodicamente, para geração de um banco de dados confiável e dinâmico
  - ◆ Avaliação constante dos dados gerados para verificar sua confiabilidade e consistência
- b)** Seria aplicado a todas as fases do empreendimento, desde o inventário, estudos de viabilidade, projeto básico e executivo até sua construção, comissionamento, operação e manutenção
- ◆ O comissionamento, fase em que a obra é avaliada em suas condições antes de ser posta em operação, constituiria o primeiro banco de dados da obra acabada, de onde seria possível criar o marco de balizamento para os manuais de inspeção e manutenção periódica da obra
  - ◆ As inspeções periódicas durante a operação da obra possibilitariam verificar a evolução de seu comportamento frente ao esperado, de onde surgiria a oportunidade de antecipar intervenções, assim como a de avaliar a eficiência dessas intervenções,



contribuindo efetivamente para a sustentabilidade de obra, um dos pilares do exercício da profissão do engenheiro civil.

Para as obras construídas, duas medidas políticas seriam necessárias para implementar o sistema de avaliação: o recomissionamento obrigatório das obras com dados inconsistentes e a implementação de uma legislação específica obrigando a manutenção do patrimônio construído atual.

O recomissionamento possibilitaria um instantâneo da situação real de cada estrutura, com o uso de novas tecnologias de ensaios e de ferramentas estatísticas, que levaria à geração de um novo manual de inspeção e manutenção, a um sistema estruturado de inspeção e manutenção e ao monitoramento confiável da obra.

Por sua vez, a legislação tornaria tais procedimentos obrigatórios, tanto para o setor público como para o privado, gerando no longo prazo uma cultura benéfica de inspeção e manutenção de construções.

O modelo exigiria ainda cursos de complementação da formação universitária e a obrigatoriedade da residência técnica para os engenheiros egressos, para que entrem no mercado com conhecimento e capacidade técnica para bem construir, bem gerir e bem reparar.

“A chave do problema assenta-se no tripé – conhecimento, responsabilidade e método”, resumiu Filho.

### Comprometer projeto e execução

A formação e as responsabilidades dos engenheiros para bem construir e bem reparar

as estruturas foram os temas abordados na palestra do sócio-fundador e responsável técnico da LEB – Projectistas, Designers e Consultores em Reabilitação de Construções, empresa portuguesa de análise e consultoria sobre o desempenho das construções, Thomaz Ripper.

Numa exposição extrovertida, que, segundo o palestrante, reunia suas experiências, crenças, reflexões e querências, Ripper postulou as exigências feitas ao exercício responsável da profissão como sendo a:

**a) Cultura construtiva:** por ele definida como os conhecimentos e as práticas reconhecidas como as melhores, necessariamente baseadas no conhecimento das construções e de sua história

Aplicando a exigência ao campo da reabilitação, Ripper defendeu que o levantamento de informações históricas simplifica o trabalho de reparação, porque transforma o levantamento de caracterização geométrica e estrutural em simples verificação de conformidades. Como conseqüências diretas, temos: a redução de custos; a elevação dos níveis de confiabilidade; e a utilização de níveis de incerteza mais discretos

**b) Boa formação:** programa de aprendizagem que valorize, antes de tudo, a construção como patrimônio da Humanidade. Para ele, não cabe mais formar arquitetos-artistas e engenheiros-calculistas ou de obras: o ensino deve promover a interação entre esses profissionais

O engenheiro de reabilitação lida com aspectos variados e ligados da obra, que ele precisa conhecer e dominar. São:

- ◆ Informação histórica;
- ◆ Caracterização ambiental;

# Técnicas de reabilitação de estruturas de madeira

- ◆ Inspeção e ensaios para caracterização das áreas degradadas, dos mecanismos de degradação e dos agentes agressores;
- ◆ Interpretação dos resultados, segundo os níveis de confiabilidade, para estabelecer as classes e conseqüências das manifestações patológicas encontradas;
- ◆ Verificação estrutural para a especificação do dimensionamento do reforço, dos produtos, sistemas e métodos, segundo a normalização pertinente;
- ◆ Assistência pró-ativa à empreitada

**c) Aptidão para fazer:** definida como a responsabilidade pelo desempenho dos processos construtivos. Segundo o palestrante, essa responsabilidade é compartilhada entre o:

- ◆ **Contratante:** deve perceber o que quer e por quanto tempo; bem selecionar a equipe; e respeitar as obrigações contratuais
- ◆ **Projetista:** deve conceber uma construção resistente e durável a custos justos; definir pormenorizadamente produtos e métodos que facilitem a execução; dar assistência técnica pró-ativa à empreitada; estabelecer o processo de manutenção
- ◆ **Empreiteiro:** deve garantir a melhor reprodução do projeto em obra; ter atitude, tolerância e interação para questionar o projeto, para reverter especificações falhas; promover o adequado sistema de controle da produção; implantar o processo de manutenção; garantir assistência após a entrega da obra
- ◆ **Fiscal:** deve zelar pelo bom cumprimento das premissas contratuais
- ◆ **Usuário:** deve conservar

O patrimônio histórico construído da Espanha é largamente representado por obras feitas em estruturas de madeira. Na maioria dos casos, são construções anteriores ao século XX, produtos da prática habitual da época, cujo projeto baseia-se em regras empíricas e não confiáveis, segundo as modernas técnicas de cálculo atuais.

Para falar sobre essas obras e os métodos de restauração empregados nelas, o Cinpar 2009 convidou o engenheiro consultor Eduardo Ballán Ballán, de Madrid. Em linhas gerais, foi exposto que:

- ◆ A filosofia de reparação é a de conservar e reparar os materiais originais, sempre que possível;
- ◆ A reparação exige o conhecimento das técnicas construtivas da época, inclusive sobre o tipo de madeira utilizada e dos procedimentos de cura usados para torná-la durável;
- ◆ Os procedimentos da intervenção consistem na: avaliação dos danos causados e no levantamento de suas causas (abiótica ou biótica), por meio de inspeções visuais, instrumentais e estruturais; tipificação das patologias de origem estrutural (seção insuficiente; deformações elevadas; falhas de ligação; rupturas em peças estruturais; etc) e reconhecimento dos pontos críticos e das zonas de risco; plano de ação para recuperar a estrutura (tratamentos de proteção com produtos químicos e gasosos, com esterelização a quente e a frio; e medidas de caráter estrutural para assegurar a estabilidade e segurança, tais como: perfis metálicos; soluções com concreto, com madeira e com epóxi).



Professor  
Eduardo Ballán  
Ballán em sua  
apresentação



Processo de Dessalinização do  
Viaduto da APS, em Sines, Portugal:  
Sistema anódico malha em titânio

**d) Disposição para estar sempre se atualizando**

Por conta do advento do concreto no século XX e da crescente regulamentação na área de reabilitação estrutural, o engenheiro precisa conhecer bem o material usado na construção (suas potencialidades e evolução) e as leis e recomendações para a reabilitação eficiente e responsável (intervir respeitando o patrimônio original), que estão sempre em mudando.

A regulamentação europeia recente para manutenção e reabilitação das construções, segundo o palestrante, especifica como parâmetros a serem observados pelos engenheiros a definição de procedimentos de inspeção, ensaios, análises, níveis de confiabilidade e critérios de especificação de produtos, sistemas e métodos que permitam a consciente reabilitação das construções em concreto armado, exigindo integral compromisso entre projeto e execução

**e) Gostar da construção:** vê-la como seu patrimônio. Para Ripper, para ser um bom engenheiro, é preciso ter paixão pelas construções.

Para justificar seu ponto de vista, Ripper trouxe ao Congresso dados sobre a frequência de ocorrência de falhas e os custos relativos à reparação, extraídos de pesquisa feita pelo Bureau Securitas, empresa internacional especializada no gerenciamento de riscos. De acordo com os dados apresentados, 51% das ocorrências de falhas estão relacionadas à execução, enquanto 37% refere-se ao projeto. A reparação de cada uma delas divide o custo de 43% cada. Ainda: das falhas de projeto, 78% estão relacionadas com a pormenorização

e apenas 14% com a concepção.

Na seqüência, Ripper apresentou alguns casos em que sua empresa esteve envolvida, a título de ilustração. Destacamos dois: a reparação da Ponte da Barra, em Aveiro, Portugal, com idade de 35 anos; e a reabilitação do Viaduto APS, em Sines, no mesmo país.

Na Ponte da Barra, foi constatado o mecanismo básico de deterioração de corrosão de armaduras causada pela difusão e intensa concentração de cloretos, transportados por via aérea. Com isso, os níveis de confiabilidade foram excedidos numa fase prematura, exigindo, no curto prazo, intervenções de reabilitação. Foram especificados os seguintes materiais e tipos de reparação:

**a) Para as zonas despassivadas:**

- ◆ Recobrimento
- ◆ Pintura
- ◆ Bons materiais
- ◆ Boa execução
- ◆ Manutenção

**b) Para as zonas onde foi verificada início de corrosão:**

- ◆ Pintura
- ◆ Aumento do PH
- ◆ Dessalinização
- ◆ Inibidor de corrosão

**c) Para zonas onde foi constatada corrosão visível: proteção catódica**

**d) Para zonas destruídas:**

- ◆ Reforço
- ◆ Reparação

No tabuleiro da Viaduto APS, em Sines,



Palestra sobre prevenção de patologias nas estruturas feita pelo professor Francisco Carvalho



Entrada do evento, onde foram expostos os produtos e serviços oferecidos pelas empresas de recuperação de estruturas

os ensaios apontaram a dessalinização da massa de concreto. Como medida corretiva foi feita a repassivação do aço da armadura pela extração de cloretos pelo método eletroquímico.

### Aumentar a durabilidade: requisitos preconizados

Como visto nos casos e dados apresentados, as patologias têm, freqüentemente, origem em falhas de projeto e de construção, outra vertente explorada no Cinpar 2009. Tanto que, em sua apresentação, o professor Marques Filho já chamava a atenção dos congressistas para que o sistema de avaliações permanentes por ele proposto cuide de todas as fases da obra. E o professor Thomaz Ripper, ao dividir as responsabilidades pelo processo construtivo, fez de modo a balanceá-las entre contratantes, arquitetos, projetistas, engenheiros de obras, fiscais e usuários.

Em tempos da premência da responsabilidade ambiental, onde a otimização no uso de recursos e materiais, o emprego de recursos renováveis, a minimização de desperdícios e de geração de produtos degradantes do meio ambiente são variáveis com densidade cada vez maior nos projetos construtivos, uma solução construtiva sustentável muito explorada no âmbito da engenharia civil tem sido a da durabilidade das construções. Em outras palavras: projetar e construir com conhecimento, método e responsabilidade de modo que as obras durem mais, que fiquem por mais tempo prestando seus serviços dentro dos limites de segurança e estabilidade requeridos.

Todos os palestrantes discorreram sobre este tema, mas coube ao professor da Universidade Estadual do Vale do Acaraú, Francisco Carvalho, a

maior ênfase. O professor Carvalho foi o idealizador do Congresso Internacional sobre Patologias e Reabilitação de Estruturas, ao, em 2000, notar a carência de conhecimento da comunidade técnica relativo ao tema. Resolveu, então, convidar eminentes pesquisadores da área para proferirem palestras na Universidade Federal do Vale do Acaraú, em Sobral, organizando o primeiro Cinpar. De lá para cá, o evento viajou para Fortaleza, esteve em Portugal, aconteceu neste ano em Curitiba, e, para 2010, está programado para ocorrer em Córdoba, na Argentina.

Em sua exposição, o professor Carvalho traçou um breve panorama das construções, o qual mostrou que a durabilidade foi um requisito sempre perseguido. “No Império Romano, o arquiteto e construtor Vitruvius já ensinava que as construções precisam ser resistentes, duráveis e belas”. Prosseguiu: “esses mesmos princípios estavam presentes na *Standard Building Regulations for Use of Reinforced Concrete*, a primeira norma norte-americana sobre concreto armado, de 1910, onde se postulava que as armaduras devem ser colocadas corretamente dentro das fôrmas e fixadas para não se movimentarem; que o concreto deve ser dosado numa proporção que assegure resistência mínima à compressão à época de 15MPa; e que as armaduras precisam ser protegidas pelo concreto por camadas de cobertura especificadas pela norma”.

Qualquer construtor pode perceber que, apesar de as especificações citadas terem sido formuladas num ambiente onde se procurou assegurar a segurança e durabilidade das obras de concreto, elas não são as atualmente aceitáveis. Os limites de cobertura e de resistência à compressão foram majorados, para novamente fazer jus ao requisito da durabilidade das construções. É assim mesmo. Cada norma espelha as experiências de seu tempo. “Os códigos precisam ser dinâmicos, atualizando-se conforme surgem novos materiais,

# Patologia das Fundações

Em sua palestra, o engenheiro Oscar Odebrecht apresentou as origens mais comuns das patologias em fundações. A seguir a sinopse de sua exposição:

## 1. Aspectos relacionados com a investigação das características do subsolo são as causas mais freqüentes de problemas de fundações; patologias decorrentes de incertezas quanto às condições do subsolo podem ser resultado de:

- a) Ausência de investigação: típico de obras de pequeno porte; em geral, por motivos econômicos; prática inaceitável; apresentação dos problemas típicos
- b) Investigação insuficiente:
  - ◆ Número insuficiente de sondagens ou ensaios para áreas extensas ou de subsolo variado; causa comum de problemas em obras correntes, devido à extrapolação indevida de informações
  - ◆ Profundidade de investigação insuficiente não caracterizando camadas de comportamento distinto, em geral, de pior desempenho, também solicitadas pelo carregamento; problema muito comum;
  - ◆ Propriedades de comportamento não determinadas por necessitar de ensaios especiais
- c) Investigação com falhas:
  - ◆ Problemas no processo de investigação que comprometem os resultados
  - ◆ Erro na localização do local da obra
  - ◆ Adoção de procedimentos indevidos e de ensaios não padronizados
  - ◆ Uso de equipamento fora da especificação
  - ◆ Falta de nivelamento dos furos em relação à referência
  - ◆ Descrição equivocada do tipo de solo
- d) Má interpretação dos resultados das sondagens

## 2. Erros na determinação de cargas na fundação podem acarretar sua ruptura; por isso, na análise e projeto devem ser incluídos:

- a) Considerações referentes ao comportamento do solo e não somente as cargas permanentes e acidentais provenientes da superestrutura
- b) Possíveis formas de transferência de cargas, com cálculo de seus elementos e verificação de sua segurança
- c) Dimensionamento estrutural da fundação com planta contendo todas as características da solução adotada e os detalhes executivos; os problemas que podem ocorrer nesta etapa são relativos:
  - ◆ Ao comportamento do solo
  - ◆ Aos mecanismos de interação solo-estrutura
  - ◆ Ao comportamento real das fundações
  - ◆ À estrutura da fundação

novas demandas construtivas, novos métodos de cálculo, novos sistemas construtivos e maior conhecimento do concreto”, completou Carvalho.

A norma brasileira de projeto de estruturas de concreto, a ABNT NBR 6118, que é de 2003, define a durabilidade como a capacidade da estrutura em resistir às influências ambientais previstas, definidas em conjunto pelo projetista e pelo contratante, no sentido de conservar sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante período correspondente à sua vida útil.

Os principais mecanismos de deterioração da estrutura relativos às ameaças ambientais são classificados pela norma quanto aos:

### a) Relativos ao concreto:

- ◆ Lixiviação: ação de águas puras, carbônicas e ácidas que dissolvem e carregam os compostos hidratados da pasta de cimento
- ◆ Reações expansivas deletérias entre sulfatos presentes na água e produtos da pasta de cimento
- ◆ Reações expansivas deletérias entre álcalis do cimento e agregados reativos na presença de água
- ◆ Reações deletérias superficiais de agregados
- ◆ Reação deletéria provocada por

ferruginosos presentes no agregado

### b) Relativos à armadura:

- ◆ Despassivação por carbonatação (ação do gás carbônico da atmosfera)
- ◆ Despassivação por elevado teor de cloreto

### c) Relativos à estrutura:

- ◆ Ações mecânicas
- ◆ Movimentações de origem térmica
- ◆ Ações cíclicas
- ◆ Retração e fluência
- ◆ Relaxação

Para estipular a durabilidade da obra, o projetista leva em conta as condições ambientais de macro (região) e micro-clima (lugar da obra) onde será construída a estrutura, para, então, determinar a escolha certa dos materiais e de suas proporções, para estabelecer as melhores práticas construtivas e o melhor desenho de projeto. “O ambiente agressivo de Fortaleza tem demandado um concreto menos permeável, mais denso e, portanto, mais durável, com o simples bom senso de seguir as normas e recomendações”, exemplificou.

No que concerne ao projeto, a ABNT NBR 6118 preconiza os seguintes parâmetros apresentados pelo palestrante:

- a) Evitar a acumulação de água proveniente da chuva ou da limpeza sobre as superfícies



Engenheiro Edgar Odebrecht apresenta o livro *Patologia em Fundações*

- ◆ Às especificações construtivas
- 3. As falhas de execução são o segundo maior responsável pelas patologias das fundações; sua prevenção depende:**
  - a) De investigações convenientes sob as condições de subsolo
  - b) De cálculo e projeto adequado
  - c) De especificações precisa e detalhadas de materiais
  - d) De procedimentos executivos adequados e em conformidade com a boa prática
    - ◆ Fundações profundas exigem uma comunicação eficiente entre projetista e executante, de forma a garantir que as reais condições construtivas sejam cheçadas e avaliadas para a conformidade do projeto à situação real
    - ◆ Problemas executivos: falta de limpeza adequada da cabeça da estaca; posicionamento indevido de armadura; características do concreto inadequadas; falta ou excesso de energia de cravação; uso inadequado de emendas;
  - e) De uso de pessoal treinado e de equipamento adequado
  - f) De acompanhamento, supervisão e controle construtivo rigoroso
- 4. Pode ainda haver problemas de fundações decorrentes da movimentação ou instabilidade de massas de solo provocadas por fatores não relacionados com o carregamento das fundações:**
  - a) Novas construções sem o cuidado de promover juntas entre elas e a fundação existente
  - b) Estocagem de materiais pesados junto à fundação existente

- ◆ Superfícies expostas e horizontais devem ser convenientemente drenadas, com disposição de ralos e condutores
- ◆ Juntas de movimento ou dilatação devem ser seladas, de modo a torná-las estanques à passagem de água (percolação)
- ◆ Os topos de platibandas e das paredes devem ser protegidos com chapins; encontros com níveis diferentes, por rufos; e os beirais devem ter pingadeiras
- b) Estabelecer parâmetros mínimos, segundo o tipo e nível de agressividade do ambiente:**
  - ◆ Da qualidade do concreto
  - ◆ De espessura de cobrimento das armaduras
- c) Detalhar o posicionamento das armaduras:**
  - ◆ Para facilitar as operações de lançamento e adensamento do concreto
  - ◆ Para prever espaço suficiente para a entrada da agulha do vibrador
- d) Controlar a fissuração do concreto:**
  - ◆ Pela especificação de um concreto de boa qualidade
  - ◆ Pela especificação do cobrimento adequado das armaduras
- e) Buscar formas arquitetônicas:**
  - ◆ Que aumentem a durabilidade da estrutura
  - ◆ Que permitam o acesso à inspeção e manutenção de partes da estrutura com vida útil inferior ao todo, tais como: aparelhos de apoio; caixões; insertos; impermeabilizações; etc
- f) Estabelecer medidas especiais em casos de condições de exposição adversas, tais como:**
  - ◆ Aplicação de revestimentos hidrofugantes e pinturas impermeabilizantes sobre as superfícies
  - ◆ Revestimento com argamassas, cerâmicas, etc
  - ◆ Galvanização de armaduras, proteção catódica de armaduras, etc
- g) Prever a inspeção e manutenção preventiva da construção**

Num balanço final do evento, o engenheiro Luiz César De Luca, um de seus organizadores, arrematou: "o quinto Cinpar superou as expectativas. Reunindo grandes nomes da engenharia, o evento mostrou que o setor está bastante preocupado e investe muito em aprimoramentos, na troca de informações e na atualização profissional". ◆

# Avaliação do Desempenho dos Sistemas de Impermeabilização por Cristalização Capilar do Concreto

Cláudio Neves Ourives • *Gerente Geral*  
Penetron Brasil

Pedro Carlos Bilesky • *Técnico do Laboratório de Materiais de Construção Civil*  
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. – IPT

Celina Miki Yokoyama • *Coordenadora do Laboratório de SP*  
Heloisa Bolorino Pires • *Diretora da Divisão Laboratórios*  
CONCREMAT

## 1. Introdução

Os sistemas normalmente utilizados para impermeabilização de estruturas em concreto, como reservatórios e obras enterradas, promovem uma barreira física superficial com propriedades impermeabilizantes. Na maioria das vezes, são sistemas aderidos compostos por materiais à base de cimento modificado com polímeros, à base de asfalto ou totalmente poliméricos, como acrílico e poliuretano.

Muitos fatores podem comprometer o desempenho destes quanto à impermeabilidade ao longo do tempo. Fatores como intemperismo, deterioração pelos agentes presentes na água armazenada ou no lençol freático, adoção de procedimentos inadequados de aplicação aliado à mão-de-obra desqualificada e ao uso inadequado da estrutura, reduzem a vida útil desses sistemas e comprometem a durabilidade das estruturas de concreto.

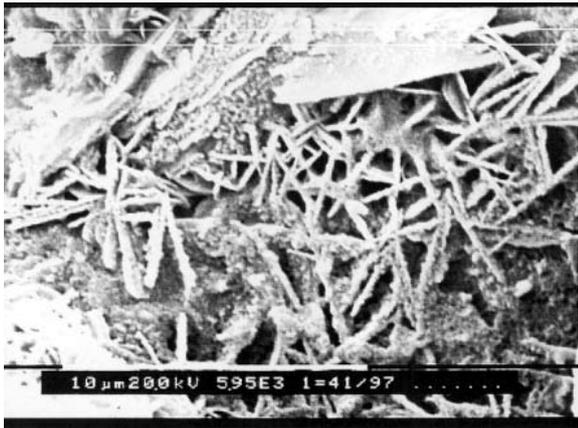
Os sistemas de impermeabilização do concreto por cristalização capilar são mais resistentes ao intemperismo e águas agressivas. Por não serem facilmente danificados, apresentam maior resistência e durabilidade que os sistemas convencionais. Isto é explicado pelo sistema de cristalização se integrar ao concreto, ou seja, não há filme superficial. Quando são aplicados na forma de pintura ou por adição ao concreto, os cristais se formam

no interior dos poros e fissuras. Uma vez dentro do concreto, os compostos químicos reagem com a água, hidróxido de cálcio e alumínio como também com vários outros óxidos metálicos e sais presentes no concreto crescendo no interior dos poros e capilares. A formação cristalina impede a penetração de água, porém permite a passagem do vapor d'água evitando a pressão de vapor dentro do concreto. Se novas fissuras aparecerem durante a vida útil da estrutura, os cristais se formarão nessas fissuras, também impedindo novos caminhos de passagem para a água. Quando não há água dentro da fissura, os cristais permanecem dormentes, mas, assim que ela aparece, novamente os cristais voltam a crescer protegendo o concreto permanentemente (Figura 1).

Como o processo de cristalização ocorre com o tempo, a permeabilidade do concreto também é reduzida com o tempo.

Quando são realizados ensaios conforme a norma NBR 10.787/94, ensaio de penetração de água sob pressão para concreto endurecido, os corpos de prova ficam expostos à pressão de água até 4 dias. Esse método de ensaio funciona para os sistemas convencionais que já apresentam um filme impermeável. Porém, para os sistemas de impermeabilização por cristalização capilar, a permeabilidade é reduzida ao longo do tempo de exposição à água, exigindo mais tempo para que os resultados sejam medidos.

Figura 1 – crescimento cristalino no concreto



Outro fator que diferencia os sistemas convencionais dos sistemas de cristalização é que, quando as estruturas entram em carga, seja pela pressão positiva, como em reservatórios, ou pela pressão negativa, como em estruturas enterradas, podem surgir fissuras devido a essa solicitação. Os sistemas aderidos superficialmente podem também se fissurar e permitir a passagem da água, sem nenhuma ação ativa nesses casos.

Já, com os sistemas de cristalização capilar, há uma catalisação do processo pela água com formação de cristais ao longo da fissura, reduzindo ou selando totalmente a infiltração de água. A essa capacidade de selamento tem-se chamado de auto-cicatrização (Figura 2).

Portanto, para fazer uma boa avaliação deste processo, é necessário que se adotem procedimentos anteriores ao ensaio de permeabilidade destes sistemas, para que se acelere este processo de cristalização capilar, criando assim em laboratório uma condição adequada para uma perfeita análise das condições reais de aplicação nas obras.

### 1.1 DEFINIÇÕES

A durabilidade do concreto depende muito da facilidade com a qual os fluidos, tanto líquidos como gases, podem ingressar no concreto e se deslocar no seu interior. Essa característica é geralmente mencionada como permeabilidade do concreto. A rigor, permeabilidade se refere ao escoamento de um fluido através de um meio poroso sob diferencial de pressão.

O escoamento dos fluidos no concreto dependerá da porosidade do concreto. Porosidade é a medida da proporção do volume

total do concreto ocupado pelos poros. Se a porosidade for grande e se os poros estiverem interligados, a permeabilidade ou escoamento dos fluidos pode ser alta. Se os poros forem descontínuos, a permeabilidade será baixa, mesmo com a porosidade alta.

A permeabilidade do concreto depende também das dimensões, distribuição, forma, tortuosidade e continuidade dos poros. Também é influenciada pelas propriedades do cimento. Para uma mesma relação água/cimento, cimentos mais grossos tendem a produzir pastas de cimento com porosidade maior do que as produzidas por cimentos mais finos. Em geral, quanto maior a resistência da pasta endurecida, menor a permeabilidade.

Quanto aos agregados, em geral, é pequena a influência do teor de agregado na mistura, não contribuindo muito para o escoamento de fluidos. A permeabilidade da pasta de cimento é que tem o principal efeito sobre a permeabilidade do concreto.

Um dos métodos de ensaio mais utilizados para se avaliar a permeabilidade do concreto é o ensaio de penetração de água sob pressão no concreto endurecido, segundo a NBR 10787/94. Neste ensaio, é determinada a profundidade de penetração da água após a aplicação de pressões que variam de 0,1MPa no primeiro e segundo dias, 0,3MPa no terceiro dia e 0,7MPa no quarto dia. É possível usar a profundidade de penetração da água como uma avaliação qualitativa do concreto, por exemplo: uma profundidade menor do que 50mm, classifica o concreto como impermeável; menor do que 30mm classifica o concreto como impermeável em condições agressivas.

Figura 2 – cristais ao longo da fissura

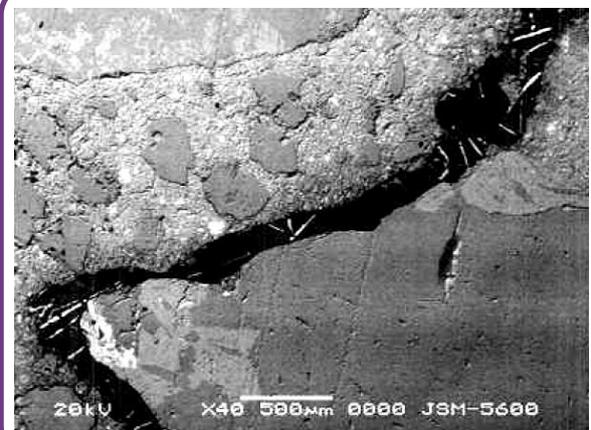


Tabela 1 – Traço de concreto estrutural especificado pela NBR-12.171/92

Quantidades (kg)					
Cimento CP-III-40	Areia	Brita 01	Brita 02	Água	Consumo de Cimento/m <sup>3</sup>
1,00	2,44	2,14	1,43	0,60	308

Há também métodos de ensaio para simular o efeito de auto-cicatrização em fissuras, em laboratório.

## 2. Ensaio realizado com o sistema de cristalização por adição

Uma vez que os ensaios realizados conforme a NBR 10787/94 testam os corpos-de-prova somente até o quarto dia, na maioria das vezes, os resultados obtidos nos testes feitos em concreto com o sistema de impermeabilização por cristalização capilar adicionado não apresentam nenhuma diferença em relação aos corpos-de-prova sem a adição do sistema. Como a exposição prolongada à água catalisa o processo de cristalização, quanto mais tempo em teste, melhores serão os resultados e mais claras ficam as diferenças entre os corpos de prova com e sem o sistema de cristalização capilar.

Para tanto, efetuaram-se mudanças neste procedimento, objetivando realizar ensaios que demonstrem a eficiência destes sistemas impermeabilizantes a partir da cristalização capilar do concreto promovida por estes produtos.

### 2.1 ENSAIOS COM CIMENTO CP-III-40

#### 2.1.1 Procedimentos

Para realização destes ensaios, moldaram-se 09 corpos de prova prismáticos com

dimensões básicas de 250 x 250 x 125 mm de acordo com a NBR-10787/94 – *Concreto endurecido – Determinação da penetração de água sob pressão – Método de ensaio*, e 06 corpos de prova com dimensões básicas de 100 x 200 mm para determinação da resistência à compressão de acordo com a NBR-5739/07 – *Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos – Método de ensaio*. Adotou-se para confecção destes corpos-de-prova o concreto especificado pela NBR-12.171/92 – *Aderência aplicável em sistemas de impermeabilização compostos de cimento impermeabilizante e polímeros*, conforme tabela 01. Na tabela 02, apresentam-se as características físicas no estado fresco e a resistência à compressão aos 28 dias de idade.

Após a cura de 28 dias em câmara úmida, os corpos de prova prismáticos ficaram no ambiente do laboratório pelo período de 2 dias e, após este período de secagem, os corpos de prova foram submetidos à penetração de água sob pressão de acordo com o plano de carregamento descrito na NBR-10.787/94 estendendo-se o período de aplicação da pressão de 0,7 MPa até os 07 dias de exposição, período de indução. Após este período, os corpos de prova foram retirados desta condição e colocados para secar no ambiente do laboratório por um período de 6 dias, quando então foram novamente submetidos ao mesmo plano de carregamento descrito anteriormente.

Após este novo período de exposição, os corpos de prova foram rompidos à flexão para

Tabela 2 – Características físicas e mecânicas dos concretos estudados

Traço n <sup>o</sup>	Adição de PENETRON ADMIX (%)	Massa específica no estado fresco NBR-9833/87 (kg/m <sup>3</sup> )	Consumo de cimento (kg/m <sup>3</sup> )	Abatimento no tronco de cone NBR-NM-67/98 (mm)	Resistência à compressão aos 28 dias NBR-5739/07 (MPa)
01	1	2,337	307	45	34,5
03	Referência	2,340	307	40	34,1

**Tabela 3 – Resultados – Penetração de água sob pressão NBR-10.787/94 (Corpos-de-prova com adição de 1%)**

Corpo de prova nº	Penetração máxima (mm)
01	18
02	21
03	19

**Tabela 4 – Resultados – Penetração de água sob pressão NBR-10.787/94 (Corpos-de-prova de referência)**

Corpo de prova nº	Penetração máxima (mm)
07	44
08	40
09	37

observação da penetração de água sob pressão.

### 2.1.2 Resultado

Os resultados são apresentados nas tabelas 3 e 4 e fotos 1 e 2.

## 2.2 ENSAIOS COM CIMENTO CII-E 32

### 2.2.1 Procedimentos

Para realização destes ensaios, molda-

ram-se 06 corpos de prova prismáticos com dimensões básicas de 250 x 250 x 125 mm, de acordo com a *NBR-10787/94*, e 04 corpos de prova com dimensões básicas de 100 x 200 mm, para determinação da resistência à compressão, de acordo com a *NBR-5739/07*. Adotou-se traço de concreto apresentado na tabela 05. Na tabela 06 apresentam-se as características físicas no estado fresco e a resistência à compressão aos 28 dias de idade.

Após a cura de 28 dias em câmara úmida, os corpos de prova prismáticos ficaram no

**Foto 1 – Corpos-de-prova com adição de 1%**



**Foto 2 – Corpos-de-prova de referência**



**Tabela 5 – Traço de concreto adotado**

Quantidades (kg)						
Cimento CP-II-E-32	Areia A	Areia B	Brita 0	Brita 2	Água	Consumo de Cimento/m³
1,00	1,11	1,11	1,20	1,81	0,54	347

**Tabela 6 – Características físicas e mecânicas dos concretos estudados**

Traço nº	Adição de PENETRON ADMIX (%)	Massa específica no estado fresco NBR-9833/87 (kg/m³)	Consumo de cimento (kg/m³)	Abatimento no tronco de cone NBR-NM-67/98 (mm)	Resistência à compressão aos 28 dias NBR-5739/07 (MPa)
01	1	2,350	347	45	40,2

ambiente do laboratório pelo período de 02 dias e, após este período de secagem, os corpos de prova foram submetidos à penetração de água sob pressão de acordo com o plano de carregamento descrito na NBR-10.787/94, estendendo-se o período de aplicação da pressão de 0,7 MPa até os 07 dias de exposição, período de indução. Após este período os corpos de prova foram retirados desta condição e colocados para secar no ambiente do laboratório por um período de 6 dias, quando então foram novamente submetidos ao mesmo plano de carregamento descrito anteriormente.

Após este novo período de exposição, observaram-se, nas laterais dos corpos de prova, manchas indicativas de que a penetração de água ainda persistia. Optou-se então em acompanhar novos ciclos de secagem e exposição à água sob pressão até o desaparecimento destas manchas. Os corpos de prova foram submetidos a quatro ciclos de secagem e submissão a pressão de 0,7 MPa.

## 2.2.2 Resultado

Os resultados são apresentados abaixo na tabela 7 e na foto 3.

## 2.2.3 Análise dos resultados

Os resultados ora obtidos nos corpos de prova moldados com cimento tipo CP-III, classe 40 nos levam a entender que estes cimentos são adequados e compatíveis com o sistema de impermeabilização por cristalização adotado. Nas fotos 01 e 02, podemos observar o aumento da ação impermeabilizante gerada pela cristalização do concreto com incremento da adição de 1%, sendo que, em apenas um ciclo de secagem e submissão à água sob pressão, obtiveram-se resultados satisfatórios.

Nos corpos de prova moldados com cimento CP-II-E, classe 32, estas reações de cristalização são aparentemente um pouco mais lentas e necessitaram de mais ciclos de secagem e submissão à água sob pressão para apresen-

**Tabela 7 – Resultados – Penetração de água sob pressão NBR-10.787/94 (Corpos-de-prova com adição de 1%)**

Corpo de prova nº	Penetração máxima (mm)
01	34
02	36
03	32

**Foto 3 – Corpos-de-prova com adição de 1%**



Foto 4 – Corpos-de-prova com 1% de adição com uma semana de indução



Foto 5 – Corpos-de-prova com 1% de adição com duas semanas de indução

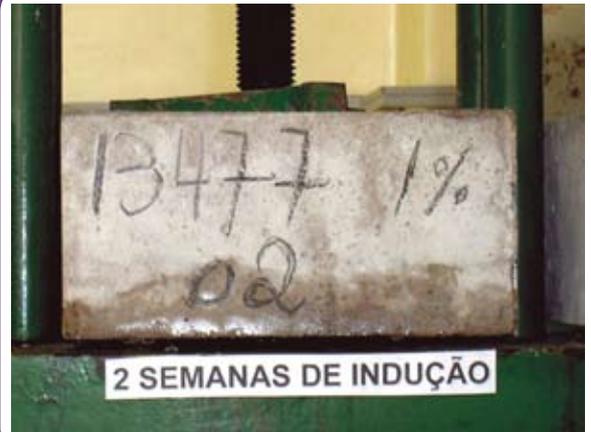
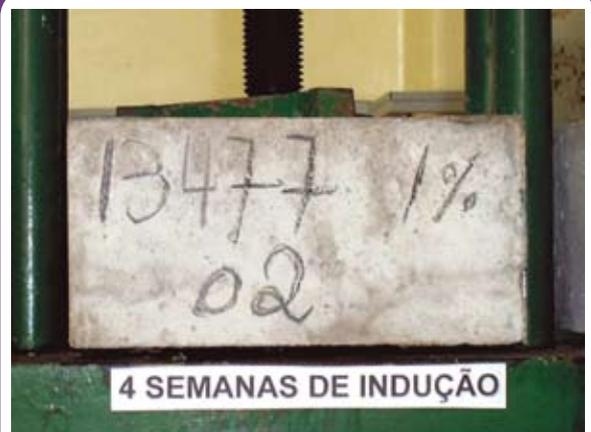


Foto 6 – Corpos-de-prova com 1% de adição com três semanas de indução



Foto 7 – Corpos-de-prova com 1% de adição com quatro semanas de indução



tarem resultados compatíveis com os obtidos com o cimento CP-III, classe 40. As fotos 04, 05, 06 e 07 apresentam a evolução semanal da impermeabilização por cristalização, através do desaparecimento das manchas de água nas faces dos corpos de prova prismáticos.

O cimento tipo CP-III constitui-se de grande quantidade de escória de alto forno. Este tipo de cimento geralmente é especificado onde se deseja uma baixa porosidade e permeabilidade à água do concreto. A princípio, acredita-se que os resultados obtidos em menor tempo nos corpos-de-prova com cimento CP-III em relação ao CP-II devem-se à contribuição desse tipo de cimento na redução da porosidade facilitando o bloqueio da água pelos cristais gerados pelo aditivo.

Em ambos os casos, com CP-III e CP-II, os resultados obtidos mostraram uma grande redução da permeabilidade do concreto com a adição do aditivo de cristalização.

### 2.3 ENSAIO DE AUTO-CICATRIZAÇÃO DE FISSURAS

O objetivo deste ensaio foi de verificar a impermeabilidade de prismas de concreto preparados com adições do sistema de cristalização capilar por adição, nos quais, após endurecidos, são submetidos ao esforço de tração na flexão e ao fluxo de água contínuo com a finalidade de monitorar o tempo necessário para estancar este fluxo de água.

Tabela 8

Consumo real de material para 1 m <sup>3</sup> de concreto adensado			
Materiais	Traços 1	Traço 2	Unidades
Aglomerante	401	401	kg
Cimento	369	369	kg
Metacaulim	32	32	kg
Areia de quartzo	527	527	kg
Pedrisco misto	226	226	kg
Brita 1	1023	1023	kg
Água	181	181	litros
Aditivo BASF 394N	3.208	3.208	litros
Penetron Admix	4,01	-	kg

### 2.3.1 Materiais utilizados

- ◆ **Cimento:** Cauê CIII 40 RS
- ◆ **Areia rosa:** Concesand
- ◆ **Pedrisco misto:** Votorantim
- ◆ **Brita 1:** Sarpav
- ◆ **Aditivo:** BASF – 394N
- ◆ **Aditivo:** Penetron ADMIX

### 2.3.2 Amostras

A amostra é composta por dois traços de concreto elaborados, nos quais foram moldados 04 corpos de prova prismáticos com dimensões (150x150x500) mm, largura x altura x comprimento, moldados no laboratório, conforme traço abaixo e Tabela 8.

#### IDENTIFICAÇÃO DOS TRAÇOS

- ◆ **Traço 1:** Com adição de Penetron Admix
- ◆ **Traço 2:** Sem adição de Penetron Admix

#### TRAÇO UNITÁRIO EM MASSA (MATERIAIS SECOS)

- ◆ **Traço:** 1 e 2
- ◆ **Aglomerante:** 1,000
- ◆ **Areia rosa:** 1,314
- ◆ **Pedrisco misto:** 0,564
- ◆ **Brita 1:** 2,551
- ◆ **a/c:** 0,45

### 2.3.3 Metodologia

Os procedimentos foram desenvolvidos no laboratório da Concremat.

### 2.3.4 Procedimentos

Preparar o molde prismático de forma a posicionar um tubo de PVC com sistema de

conexões hidráulicas, centralizado internamente no corpo de prova, com comprimento aproximado de 400 mm; realizar a cura dos corpos de prova, conforme NBR 5738; e na idade de ensaio, submeter os corpos de prova ao ensaio de tração na flexão com o objetivo de criar fissura no mesmo, sem provocar sua ruptura; acoplar ao dispositivo de fornecimento de água de forma que seja aplicada uma pressão constante de 1,5 MPa (150 metros de coluna d'água); e monitorar o fluxo de água, anotando periodicamente a quantidade de água que escorre do corpo de prova nos seguintes intervalos:

- ◆ **1º período** – após uma semana
- ◆ **2º período** – após cinco semanas
- ◆ **3º período** – após seis semanas
- ◆ **4º período** – após sete semanas
- ◆ **5º período** – após oito semanas

### 2.3.5 Resultados obtidos

Veja a tabela 9.

### 2.3.6 Análise do resultado

Foi verificada uma redução do fluxo de água nos corpos de prova com adição de 1% do aditivo de cristalização capilar em relação aos corpos de prova sem a adição do produto (Foto 8).

## 3. Estudo de Casos

Estação de Tratamento de Esgoto de Taubaté – SP (Fotos 8 e 9).

Estação de Tratamento de Esgoto de Cerquilho – SP (Fotos 10 e 11).

Tabela 9 – Resultados obtidos

CP Nº	28 dias	1º período (resultado médio)		2º período (resultado médio)		3º período	4º período		5º período	
1	<b>Com Penetron</b>	1ª semana	1 litro/h	5ª semana	0,003 litros/h	Intervalo de uma semana, sem contato com a água	Após 7 semanas	0,002 litros/h	Após 8 semanas	0,002 litros/h
2	<b>Com Penetron</b>	1ª semana	1 litro/h	5ª semana	0,003 litros/h		Após 7 semanas	0,002 litros/h	Após 8 semanas	0,002 litros/h
3	Sem Penetron	1ª semana	5 litros/h	5ª semana	5 litros/h		-	-	-	-
4	Sem Penetron	1ª semana	5 litros/h	5ª semana	5 litros/h		-	-	-	-

Foto 8 – Tirada em 14 de março de 2008 após a aplicação do Penetron e término do enchimento do tanque



Foto 9 – Tirada em 29 de março de 2008. Selamento de praticamente todos os vazamentos por fissuras



Foto 10 – Tirada em 15 de maio de 2009



Foto 11 – Tirada em 26 de maio de 2009



## 4. Conclusões

A partir dos resultados obtidos nos ensaios realizados, podemos concluir que a metodologia adotada foi eficiente na avaliação dos concretos com adições de sistemas de cristalização capilar, pelo fato de simular em escala laboratorial as condições de exposição destes às ocorrências do cotidiano de obras hidráulicas, mostrando a eficiência da

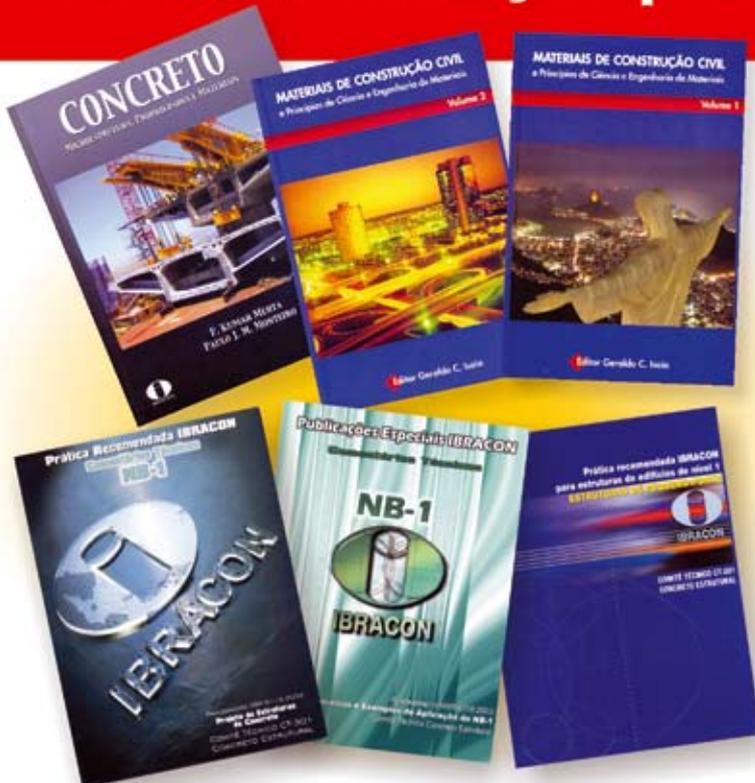
cristalização promovida pelo sistema não só nos poros, mas também nas fissuras.

Concretos com estas adições adquirem características impermeabilizantes e comportamentos de auto-cicatrização com o decorrer do tempo de exposição à água, fato este não observado em outros métodos de impermeabilização consagrados; e exigem cuidados especiais no momento da sua avaliação para obtenção de resultados que expressem as suas características efetivas.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [01] Bilesky, P. C. – Ensaio comparativos de determinação da permeabilidade a água – Relatório Técnico – IPT – 97 383-205 – novembro / 2.007
- [02] Bilesky, P. C. – Ensaio comparativos de determinação da permeabilidade a água – Relatório Técnico – IPT – 99 704-205 – maio / 2.008
- [03] Bolorino, H.P. - Verificar a impermeabilização de prismas de concreto preparados com adições químicas – Concremat – 100.330 – março/2009.
- [04] Neville, Adam Matthew, 1923 – Propriedades do Concreto – tradução de Salvador E. Giammusso – 2ª ed. ver. atual, 1997. ◆

# Promoção de livros e publicações IBRACON. Corra! Promoção por tempo limitado.



- **“Concreto: microestrutura, propriedades e materiais”**
- **“Materiais de Construção Civil – vols. 1 e 2”**
- **Práticas Recomendadas**
  - “Estruturas de Edifícios de Nível 1 – Estruturas de Pequeno Porte”
  - “Comentários Técnicos NB-1”
  - “Comentários Técnicos e Exemplos de Aplicação NB-1”

Referências da Engenharia Civil em Concreto, no seu aspecto estrutural e de material construtivo, essas publicações não podem faltar nas estantes de estudantes, professores e dos profissionais em geral da construção civil brasileira.

- **R\$ 200,00 – para sócios** ||| • **R\$ 250,00 – para não-sócios**
- Mais o valor do frete.

## Corra! A promoção é válida enquanto durar os estoques.

Acesse hoje mesmo a Loja Virtual do IBRACON  
no site [www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br)  
Se preferir, fale conosco:  
**Marilene – Tel. 11-3735-0202**  
**e-mail: [marilene@ibracon.org.br](mailto:marilene@ibracon.org.br)**



**Adicione  
conhecimento  
ao seu concreto.**

ACESSE:

[www.massacinzenta.com.br](http://www.massacinzenta.com.br)

[www.itambeempresarial.com.br](http://www.itambeempresarial.com.br)

CIMENTO, CONCRETO E MUITO MAIS.



**concrebras**  
O CONCRETO DO BRASIL



# Uma ponte que poderia ter ocasionado uma tragédia por causa de aluguel de macacos

Eng. Augusto Carlos de Vasconcelos  
Conselheiro IBRACON

Trata-se da monumental ponte sobre o lago Paranoá, em Brasília, que tem uma história turbulenta e controversa. Desde a fase de projeto (1968) até sua construção tumultuada, seus percalços por diversos infortúnios e transtornos, seu reforço e a montagem ousada de seu tramo metálico, tudo torna sua história emocionante e atraente.

A odisséia começou antes da fase de projeto. Os planos desenvolvidos por Lucio Costa para a construção de Brasília, complementados por sugestões de Oscar Niemeyer, não incluíam essa ponte. Foi em 1968 que se lançou a idéia de ligar a Avenida das Nações, que era o lugar reservado para as representações diplomáticas, com o Setor Habitacional Individual Sul SHIS. Foram dadas as seguintes justificativas ( revista ODC julho 1975):

- ◆ a Prefeitura teria uma fonte de renda com a valorização do Setor Sul;
- ◆ o adensamento populacional do Setor Sul seria estimulado pela redução do percurso

até a Esplanada dos Ministérios e o centro comercial da cidade;

- ◆ seria uma maneira de atender o pedido dos Ministros;
- ◆ o caráter monumental da obra estava em sintonia com as obras arquitetônicas de Brasília.

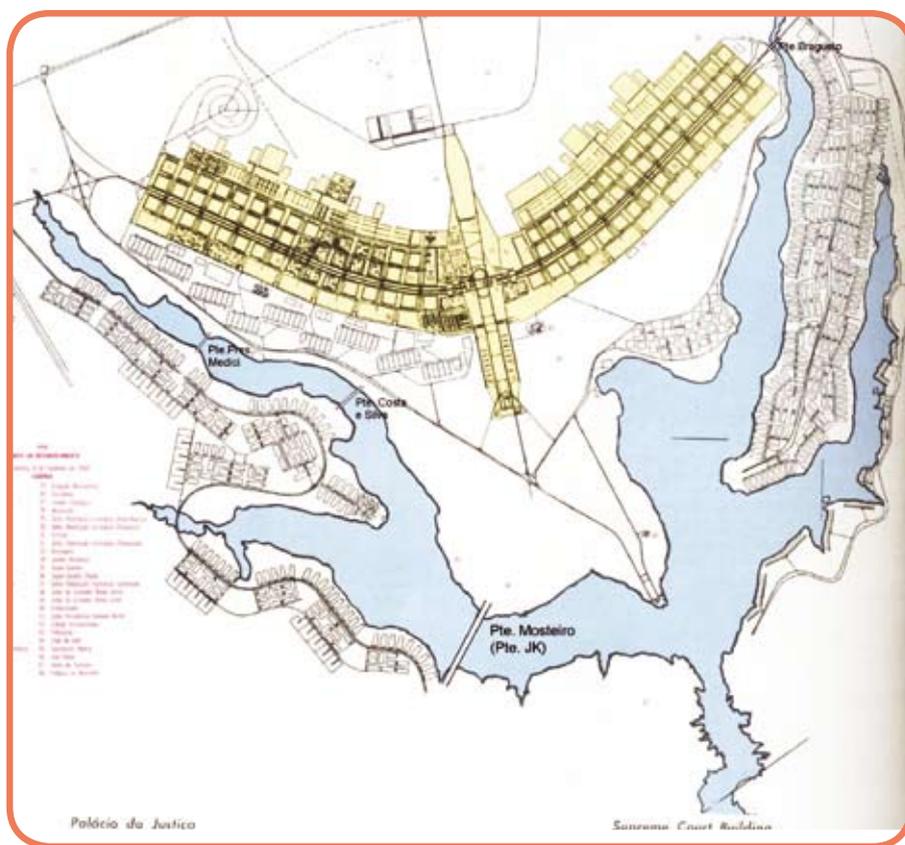


Fig. 1 – Localização das pontes sobre o lago Paranoá. A 1ª ponte à esquerda, Pte. Pres. Médici, a 3 km da 2ª, é a que foi mencionada no texto, construída depois da paralisação da 2ª ponte. A última ponte, à direita, Pte. Bragueto, foi a 1ª construída no lago.

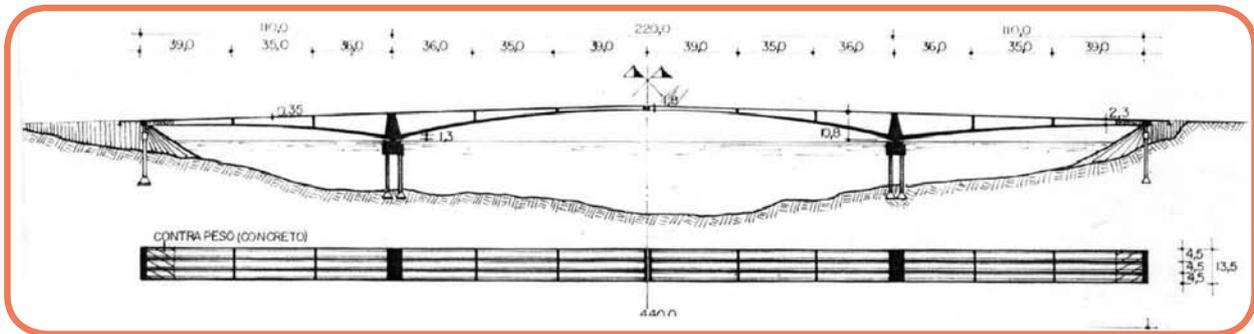


Fig. 2 – Perfil da ponte segundo o projeto inicial modificado (ODC, julho 1975)

Diante desses argumentos, Lucio Costa entregou os pontos e acabou concordando com a alteração de seus planos iniciais. Oscar Niemeyer ficou encarregado de elaborar o projeto arquitetônico. A concorrência foi realizada em 1969 com apenas um esboço preparado por Niemeyer que, com poucos traços, lançou uma das mais complicadas obras do país, completamente alheio às dificuldades de realização daquilo que estava propondo. Apenas acrescentou uma nota simples e de profunda poesia à sua concepção plástica: “A ponte deve apenas pousar na superfície como uma andorinha tocando a água”.

Nenhum bloco de fundação deveria ser visto e o perfil da ponte apenas tocava a água. E eram 200 m de vão a serem vencidos numa obra de 400 m de comprimento total. A própria empreiteira teria que elaborar o projeto executivo. Participaram da concorrência as seguintes firmas:

- ◆ SOBRENCO S.A. – Sociedade Brasileira de Engenharia e Comércio
- ◆ Construtora RABELLO S.A.
- ◆ Construtora Ferraz Cavalcanti S.A.
- ◆ ROSSI Engenharia S.A.

A SOBRENCO ganhou a concorrência em 1969 pelo menor preço: cerca de 6 milhões de cruzeiros. Já, em julho de 1969, ao ser instalado o canteiro da obra, constatou-se a existência de uma camada de lodo com espessura de 5 a 8 m nas margens do lago. Isto não havia sido informado aos participantes. O projeto elaborado para participar da concorrência se tornou inviável. Para não executar os encontros e respectivo aterro sobre o terreno tão fraco, foi necessário aumentar o comprimento da obra que passou de 400 para 440 m com vãos de 110, 220 e 110 m. Com esse aumento, a obra conquistaria a marca de recorde mundial de vão em viga reta de concreto protendido.

A obra teve início em 1970 e o projeto foi desenvolvido pela própria empreiteira para o vão recorde de 220 m que contou com o beneplácito por escrito de Niemeyer: “Não custa nada ganhar um recorde!”.

A mudança de projeto com a obra já iniciada acarretou uma ampliação do prazo. Mas, não foi isso que atrapalhou a boa execução da obra. Fortes ventanias causaram um verdadeiro maremoto no lago que emaranhou todos os cabos de protensão pendentes e apoiados num flutuador. Com as ondas produzidas pelo vento, os cabos envolvidos em bainhas, foram jogados na água e se enrolaram de tal maneira que foi necessário um trabalho terrível para recuperá-los. Além disso, temia-se pela fragilidade dos cabos ao serem submetidos à protensão depois de retificados os laços produzidos pelas ondas.

A paralização das obras foi longa. Os cálculos foram submetidos a uma minuciosa verificação. O autor desta descrição foi chamado para um pronunciamento técnico, visando principalmente examinar a protensão realizada até aquela data, com atritos muito maiores do que os previstos no projeto. Antes de comentar esses aspectos, é necessário voltar atrás e justificar o projeto da maneira como foi feito.

As concorrências são necessárias para diminuir os gastos públicos através das disputas que resultam do interesse de executar a obra. Por outro lado, as quantidades são de tal forma estudadas para sua redução ao mínimo, que, qualquer serviço adicional, pode resultar na perda da concorrência. Até o custo do aluguel dos macacos de protensão pode acarretar a perda do contrato. Se para o órgão público essa economia possa parecer ridícula, para a firma concorrente pode significar pegar ou perder a obra. Isso de fato aconteceu nessa concorrência. A firma vencedora sabia muito bem que o vulto da obra exigia o emprego de cabos de grande potência: com tais cabos seu número seria diminuído, seriam diminuídos os gastos com as bainhas metálicas, com o número de ancoragens, com as operações de protensão. Entretanto, naquela época, cabos de 120 tf ainda eram pouco usados e as empreiteiras ainda não possuíam equipamento próprio para protender tais cabos. Por outro lado, cabos de 40 tf eram comuns e as empreiteiras mais ligadas ao



**Fig. 3** – Aspecto dos cabos pendentes e mergulhados no lago depois da forte ventania de julho de 1970. A fôrma inferior já estava sendo posicionada para execução da 3ª aduela. Os flutuadores estão vazios, sem os cabos que caíram n' água durante o vendaval.

concreto protendido possuíam diversos macacos e outros equipamentos para esse fim. Houve, então, uma consulta à STUP (empresa ligada à aplicação do sistema Freyssinet de protensão) para verificar a possibilidade de trocar equipamentos para cabos de 120 tf por equipamentos em quantidade equivalente para cabos de 40 tf. Do ponto de vista estritamente comercial na ocasião, não era interessante para a STUP deixar de alugar equipamentos mais lucrativos e mais procurados, ainda que em quantidade reduzida no país, correspondentes aos cabos de 120 tf. A troca não foi feita. A SOBRENCO, por uma questão de brio, ao invés de aceitar as condições da STUP, preferiu projetar a protensão de maneira a poder aplicar os equipamentos que possuía. Resultaram 760 cabos de 12 fios de  $\varnothing 7$  mm, quando poderiam ser usados apenas 253 cabos de 12 cordoalhas de  $\varnothing 12,7$  mm para a mesma força total de protensão. A insistência no uso de cabos de 40 tf foi desastrosa.

Os 760 cabos foram distribuídos em várias camadas, um ao lado do outro, ocupando a largura total do tabuleiro. Os espaços reservados para a entrada do concreto foram os mínimos exigidos pelas normas. A dificuldade de concretagem foi muito grande e os vibradores precisaram ser demoradamente enfiados por entre os cabos para conseguir levar o concreto, sem vazios e com boa compactação, até o fundo da laje. O resultado é que, com excesso de vibração, muitas bainhas foram perfuradas e a nata de cimento deve ter penetrado em diversos pontos.

Ao ser aplicada a protensão, diversos cabos não puderam ser adequadamente alongados e, portanto, a protensão ficou aquém dos resultados esperados. A cada aduela acrescentada, a protensão era cada vez menor do que o valor desejado, esperando-se, no final, perdas superiores a 50%. Tudo isso por causa do aluguel de macacos!!!

O autor estudou com muito carinho o que de fato estava acontecendo, analisando os possíveis pontos de imobilização dos cabos e qual a protensão

efetiva com que se poderia contar. Aparentemente, com alguns procedimentos adicionais, a obra poderia ser retomada sem modificação do projeto. A parte da fundação não havia sido examinada, pois tudo parecia estar em ordem sem qualquer dúvida a respeito. As sondagens disponíveis não eram suficientes para uma análise mais profunda e isso nem havia sido solicitado.

O autor apresentou seu relatório final, em 28 de fevereiro de 1972, dando como conclusão a possibilidade de continuação da obra. O engenheiro Paulo Janot Borges não se deixou convencer por esse relatório. Não era o que ele desejava ler. Durante muito tempo, as decisões ficaram suspensas e as controvérsias políticas e técnicas multiplicavam-se. O engenheiro Janot queria a todo custo abandonar o projeto e chegou a solicitar ao autor uma proposta para novos estudos. Essa proposta nunca foi apresentada, pois seria o mesmo que reconhecer o relatório conclusivo anterior como não confiável.

Durante muito tempo, o assunto ficou pendente. Foi até mesmo construída outra ponte, a Ponte Pres. Médici (v. fig. 1) no mesmo braço do lago e a 3 km de distância, sem o caráter monumental da primeira, apenas como uma decisão política para remediar o não prosseguimento da obra. Finalmente, foi consultado o escritório do Prof. Figueiredo Ferraz, que já havia participado da primeira concorrência. Esse escritório aceitou apresentar proposta para, abandonando os cabos protendidos existentes,

reprojetar a ponte sem as dúvidas que ainda existiam sobre a estrutura paralizada. Assim, surgiu a ponte que hoje se vê, batizada com o nome de “Ponte Costa e Silva”.

### A construção inicial

O projeto inicialmente construído era constituído de dois duplos balanços de 110 m, simétricos, executados simultaneamente e se encontrando no meio do vão central numa articulação que permitia também alguma movimentação longitudinal.

A superestrutura foi iniciada em junho de 1970. Foram executadas, pelo processo dos balanços sucessivos, apenas 7 aduelas de cada lado, resultando o balanço total de 35 m.

Ao ter início a 3ª aduela, com os cabos todos pendentes e apoiados horizontalmente em flutuadores, fortes ventanias causaram em julho de 1970 um enorme transtorno que é visto na fig. 3. Os flutuadores balançaram tanto com as fortes ondas geradas pelo vento, que os cabos caíram no lago e se emaranharam, tornando quase impossível a continuação da obra.

A seção transversal da superestrutura é constituída de 3 células de 4,5 m, resultando a largura total de 13,5 m sem balanços. Passeios de 1,5 m diminuem a faixa de rolamento para 10,5 m, suficiente para 3 pistas de tráfego. A altura da seção é variável, começando nos apoios com 12 m e terminando no meio do vão com 2,1 m. A espessura das paredes é de 40 cm e as lajes possuem espessuras variáveis ao longo dos balanços sucessivos. A laje superior, por causa da enorme quantidade de cabos, possui junto aos apoios a espessura de 40 cm; e a inferior, representando a mesa de compressão dos balanços sucessivos, alcança nos apoios o

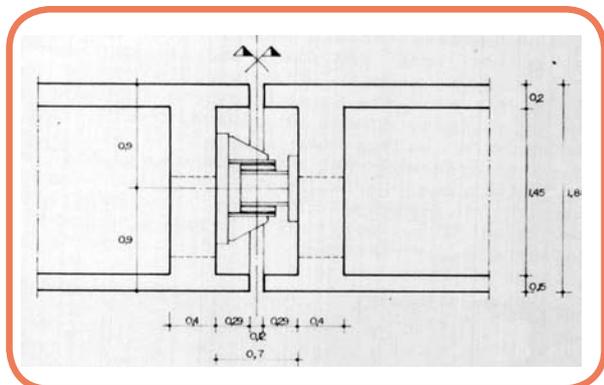


Fig. 5 – Detalhe da articulação central prevista no projeto original alterado pela introdução da viga metálica central.

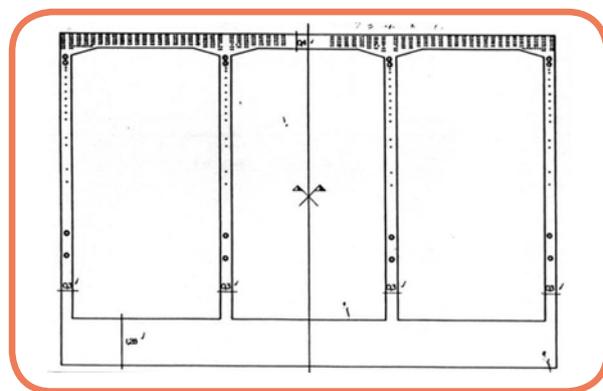


Fig. 4 – Seção transversal na aduela 1, lado margem (ODC julho 1975)

valor máximo de 128 cm. A fig. 4 mostra a seção com as dimensões principais.

A mesma fig. 4 mostra também a disposição dos cabos de protensão, podendo-se perceber a dificuldade de concretagem. A alteração de projeto do vão, inicialmente previsto de 200 para 220 m, acarretou um significativo aumento do número de cabos. No caso do vão de 200 m, o número de cabos era 576, resultando espaçamento satisfatório para uma boa concretagem. Quando se passou para 220 m de vão, o número de cabos aumentou para 728 e não foi fácil encontrar alojamento, na mesma largura de 13,5 m da seção. Daí, a necessidade de distribuir os cabos em 5 camadas.

A ponte projetada possuía uma articulação no meio do vão, conforme mostra o detalhe da fig. 5. A articulação deveria permitir a movimentação longitudinal do tabuleiro, em consequência de variações térmicas e de retração do concreto. A parte metálica da direita da articulação escorregava por dentro da parte da esquerda, devendo ser vencida apenas a força de atrito. A folga entre as duas partes era tal que não existia possibilidade alguma de transferência de momentos fletores através da seção central. Momentos suficientemente pequenos, devidos a encostos desiguais entre as duas partes, provocariam diferenças de flechas tão pequenas que, provavelmente, estariam dentro das tolerâncias de montagem das partes metálicas. Forças cortantes na seção central, causadas por cargas concentradas passando de um lado para outro da articulação, deveriam ser resistidas pela parte metálica.

### A ponte executada

Depois da paralização da obra, a NOVACAP optou pela rescisão do contrato e pela

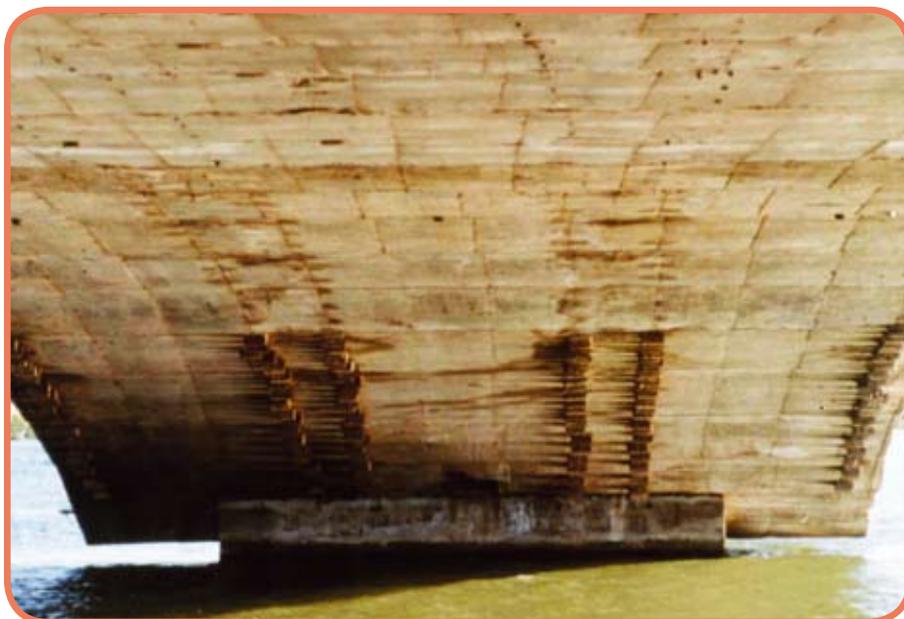


Fig. 6 – Vista inferior do vão central, vendo-se o bloco recuado e as fachadas “apenas tocando a água” como desejou Niemeyer.

contratação do Escritório Técnico Figueiredo Ferraz para a reformulação do projeto e a empresa ECEL S.A. para o prosseguimento da obra, sob regime de administração.

Logo no início das verificações, o Escritório Figueiredo Ferraz providenciou novas sondagens, chegando à conclusão, depois de consultar diversos especialistas em solos, que a rocha no nível em que estavam assentados os tubulões resistiria apenas a 10 kgf/cm<sup>2</sup> e a pressão efetiva de projeto era 19. As preocupações cresceram e foi decidido reforçar

talmente disfarçada pela acomodação de um trecho de 58 m de comprimento. cremos que esta foi uma decisão sensata.

As armaduras pendentes foram cortadas e abandonadas. Foi uma decisão drástica que, talvez, pudesse ter sido evitada. Pelo menos como armaduras passivas, aquela ferragem com peso de 400 tf, poderia ter sido aproveitada. Regos feitos na laje superior permitiram obter alojamento para os novos cabos. Dos 728 cabos de 40 tf, aqueles que ainda não estavam protendidos foram substituídos por 99 cabos da patente VSL Losinger, com cordoalhas de Ø12,7 mm para diversas potências: 110, 220 e 300 tf. Isto simplificou bastante a execução pela redução do número de cabos e pelo uso de bainhas mais rígidas e mais resistentes. A redução do peso da parte central, projetada com aço Cor-Ten de elevada resistência à corrosão, permitiu também alguma redução da protensão. O peso da superestrutura passou a ser de 24.000 tf, sendo 320 tf a contribuição do trecho metálico.

também as fundações. Foi a parte mais onerosa da reformulação de projeto e esta parte, muito polêmica, mereceria uma discussão detalhada. Entretanto, preferimos nos omitir a este problema, pois não somos especialistas em solos.

Procurou-se reduzir o mais possível o peso nas fundações, mediante substituição de um trecho central de 58 m da ponte por uma viga metálica simplesmente apoiada nas extremidades dos consolos. Qualquer rotação que pudesse aparecer nos consolos ficaria to-



Fig. 7 – Vista enviesada lateral da fachada, junto ao apoio interno, percebendo-se o comprimento das exigências de Niemeyer: apoios escondidos, estrutura tangente à água (como na fachada do Palácio da Alvorada), ausência de passeios em balanço, fachada branca contínua.

A visão lateral da ponte em conjunto nos dá realmente aquela

sensação que Niemeyer deixava transparecer: uma andorinha roçando o bico nas águas.

O aspecto final da obra não sofreu alterações. O trecho metálico que, pela sua natureza não exigiria pintura, foi preparada com jato de areia e aplicação de epóxi branco, restabelecendo a aparência prevista. As fotografias das figuras 6 a 8 mostram aspectos da obra concluída (1991). Estas fotografias, gentilmente cedidas pela Mercedes-Benz do Brasil, foram obra do fotógrafo de arte Robert Ostrowski.



Fig. 8 – Vista lateral de 1991 da ponte terminada. Observe-se que a pintura da parte metálica central, com epóxi de cor branca fosca, disfarça completamente o uso do aço.

### Sobre o recorde

Quando a obra ainda estava em execução, ao acontecer o acidente com as ondas do lago em julho de 1970, a SOBRENCO já se preparava para comemorar o recorde da obra com o vão de 220 m. Para isso, já havia encomendado adesivos como o representado na fig. 9.

Os japoneses mantinham o recorde de vão em pontes construídas em balanços sucessivos. A ponte de Nagoya Ohashi, em Saga, estava na frente com 176 m. Logo, este vão que seria ultrapassado pela ponte brasileira, caso não tivesse ocorrido a paralisação; ficou para trás do próprio Japão três vezes sucessivas, com intervalo de 3 anos: a ponte de Urado, com 230 m, em 1972; ponte de Hiroshima Ohashi,

com 236 m, em 1975; a ponte de Hamana, com 240 m, em 1978. A ponte brasileira estava programada para terminar em fins de 1971, antes, portanto, da inauguração da ponte de Urado. Entretanto, quando a ponte de Brasília ficou

finalmente terminada, não somente a de Urado, mas também a de Hiroshima Ohashi, já estavam concluídas, ambas com recordes. A de Hamana não havia ainda sido iniciada.

Desta vez, o Brasil não conseguiu o recorde, mas a ponte de Brasília está entre as cinco maiores do mundo, não obstante ser metálico parte do vão central de 220 m. Se o Guinness Book editar novamente o livro de estruturas, incluirá certamente nossa ponte no rol das maiores em concreto.



Fig. 9 – Adesivo preparado com antecedência para comemorar o maior vão do mundo em viga reta de concreto protendido.

### A montagem do trecho metálico

O trecho metálico foi concebido pelo Escri-

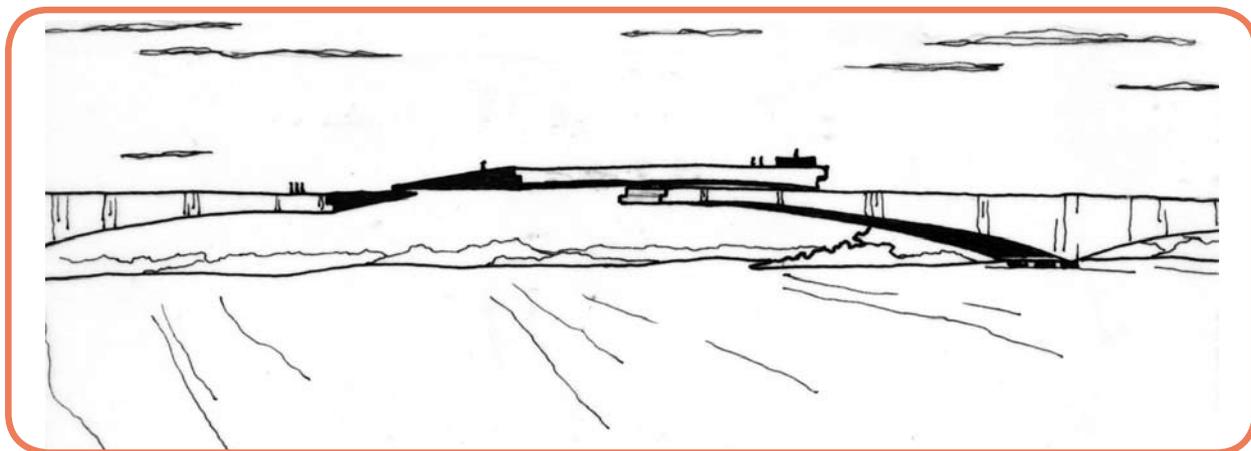


Fig. 10 – Situação de emoção durante a montagem: os dois bicos se encontraram e não houve tombamento.

tório Técnico Figueiredo Ferraz como um esforço para reduzir algumas centenas de toneladas no peso próprio da parte central da ponte ( Construção Hoje, de 16.02.76). Para o projeto, fabricação e montagem foi contratada a USIMEC – Usiminas Mecânica S.A.

A 400 m do local onde seria instalado o trecho metálico, a Usimec montou um pórtico rolante para a montagem do tabuleiro metálico completo. O peso total da parte metálica era 310 tf. Na estrutura de concreto, haviam sido executadas, em cada lado, 16 aduelas de 5 m, ao invés das 21 do projeto original. Foram 5 aduelas a menos de cada lado, as quais somavam, juntamente com os encaixes, cerca de 58 m. Este comprimento seria preenchido pelo tabuleiro metálico.

Para instalação desse tabuleiro no espaço vazio entre os extremos dos dois consolos, foi imaginado acrescentar na parte anterior do tabuleiro, que seria arrastado sobre a estrutura de concreto, um "bico metálico" afunilado para a ponta, muito mais leve do que um comprimento igual da viga. Esse "bico" com 23 m seria firmemente aparafusado e encaixado na estrutura, adequadamente projetado com essa finalidade. Na extremidade do consolo fronteiro, foi preso também um "bico metálico" análogo.

A viga metálica, abrangendo a largura total de 13,5 m, foi empurrada sobre 8 aparelhos deslizantes, denominados "tartarugas", até que a extremidade de seu bico dianteiro encontrasse o bico do consolo. Para que não houvesse tombamento por perda de equilíbrio, foram acrescentados contrapesos de 35 tf na parte traseira da viga metálica. O peso total da viga metálica, contrapeso e estruturas auxiliares para a movimentação, atingiu 360 tf. Este peso foi resistido pelo consolo em balanço. Entretanto, ao chegar ao outro lado, a extremidade do bico começava a aplicar cargas no outro consolo, possibilitando o avanço da viga, até que ela ficasse totalmente dentro do vão já venci-

do. Foram então retirados os "bicos" e o tabuleiro completo foi abaixado sobre os apoios definitivos. A fig. 10 mostra o instante em que os dois bicos se encontraram (Construção Hoje, de 16.02.76).

As aduelas 15 e 16 foram desde o início, cheias com 200 tf de água, para que a protensão pudesse ser aplicada com a presença de toda a carga permanente. Quando o bico metálico encostou, alguma carga permanente do trecho central começou a carregar o consolo. Então a água foi gradativamente retirada de dentro das duas aduelas, de maneira controlada, mantendo constante a carga permanente aplicada. Quando o avanço do trecho metálico se completou, as 200 tf de água já haviam sido retiradas. Nessa situação, foram desmontados os bicos metálicos, com os operários trabalhando dentro do caixão.

A estrutura metálica foi apoiada em 8 fogueiras de dormentes de madeira, 4 em cada extremidade, sobre os dentes Gerber da estrutura de concreto. Por meio de macacos, todo o peso da estrutura metálica, foi gradualmente transferido para essas fogueiras, ao mesmo tempo em que eram retirados todos os equipamentos auxiliares de deslizamento.

A operação seguinte era a descida do trecho central até seu apoio definitivo sobre os dentes Gerber. Isto se fez usando os mesmos macacos que possibilitaram seu apoio inicial, retirando, peça por peça, os dormentes de madeira em ordem controlada.

Toda a operação de descida foi controlada por meio de "régua topográfica" instaladas nos extremos dos consolos. Por meio de torres fixas, foram observados, com luneta, os níveis durante toda a operação. Foi medida a flecha máxima nas extremidades dos consolos de 10 cm, em concordância com as previsões de projeto.

Em fevereiro de 1976, seis anos após o início da construção, a estrutura da ponte ficou totalmente concluída. ♦

# Cinpar 2009



5º Congresso  
Internacional  
sobre Patologia  
e Reabilitação  
de Estruturas

## O que os acidentes podem nos ensinar?

Fábio Luís Pedroso

Professor Paulo Helene mostra as lições aprendidas com os acidentes



“**T**enho esperança de que todos os acidentes e problemas que têm ocorrido nos últimos anos sejam registrados e divulgados. Nada é tão instrutivo para jovens engenheiros como o estudo dos acidentes e da sua correção. O diagnóstico desses acidentes, o entendimento dos mecanismos de ocorrência, é mais valioso que a descrição dos trabalhos bem

sucedidos. Também os engenheiros experientes aprendem com esses ensinamentos e lições dos acidentes que podem, inclusive, ocorrer nas suas próprias obras”.

Palavras tão atuais proferidas por Robert Stephenson, em 1856, quando de sua posse no Instituto dos Engenheiros Cíveis da Grã-Bretanha. Com elas, o professor da Escola Politécnica da USP, Paulo Helene, abriu sua palestra no 5º Congresso Internacional sobre Patologia e

Reabilitação de Estruturas, ocorrido de 11 a 13 de junho, em Curitiba.

As palavras de Stephenson definiram com perfeição o segundo dia de trabalhos no Cinpar 2009, quando as apresentações técnicas voltaram-se para a discussão do tema da inspeção, recuperação e reforço de estruturas de concreto.

Numa palestra didática, o professor Paulo Helene trouxe à memória dos presentes os acidentes recentes ocorridos em edifícios no Brasil para, em seguida, extrair as lições aprendidas com cada um deles e as medidas que a classe de engenheiros civis precisam ainda tomar para prevenir novos sinistros.

Os exemplos foram bem variados. Num dos casos mais conhecidos – o do edifício Palace II, no Rio de Janeiro – o diagnóstico dado foi o de erro de projeto. “A mídia apontou a causa errada ao falar da má qualidade da areia empregada no concreto usado no edifício. Na verdade, o que provocou o colapso foi um erro de desenho do projeto. A lição a ser aprendida é que os engenheiros precisam submeter seus

projetos e cálculos à revisão de seus pares”, frisou Helene.

Na maioria dos casos trazidos à discussão, o problema mais recorrente foi o relacionado com a má-execução. Justamente, na peça estrutural mais solicitada por cargas – o pé de pilar – é freqüente observar falhas de concretagem, com efeitos devastadores para a segurança e durabilidade da construção: corrosão de armaduras, perda de seção da armadura de ligação pilar-sapata, flambagem da armadura, patologias que, se não tratadas a tempo, levam inevitavelmente ao colapso da edificação.

“O ninho de concretagem em pé de pilar é a patologia mais comum, mas também a mais fácil de ser resolvida”, alertou Helene. A título de ilustração, o professor expôs os procedimentos corretivos necessários para solucionar este tipo de patologia em uma obra de seu tempo de engenheiro de construção. Para reparar a falha de concretagem, Helene fez a britagem de parte da peça com o problema executivo, sua limpeza e finalizou o procedimento com a injeção de graute com 60MPa.

## Reforço de estruturas com fibras de carbono

Em sua palestra no Cinpar 2009, a professora da Universidade Estadual de Maringá, Nara Villanova Menon, abordou o tema do reforço de estruturas com compósitos de fibras de carbono.

As primeiras pesquisas sobre tais compósitos, materiais construtivos com duas fases – as fibras (filamentos de pequeno diâmetro, de elevada resistência e módulo de elasticidade) e a matriz (massa dúctil, que envolve completamente a primeira fase, permitindo boa transferência de tensões) – foram feitas no Japão, há aproximadamente 25 anos, com o intuito de solucionar o problema de danos e colapso de edifícios provocados por abalos sísmicos. Em meados dos anos 80, o Laboratório Suíço de Materiais, através da

**Palestra da professora Nara Villanova Menon sobre reforço de estruturas de concreto com fibras de carbono**

figura de seu professor Urs Meier, realizou estudos para a utilização dos compósitos como reforço externo de peças de concreto armado, que levaram à sua primeira aplicação em uma obra real, em 1991, na Ponte Ibach, em Lucerna.

De lá para cá, a produção e demanda pelos compósitos com fibras de carbono vêm crescendo continuamente e a normalização de seu uso já vigora nos países que mais os usam: Estados Unidos, Japão e países europeus.



Abertura de faixas no recobrimento do concreto através de esmeril, com cerca de 50mm de largura e 15mm de profundidade



Aplicação de jatos de ar para eliminar impurezas, do adesivo nas faixas e nos laminados, colagem dos laminados nas faixas abertas no concreto

Nara expôs as aplicabilidades mais comuns para a utilização desses compósitos no reforço de estruturas de concreto armado: em vigas para o reforço à flexão e ao cisalhamento; encamisamento de pilar; reforço de lajes, de chaminés, de silos; entre outras.

Público presente no segundo dia de apresentações do Cinpar 2009



Outro caso emblemático, que ilustrou uma falha de projeto, ocorreu num edifício de escritórios, em 1999. Contratado para ampliar a área construída com três novos andares, o projetista não atentou para os problemas que poderiam acometer uma laje próxima à área de refrigeração do prédio. Com o tempo de uso, a percolação da água proveniente do ar condicionado foi ocasionando manchas de infiltração e fissuras na laje, que levou, finalmente, à corrosão e ao rompimento de um dos tirantes de sustentação dessa laje. Conseqüências: uma vítima fatal e um engenheiro preso.

Neste caso, o projeto pecou por não prever nenhum sistema de impermeabilização da laje acidentada e também pelo excesso de confiança do projetista: o desenho não buscou a redundância; “se onde havia dois tirantes tivessem sido dimensionados oito, o rompimento de um dos tirantes não teria ocasionado o acidente fatal”, opinou Helene.

“Os coeficientes de ponderação nas normas de projeto são coeficientes de segurança ou de minoração. Eles dão uma folga de 15 a 20% no estabelecimento da resistência da obra, para que, dentro dessa margem, os concretos recebidos na obra sejam aceitos”, acrescentou, para concluir: “mas, esses coeficientes não cobrem erros grosseiros, incompetência, mesquinhez, anti-ética e outras mazelas graúdas”.

Não faltaram casos tragicômicos. Num deles, o conduíte de energia elétrica foi disposto longitudinalmente na região de maiores esforços de uma marquise, causa de sua queda. Hilário, se não fosse trágico e custoso. Noutro exemplo, num edifício de escritórios em Brasília, a soma de projeto errado e de uso de materiais inadequados exigiu

como solução a troca de todas as 512 ancoragens, com custo 9 vezes maior do que o custo inicial.

O professor Helene encerrou sua palestra com um punhado de recomendações aos congressistas:

- ◆ Não se omitir nas inspeções e diagnósticos
  - ◆ Sempre registrar e documentar modificações e acréscimos às estruturas
  - ◆ Não menosprezar a influência nefasta de conduites, tubulações, drenos, caimentos, águas pluviais, inserts, etc
  - ◆ Preferencialmente, utilizar cobrimentos superiores a 50mm, tal com preconizada pela *Federation Internationale du Beton (fib)*
  - ◆ Utilizar concretos com valores de relação água/cimento inferiores a 0,5 (para os concretos com resistência maior do que 35MPa)
  - ◆ Utilizar armadura de compressão suficiente para, se preciso, pendurar a marquise, não a deixando desabar
  - ◆ Realizar inspeções e manutenções periódicas
- Por fim, deixou um questionamento:

“Não seria o caso de revisar o texto da NBR 6118/2003 nos seus estados limites de serviço, no sentido de ampliá-los segundo os parâmetros de durabilidade e a consideração dos riscos de corrosão em tirantes e armaduras tracionadas?”.

### Passivo construído e reforço de estruturas

Em nível internacional, à preocupação com as patologias construtivas advindas de

projetos mal formulados e execuções mal feitas, acrescenta-se o fator sísmico como mais um elemento a ser levado em conta nas pesquisas relacionadas à inspeção, recuperação e reforço de estruturas. Segundo o professor da Universidade de Aveiro, em Portugal, Humberto Varum, convidado como palestrante do Cinpar 2009, os edifícios dimensionados e construídos até o final dos anos 1970 não têm características sismo-resistentes. "São um patrimônio edificado em concreto armado de elevado risco potencial, tanto econômico como social", afirmou.

Para ele, nem o patrimônio construído no Brasil, país localizado no interior da placa tectônica Sul-Americana, está a salvo. "Já foram registrados vários sismos com intensidade superior a 5° na escala Richter no país. Felizmente, a maioria deles em regiões desabitadas; mas alguns deles em regiões povoadas, como os terremotos registrados em Sobral, no Ceará,



Professor Humberto Varum em sua apresentação sobre comportamento de estruturas de concreto sob abalo sísmico

em 2008; São Paulo, no mesmo ano; e Itacarambi, em Minas Gerais, em 2007". Tanto que o Brasil possui sua própria norma técnica de projeto de estruturas resistentes a sismos (ABNT NBR 15421).

Com relação às causas construtivas mais frequentes de danos e de colapso de edifícios relacionadas com sismos, Varum apontou:

- ◆ Inadequada quantidade ou pormenorização de estribos e cintas, tendo em vista a ductilidade e confinamento exigidos de uma estrutura
- ◆ Sobreposições inadequadas de aderências e ancoragens
- ◆ Inadequada capacidade resistente ao corte e à flexão
- ◆ Inadequada pormenorização de nós viga/pilar
- ◆ Alterações na resposta estrutural induzidas pelas paredes de alvenaria
- ◆ Irregularidades estruturais



Professor Paulo Helene autografa no Cinpar 2009 livro de sua autoria

# Ensaaios Não Destrutivos

Os ensaios não destrutivos, como o próprio nome diz, têm a finalidade de avaliar o estado de segurança e de desempenho de uma estrutura sem precisar destruí-la parcialmente.

Eles são aplicados à Engenharia Civil há mais de 50 anos.

Sua aplicabilidade é bastante extensa, mais em geral são usados para estimar a resistência do concreto, sua uniformidade, no sentido de detectar defeitos, estimar o desempenho da peça estrutural e, se necessário, intervir para reforçá-la.

O professor da Universidade Federal da Santa Catarina, Ivo Padaratz, trouxe aos congressistas os tipos mais comuns de ensaios não destrutivos realizados e suas

aplicabilidades. Segue um resumo de sua apresentação:

- **Esclerometria:** aparelho fornece um pequeno impacto sobre uma superfície e, em seguida, mede o tempo de retorno deste impacto; o processo possibilita avaliar a uniformidade do concreto em diferentes partes de uma estrutura; avaliar a resistência do concreto em estruturas muito extensas, poupando a extração de muitos testemunhos; acompanhar a evolução da resistência do concreto; e verificar a durabilidade potencial (espessura do cobrimento)

**Professor Ivo Padaratz aborda os ensaios não destrutivos**



- **Ultrassom:** transdutores de contato geram pulsos ultrasônicos e recolhem dados de retorno; o método possibilita estimar a resistência do concreto; determinar o módulo de elasticidade dinâmico; avaliar a uniformidade da peça estrutural; acompanhar a hidratação do cimento; detectar falhas de concretagem e fissuras; estudar a deterioração do concreto gerada por gelo e degelo, ataque de sulfatos, corrosão, ação de fogo, etc;
- **Eco-impacto:** processo de geração de ondas de tensão por impacto (semelhante a esclerometria); permite avaliar a espessura de pavimentos e de peças estruturais; detectar falhas internas; avaliar a profundidade de fissuras; avaliar a integridade de fundações profundas
- **Termografia Infravermelha:** ondas eletromagnéticas emitidas pela superfície da estrutura são captadas e analisadas por equipamento; o ensaio possibilita localizar defeitos em pavimentos e peças estruturais; localizar estruturas e paredes revestidas; identificar problemas de isolamento térmico em fachadas de edifícios; identificar vazamentos e infiltrações; entre outras aplicações
- **Radar de sub-superfície ou radar de penetração no solo:** dispositivos promovem a propagação de ondas eletromagnéticas, cuja leitura permite detectar e localizar barras de armaduras e outros elementos metálicos; monitorar vazios e delaminações em pavimentos; identificar variação de seção em pavimentos; identificar detalhes construtivos; estimar a espessura de pavimentos e de elementos estruturais; identificar falhas de concretagem; detectar salinidade.

Segundo o palestrante, uma abordagem técnica global de reforço de uma edificação, com vistas a diminuir sua vulnerabilidade, aumentando sua capacidade resistente e de dissipação de energia, deve considerar:

- ◆ Os resultados de uma avaliação rigorosa
- ◆ A definição do nível de segurança desejado
- ◆ A importância econômica, social e cultural do edifício
- ◆ Os custos da intervenção e manutenção
- ◆ O nível de intrusão
- ◆ O período de interrupção na utilização do edifício

◆ As restrições arquitetônicas

Como reforço global do sistema estrutural, foram exemplificados:

- ◆ Adição de paredes resistentes de concreto armado

- ◆ Contraventamentos metálicos
  - ◆ Isolamento da base
  - ◆ Sistemas passivos de dissipação de energia
  - ◆ Redução da massa do edifício
- Em nível local:
- ◆ Injeção de resinas epóxi
  - ◆ Encamisamento: metálico, de concreto armado, de fibras de carbono
  - ◆ Concreto projetado
  - ◆ Redução de seção de pilares, vigas, paredes
  - ◆ Eliminação de paredes de enchimento
  - ◆ Correção da armadura

Como arremate, o professor fez uma exposição dos resultados dos ensaios realizados na Universidade de Aveiro em pórticos à escala real submetidos à ação sísmica simulada (projeto ICONS). Os objetivos dos ensaios são: a avaliação experimental da vulnerabilidade dos edifícios

# Inspeção e Intervenção no Estádio Municipal do Pacaembu

O Estádio Municipal Paulo Machado de Carvalho, conhecido como Pacaembu, que, em tupi, significa terras alagadas, foi construído entre 1938 e 1940. Projetado pelo Escritório Ramos de Azevedo para comportar 70 mil pessoas, em 1970, o estádio foi expandido com a construção do Tobogã, substituindo a Concha Acústica, o que possibilitou elevar o público em 15 mil pessoas.

De 2006 a 2008, o estádio, Patrimônio Cultural da Cidade de São Paulo, sofreu nova intervenção em suas dependências: agora, para instalar o Museu do Futebol. Seu projeto arquitetônico, de autoria do arquiteto Mauro Munhoz, adotou como critério básico que toda intervenção na estrutura existente para executar o Museu ficasse aparente. Dentre elas, citam-se: eliminação de pilares para a implantação de auditório; implantação de saídas de emergência; implantação de passarelas para interligação dos setores; retirada de lajes e vigas para ampliação dos espaços, demandando o envelopamento dos pilares; fechamento de lajes das escadas e elevadores; e implantação de pisos.

Responsável pelo projeto estrutural de implantação do Museu do Futebol, o engenheiro da Engeti Consultoria e Engenharia, Júlio Timerman, esteve no Cinpar 2009, para contar sobre os desafios da empreitada.

A vistoria do Estádio encontrou diversas patologias, tais como: cobertura de apenas 0,5cm das lajes e vigas (em 1938, não havia preocupação da norma técnica de projeto de estruturas de concreto com a durabilidade); pilares com perda de seção, devido à corrosão de armaduras (sem, no entanto, segundo Timerman, comprometer o uso do estádio); percolação



Escavação de bloco de fundação para inspeção e seu reforço estrutural



Execução de passarela para o Museu do Futebol



Trabalhos para a inspeção e reforço de viga sob a arquibancada



Engenheiro Júlio Timerman em interação com os congressistas

de água nas arquibancadas pelas juntas de dilatação; pilar rompido sob arquibancada na ala leste (o diagnóstico dado foi de que a viga empurrou o pilar no momento da inauguração do estádio); viga de travamento rompida na ala oeste.

Dentre as medidas corretivas e de reforço que foram tomadas, citam-se: o reforço da fundação com estaca-raiz; o reforço de vigas e pilares; a impermeabilização das arquibancadas e veda-juntas; e a protensão de viga (veja as fotos).

“O engenheiro de recuperação tem que mostrar como fazer a intervenção, não apenas apresentar seu projeto”, salientou Timerman, repercutindo observação feita pelo engenheiro Thomaz Ripper em sua palestra no dia anterior.



Varum e Timerman respondem as perguntas dos congressistas

existentes em concreto armado; a avaliação experimental da influência das paredes de alvenaria na resposta global dos edifícios; e a avaliação experimental das diversas soluções de reforço.

As principais conclusões foram:

- ◆ Soluções de reforço adequadamente selecionadas podem reduzir consideravelmente a vulnerabilidade e o risco de edificações aos sismos
- ◆ Modelos matemáticos refinados e devidamente calibrados são capazes de

reproduzir adequadamente a resposta de estruturas existentes aos sismos

- ◆ Modelo dinâmico não-linear simplificado pode ser utilizado para avaliação de estruturas irregulares
- ◆ Métodos e procedimentos para avaliação da distribuição ótima do reforço são ferramentas úteis para a decisão de reforço de edifícios existentes

Saiba mais: [www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br)

## A inspeção, recuperação e proteção do Cais do Terminal Graneleiro do Guarujá

O Cais Graneleiro do Guarujá, em São Paulo, é uma estrutura de 567m de comprimento, construída em 1955, que consiste de plataformas separadas de trabalho (124m x 14m); três dolphins de amarração; duas pontes de acesso (45m x 7,8m) e 1458 estacas.

A empresa Exata Engenharia realizou recentemente uma intervenção na estrutura para aumentar sua largura (com o objetivo de que fosse possível utilizar um equipamento carregador de navios com maior distância entre trilhos) e para devolver sua capacidade resistente (com a recuperação e reforço das estacas existentes). O engenheiro Thomas Carmona participou de todo o processo de inspeção e recuperação e contou aos congressistas detalhes dele.

Após a realização da inspeção visual e submersa da estrutura e dos ensaios de laboratório (profundidade de carbonatação; potencial de corrosão; teor de cloretos e sulfatos no concreto; resistência à

compressão; ultrassom; esclerometria), foi constatada as patologias de perda de seção das estacas, de perda de seção das armaduras, de lixiviação do concreto da laje e das estacas (a solução ácida, formada de água e enxofre que cai das correias transportadoras, remove a pasta de cimento, diminuindo os cobrimentos, penetra no concreto e corrói as armaduras). Os ensaios encontraram corrosão de armaduras em altas profundidades: 12m abaixo da superfície e 1m abaixo do leito marinho).

A terapia aplicada foi a recuperação de algumas estacas e das lajes, assim como a protensão superficial destas. A estrutura foi dividida em lotes. Cada lote foi analisado para levantar os danos existentes e estipular os reparos necessários em cada estaca do lote. A execução do reforço das estacas levou em conta o mínimo de estacas que deveriam ser recuperadas por lote para assegurar a segurança estrutural do Cais. ◆

# Concreto autoadensável de alta resistência mecânica e baixo consumo de cimento

T. Catoia • *doutorando*

T. A. C. Pereira • *mestrando*

B. Catoia • *doutoranda*

J. E. R. Sanches Jr. • *mestrando*

E. Catai • *doutorando*

J. B. L. Liborio • *Coordenador do Laboratório de Materiais Avançados à Base de Cimento  
Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) – Universidade de São Paulo (USP)*

## 1. Introdução

O concreto autoadensável foi inicialmente desenvolvido no Japão, devido à necessidade da obtenção de estruturas duráveis levando em consideração a escassez de mão-de-obra especializada que desempenhasse um adequado serviço de compactação. Assim, em 1988, foi desenvolvido, no Japão, um concreto de alto desempenho com uma excelente deformabilidade no estado fresco e alta resistência à segregação. Este concreto que possui a capacidade de se moldar nas fôrmas sem vibração ou compactação, passando coeso através das armaduras, foi denominado de concreto autoadensável.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar a dosagem de um concreto autoadensável com baixo consumo de cimento, utilizando técnicas de empacotamento de partículas. O desempenho do concreto fresco foi verificado através de ensaios reológicos como o da caixa em "L", do Funil "V" e do Slump-flow. Além disso, seu desempenho mecânico foi avaliado pelo ensaio de compressão axial simples, tração por compressão simples diametral e determinação do módulo de elasticidade, nas idades de 3, 7, 14 e 28 dias.

O desenvolvimento de um concreto autoadensável com baixo consumo de cimento pos-

sibilitará ao construtor produzir concretos que garantam: facilidade de montagem, produção de misturas mais trabalháveis, menor custo de lançamento, menor tempo e esforço, baixo nível de ruído na execução, bom acabamento superficial, além de contribuir para a redução do impacto ambiental causado pela produção dos materiais constituintes como o clínquer.

## 2. Procedimento experimental

### 2.1 SELEÇÃO DOS MATERIAIS

Os materiais foram escolhidos de acordo com a disponibilidade existente na região de São Carlos (SP, Brasil), além da qualidade e do custo referente a cada material. Foram empregados agregados com diversas composições granulométricas com o intuito de reduzir os vazios entre as partículas de agregados e proporcionar um adequado empacotamento das partículas constituintes do concreto.

Para a produção do concreto autoadensável, foi utilizado como adição a sílica ativa de ferro-silício com o intuito de aumentar a quantidade de finos na mistura, possibilitando um aumento da coesão, o que impede a segregação de agregados em misturas mais fluidas. Essa adição pode também auxiliar o ganho de

Tabela 1 – Características dos Agregados Graúdos

Agregado Graúdo	Massa Específica (kg/dm <sup>3</sup> )	Massa Unitária Solto (kg/dm <sup>3</sup> )	Massa Unitária Compactado (kg/dm <sup>3</sup> )	Dimensão Máxima Característica (mm)	Módulo de Finura	Classificação
B0	2,86	1,46	1,54	6,3	4,84	Pedrisco
B1	2,86	1,49	1,66	12,5	6,93	Brita nº 1

resistência mecânica do concreto, através do efeito filler e da reação pozolânica.

Empregaram-se areias mais finas que as comumente utilizadas na produção de concreto, com o intuito de proporcionar uma melhora na coesão da mistura sem o aumento do consumo de aglomerantes, além de evitar a necessidade do emprego de aditivos modificadores de viscosidade. Isso pode reduzir significativamente o custo do concreto, já que ocorrerá economia dos materiais mais significantes no custo total.

Optou-se pelo emprego de um aditivo superplastificante devido à necessidade da alta fluidez para o auto-adensamento, sem um aumento efetivo de água de amassamento; com isso, refina-se a porosidade da mistura, o que permite melhorar a resistência e a durabilidade dos concretos. Além disso, o uso do aditivo superplastificante também é justificado pela utilização de agregados e aglomerantes mais finos, pois esses requerem mais água de amassamento do que os materiais utilizados em concretos convencionais.

O cimento escolhido foi o CP III 40 RS, que, além de apresentar elevada compatibilidade com o aditivo empregado, possibilita um baixo calor de hidratação devido à presença de escória na sua composição para a resistência ao sulfato (RS); isso também vislumbra a utilização de um aglomerante com menos clínquer, que é a matéria prima do concreto

que requer mais recursos naturais, sem contar que a escória e a sílica ativa são rejeitos de outros segmentops industriais.

## 2.2 CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

Para a caracterização dos agregados empregados no concreto em estudo, foram realizados diversos ensaios, seguindo recomendações de normas brasileiras vigentes, que determinaram: composição granulométrica, dimensão máxima característica, módulo de finura, classificação granulométrica, massa unitária no estado compactado seco; massa unitária no estado solto; e massa específica. As características do cimento, aditivo e adição foram fornecidas pelos fabricantes dos produtos disponíveis no mercado.

Foram utilizados dois tipos de agregados graúdos, denominados B0 e B1, cujas características são apresentadas na tabela 1.

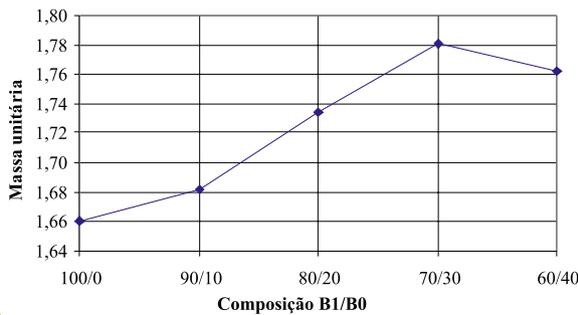
Foram utilizados três tipos de agregados miúdos, denominados A1, A2 e A3, cujas características são apresentadas na tabela 2.

O cimento empregado (CP III 40 RS) corresponde a um cimento Portland comum com adição de escória de alto forno, com classe de resistência de 40 MPa, e resistente a sulfatos devido a alta pozolanicidade. Foi utilizada como adições a sílica ativa de Fe-Si, com massa específica de 2,10 kg/dm<sup>3</sup> e área específica de 20.000 m<sup>2</sup>/kg. O aditivo selecionado foi o Glenium 51,

Tabela 2 – Características dos Agregados Miúdos

Agregado Graúdo	Massa Específica (kg/dm <sup>3</sup> )	Massa Unitária Solto (kg/dm <sup>3</sup> )	Massa Unitária Compactado (kg/dm <sup>3</sup> )	Dimensão Máxima Característica (mm)	Módulo de Finura	Classificação
A1	2,64	1,62	1,67	2,4	2,58	Areia Média
A2	2,63	1,58	1,62	2,4	2,03	Areia Fina
A3	2,63	1,38	1,59	0,3	2,14	Areia Muito Fina

Figura 1 – Empacotamento dos Agregados Graúdos



que corresponde a um aditivo superplastificante de 3ª geração a base de policarboxilatos com teor de sólidos de 31 % .

### 2.3 EMPACOTAMENTO DAS PARTÍCULAS

Após a caracterização dos materiais foram estudadas as melhores composições de mistura entre eles. Várias propriedades do concreto fresco e endurecido estão relacionadas ao empacotamento das partículas que os constituem. O empacotamento de partículas é um fator que, além de tornar os produtos constituídos mais econômicos, tende a produzi-los sem grandes alterações volumétricas.

O empacotamento de partículas é definido por McGeary como o problema da correta seleção da proporção e do tamanho adequado dos materiais particulados, de maneira que os vazios maiores sejam preenchidos com partículas menores, cujos vazios serão novamente preenchidos com partículas ainda menores e assim sucessivamente.

Diversos modelos de empacotamento de partículas, como os de Furnas, Alfred e Andreasen, determinam a distribuição granulométrica que propicia a maior eficiência do empacotamento, ou seja, a maior densidade do material particulado.

No presente trabalho não foram utilizados modelos teóricos e sim o método prático indicado por Paulo Helene e Paulo Terzian no "Manual de dosagem e controle do concreto". Esse método consiste na determinação experimental da massa unitária no estado compactado seco de diferentes combinações de proporções dos dois componentes em que se deseja obter o melhor empacotamento. A melhor proporção entre os componentes corresponde aquela que apresentar a maior massa unitária, indicando a

melhor condição de preenchimento dos vazios entre as partículas.

Utilizando este método é possível determinar a melhor proporção entre dois componentes e, em seguida, fixar esta proporção para compor com um terceiro componente, e assim sucessivamente, desde que as composições sigam a ordem decrescente das dimensões dos componentes. O referido método de empacotamento foi empregado para a determinação das melhores proporções entre os agregados graúdos e entre os agregados miúdos selecionados.

Para facilitar a compreensão do método e determinação da melhor composição foram elaborados gráficos que apresentam a variação de massa unitária com a variação de proporção dos agregados em estudo.

Analisando os valores de massa unitária no estado compactado seco, para as diferentes composições entre os agregados B1/B2, apresentadas na figura 1, pode-se dizer que a composição que apresenta o melhor empacotamento, preenchendo melhor os vazios entre as partículas e tendo a maior massa unitária é a composição de 70 % de B1 e 30 % de B2, utilizada como composição dos agregados graúdos.

No estudo do empacotamento dos agregados miúdos, inicialmente, foi determinada a melhor composição entre os agregados A1 e A2, definindo uma composição C1 e, em seguida, foi determinada a melhor composição entre C1 e A3; por fim, foi calculada a proporção dos três agregados miúdos para determinar a composição de agregados miúdos utilizada na produção do concreto. Os valores de massa unitária no estado compactado seco, para as diferentes composições entre os agregados A1 e A2 são apresentados na figura 2.

Figura 2 – Empacotamento dos Agregados Miúdos A1 e A2

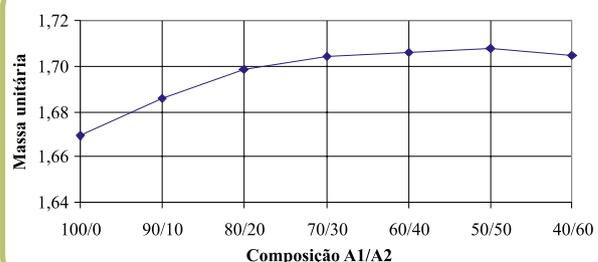
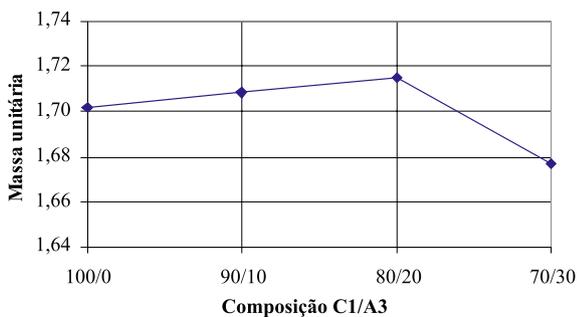


Figura 3 – Empacotamento dos Agregados Miúdos C1 e A3



A melhor composição entre A1 e A2 corresponde a 70 % de A1 e 30 % de A2, pois, apesar de haver um acréscimo na massa unitária nos dois pontos seguintes, o incremento é muito ténue; portanto, a referida proporção é mais indicada uma vez que possui menor área superficial e foi adotada definindo C1. Os valores de massa unitária no estado compactado seco, para as diferentes composições entre C1 e A3, são apresentados na figura 3.

Através da figura 3, definiu-se a melhor composição em 80 % de C1 e 20 % de A3. Portanto, utilizando o estudo de empacotamento apresentado, foi definida a melhor composição entre os agregados miúdos selecionados em 20 % de A3, 56 % de A2 e 24 % de A1.

## 2.4 DOSAGEM DO CONCRETO AUTOADENSÁVEL

O estudo de dosagem do concreto foi iniciado analisando a pasta contendo cimento, adição aditivo e água; em seguida, misturando

Figura 4 – Medida de espalhamento da pasta em ensaio de Kantro.



a pasta com agregado miúdo, analisou-se a argamassa; e, por fim, acrescentando agregado graúdo à argamassa, analisou-se o concreto.

A avaliação da pasta foi feita através do ensaio de Kantro ou miniabatimento, que consiste na realização de um ensaio de espalhamento com uma pequena quantidade de pasta em um minitronco de cone, com o objetivo de analisar a variação de plasticidade da mistura em função do tempo, devido à variação do teor de aditivo.

Neste ensaio, prepararam-se seqüências de misturas gerando diferentes composições de pastas, em que foram fixas as quantidades de aglomerante e a relação água/aglomerante, variando-se somente o teor de superplastificante de forma a permitir estudar a eficiência do aditivo em conjunto com os aglomerantes e avaliar teores de aditivo que possibilite a fluidez compatível. A figura 4 exemplifica a análise da fluidez da pasta, através da medida de espalhamento.

Outro fator importante na realização desse ensaio é a determinação do teor de satu-

Figura 5 – Avaliação da argamassa em cone de Marsh



ração do aditivo, que indica um teor a partir do qual não haverá acréscimo significativo no espalhamento da pasta com o aumento do teor de aditivo.

O estudo da argamassa tem o intuito de torná-la capaz de fornecer ao concreto características auto-adensáveis. A argamassa foi analisada através da realização do ensaio denominado cone de Marsh, demonstrado na figura 5, que corresponde a análise de fluidez da argamassa medindo o tempo de escoamento de uma determinada quantidade de material em um cone com medidas e abertura padronizada.

A partir do estudo da argamassa, determinou-se um traço correspondente a 1:0,1:3,4 (cimento:sílica ativa:areia) e um teor de aditivo equivalente a 1,5 %, que forneceram à argamassa boas condições de fluidez, de forma a possibilitar auto-adensabilidade ao concreto. O consumo de aditivo foi determinado ponderando a quantidade de água com o teor de aditivo, além de levar em conta o custo do produto e o teor de saturação do aditivo com os aglomerantes.

Fixou-se o teor de sílica ativa em 10 % em adição a massa de cimento para contribuir com a coesão e evitar a segregação do concre-

Figura 6 – Concreto reodinâmico com o mínimo teor de argamassa



to, além desse teor representar um significativo refinamento da porosidade.

Para determinação do traço do concreto, fixou-se o traço da argamassa definido e acrescentou-se agregado graúdo em várias etapas, de forma a se obter um concreto com trabalhabilidade e fluidez, típicas de um concreto autoadensável, com o mínimo teor de argamassa e o conseqüente consumo reduzido de cimento.

O concreto com o mínimo teor de argamassa que ainda apresentou características reodinâmicas pode ser observado na figura 6. Partindo do traço da argamassa e com teor mínimo de argamassa determinado, correspondente a 60 %, determinou-se o traço final do concreto 1:0,1:3,4:3,0 (cimento:sílica ativa:areia:pedra).

## 2.5 ENSAIOS REOLÓGICOS DO CONCRETO

Para avaliar o desempenho reológico do concreto, foi realizado o ensaio de espalhamento, o teste da Caixa-L e a análise de escoamento em funil V, além de avaliar visualmente a ocorrência ou não de segregação nos corpos de prova, após rompimento em ensaio de compressão diametral.

O ensaio de espalhamento (Slump-Flow) foi realizado no mesmo tronco de cone utili-

Figura 7 – Medida de espalhamento do concreto

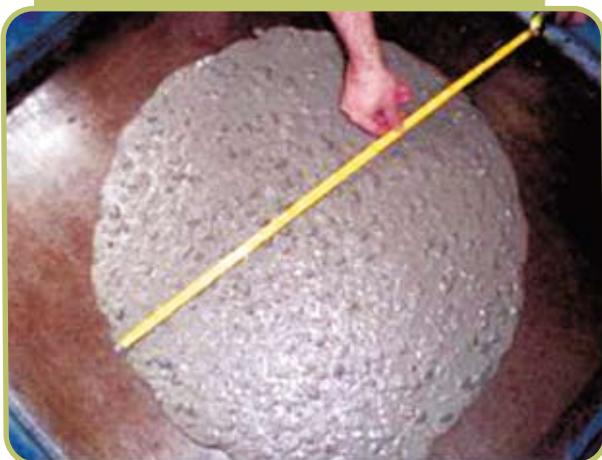


Figura 8 –Ensaio da Caixa L



Figura 9 – Ensaio do Funil V



zado na medida de consistência (Slump Test), medindo o espalhamento ( $d$ ) do concreto no lugar do abatimento e determinado o tempo que o concreto levou para apresentar o espalhamento de 50 cm ( $t_{50}$ ).

Este ensaio teve como objetivo avaliar a fluidez do concreto, além de proporcionar a visualização da sua capacidade de escoamento e deformabilidade, devido ao seu peso próprio. O ensaio ainda permitiu uma avaliação visual da mistura, como apresentado na figura 7, verificando a não ocorrência de segregação e a inexistência de exsudação.

O teste da Caixa-L foi realizado para analisar a capacidade do concreto de fluir por obstáculos que simulam as armaduras, além de sua deformabilidade, resistência ao bloqueio e resistência à segregação. O ensaio consistiu em preencher a parte vertical da caixa de concreto e levantar a comporta deixando com que o concreto fluísse entre a armadura presente na transição vertical – horizontal, como demonstrado na figura 8.

Neste ensaio, foram medidos os tempos que o concreto levou para percorrer 20 cm ( $t_{20}$ ) e 40 cm ( $t_{40}$ ), após passar pelas barras de bloqueio, e as alturas de concreto no início

( $h_1$ ) e no final ( $h_2$ ) da caixa L, para determinar a relação  $h_2/h_1$ .

O escoamento em funil V possibilitou medir o tempo em que o volume de concreto, aproximadamente igual a 10 litros, escoou até o afunilamento total da massa. Inicialmente, encheu-se o funil até a sua borda, abriu-se o orifício da parte inferior e cronometrou-se o tempo ( $t$ ) que o concreto demorou para passar pelo funil. A figura 9 demonstra o escoamento do concreto no funil V, que ocorreu ininterruptamente, indicando o bom escoamento do material.

## 2.6 ENSAIOS MECÂNICOS DO CONCRETO

Para avaliação do desempenho mecânico do concreto foram moldados corpos de prova cilíndricos, com diâmetro de 100 mm e altura de 200 mm (ABNT NBR 5738); os ensaios foram realizados nas idades de 3, 7, 14 e 28 dias em um atuador hidráulico servo-controlado.

Os ensaios de compressão axial simples foram executado segundo a ABNT NBR 5739, com velocidade de carregamento constante e igual a 0,6 MPa/s. Os ensaios de compressão diametral seguiram recomendações da ABNT NBR 7222, com velocidade de carregamento constante e igual a 0,06 MPa/s, utilizando um aparato para solicitar o corpo de prova na direção diametral.

A figura 10 apresenta um corpo de prova com idade de 3 dias rompido por fendilhamento no ensaio de compressão diametral, em que é possível observar a uniforme distribuição dos

Figura 10 – Corpo de prova após ruptura no ensaio de compressão diametral

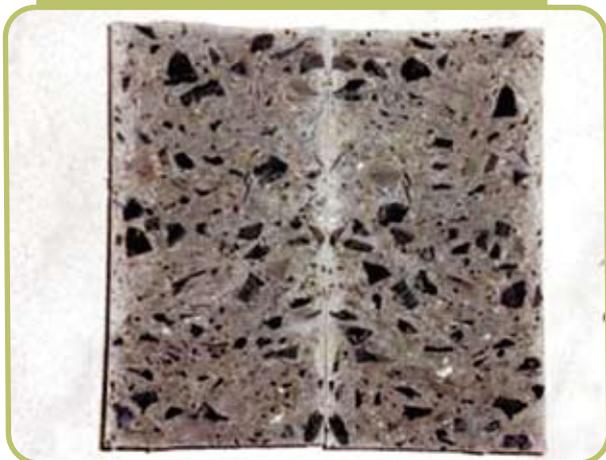


Tabela 3 – Valores dos Ensaios de Avaliação Reológica do Concreto

Ensaio	Slump-Flow		Funil V t (s)	Caixa L		
	d (cm)	t <sub>50</sub> (s)		(h <sub>2</sub> /h <sub>1</sub> )	t <sub>20</sub> (s)	t <sub>40</sub> (s)
Concreto Estudado	66,5	7	5	0,81	1,0	2,0
Limites	60 a 70	4 a 10	< 10	≥0,8	≤1,0	≤2,0

agregados graúdos na altura do corpo de prova, comprovando a inexistência de segregação. Outro fator importante a se observar na figura 10 é o rompimento dos agregados graúdos, evidenciando a forte ligação argamassa-agregado, já aos 3 dias, ocasionada pelo refinamento da porosidade, ao contrário dos concretos convencionais em que a ruptura ocorre descolando os agregados graúdos da argamassa.

A determinação do módulo de elasticidade foi realizada segundo a ABNT NBR 8522 solicitando o corpo de prova à compressão axial simples com velocidade de carregamento de 0,6 MPa/s até aproximadamente 80 % da carga de ruptura, determinada em ensaio de compressão axial simples, realizando medições de deslocamento a cada 2 segundos através de transdutores elétricos de base removível, posicionados diametralmente opostos no corpo de prova.

Tabela 4 – Valores dos Ensaios Mecânicos e Características do Traço

Concreto Estudado		
Traço em massa	1:m (kg)	1:6,5
Consumo de Cimento por m <sup>3</sup>		288,5
Relação água/cimento		0,58
Teor de argamassa (%)		60
Cura		Úmida
F <sub>ci</sub> (MPa)	3 dias	32,0
	7 dias	40,6
	14 dias	59,7
	28 dias	59,9
F <sub>ctj</sub> (MPa)	3 dias	3,1
	7 dias	3,3
	14 dias	4,2
	28 dias	4,2
E <sub>i</sub> (GPa)	3 dias	30,3
	7 dias	32,2
	14 dias	35,9
	28 dias	39,3

### 3. Resultados

Os resultados dos ensaios reológicos do concreto são apresentados na tabela 3 juntamente com os limites para obtenção de um concreto autoadensável.

Pôde-se observar durante os diferentes ensaios que o concreto não apresentou, em nenhum momento, exsudação ou segregação visível e, de acordo com a tabela 3, os parâmetros avaliados se apresentaram entre os limites estabelecidos; com isso, o concreto pode ser classificado como autoadensável.

Na tabela 4, são apresentados os resultados dos ensaios mecânicos, assim como algumas características do traço elaborado.

Avaliando a tabela 4, pode-se dizer que o concreto apresentou elevado desempenho mecânico, apresentando elevada resistência à compressão axial simples e elevado módulo de elasticidade, além de necessitar de um reduzido consumo de cimento.

### 4. Conclusões

Através das análises do concreto no estado fresco e endurecido, conclui-se que os objetivos do trabalho foram alcançados, demonstrando a possibilidade de produção de um concreto autoadensável com baixo consumo de cimento e baixo teor de argamassa, comparado com os teores indicados pela literatura, além de apresentar um elevado desempenho mecânico e utilizar materiais disponíveis comercialmente.

### 5. Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelos apoios concedidos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [01] FIGUEIRÔA, J. P. & ANDRADE, T. O ataque da reação álcali-agregado sobre as estruturas de concreto: a descoberta pioneira da ocorrência do problema em fundações de pontes e edifícios na Região Metropolitana do Recife. Recife, 2007.
- [01] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 7217 – Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 1987.
- [02] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 7211 – Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 1983.
- [03] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 7810 – Agregado em estado compactado e seco – Determinação da massa unitária. Rio de Janeiro, 1993.
- [04] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 7251 – Agregado em estado solto – Determinação da massa unitária. Rio de Janeiro, 1982.
- [05] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 9937 – Agregados – Determinação da absorção e da massa específica de agregado graúdo. Rio de Janeiro, 1987.
- [06] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 9776 – Agregados – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman. Rio de Janeiro, 1987.
- [07] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 10908 (MB-2645) – Aditivos para argamassa e concreto – Ensaios de uniformidade. Rio de Janeiro, 1990.
- [08] McGEARY, R. K.. Mechanical packing of spherical particles. Journal of the American Ceramic Society, v.44, 1961.
- [09] MELO, A.B.. Influência da cura térmica (vapor) sob pressão atmosférica no desenvolvimento da microestrutura dos concretos de cimento Portland. Tese (Doutorado) – Interunidades em Ciências e Engenharia de Materiais, EESC / IQSC / IFSC, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.
- [10] GOMES, P.C.C.. Optimization and characterization of high-strength selfcompacting concrete. Tese Escola Técnica Superior D'Enginyers de Camins, Universitat Politècnica de Catalunya, Catalunya, 2002. ◆



# Programa IBRACON de Qualificação e Certificação de Pessoal



Entidade foi acreditada pelo INMETRO para certificar mão-de-obra da construção civil



O **IBRACON** é **Organismo Certificador de Pessoas**, estatuto conferido pelo **INMETRO**.

Sua acreditação está registrada no número **OPC-010**. Como primeira etapa dessa conquista o **IBRACON** está certificando profissionais dos **Laboratórios de Controle Tecnológico do Concreto**.

O certificado atesta que o profissional domina os conhecimentos exigidos para a realização de atividades de controle tecnológico do concreto, dentre os quais as especificações e procedimentos de ensaios contidos nas normas técnicas.

Este é mais um diferencial competitivo para sua empresa: a garantia de profissionalização de seu quadro de funcionários!

As inscrições estão permanentemente abertas.

**PARA MAIS INFORMAÇÕES**

**Acesse:** [www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br) | **Ligue:** 11-3735-0202 | **Email:** [certificacaoibracon@yahoo.com.br](mailto:certificacaoibracon@yahoo.com.br)

## Perspectivas para o mercado da Construção Civil no segundo semestre de 2009

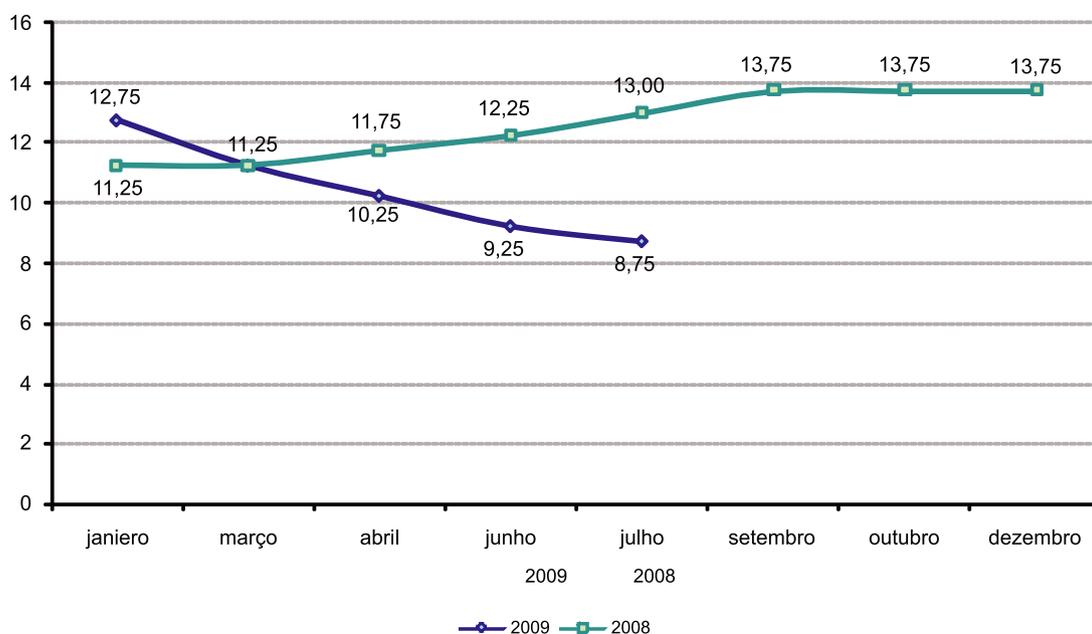
Samara Miyagi • *Analista Setorial*  
All Consulting

A conjuntura macroeconômica do País fechou o primeiro semestre do ano apresentando instabilidade e ainda enfrentando os reflexos negativos da forte crise financeira mundial iniciada em outubro do ano passado. Contudo, o governo tem intensificado os esforços para reverter esse quadro e recuperar os índices de crescimento registrados anteriormente, com ações como a de incentivo ao crédito habitacional, redução de impostos para diversos insumos e financiamentos atraentes para a população de menor renda.

Outro importante movimento que tem contribuído para o aquecimento do mercado interno é a gradual redução na taxa básica de juros, sendo que, na última reunião do Comitê de Política Monetária do Banco Central (Copom), realizada em julho/09, a Selic passou a 8,75% ao ano.

O reflexo mais representativo da queda da Selic é a conseqüente redução de outras taxas, como as utilizadas no crédito imobiliário oferecido pelos bancos públicos e privados que operam no Sistema Financeiro

Evolução da Taxa Selic (em %)



## Lucratividade das Ações das Construtoras (em % - 2009)

AÇÃO	Lucratividade (%) - MAIO			Lucratividade (%) - JUNHO		
	Mês	Ano	12 meses	Mês	Ano	12 meses
ABYARA	-5,8	+62,3	-87,1	+14,9	+86,4	-78,9
AGRA INCORP.	-4,7	+21,7	-71,9	+28,0	+55,8	-68,0
BROOKFIELD*	+8,7	+71,4	-53,6	+6,8	+83,0	-47,4
CC DES IMOB	+17,4	+61,3	-60,5	-1,8	+58,4	-56,6
CR2	-2,9	+54,6	-56,4	-10,8	+37,9	-43,1
CYRELA REALT	+12,5	+66,4	-43,9	-1,7	+63,6	-32,0
EVEN	-6,5	+16,4	-71,4	+2,1	+18,9	-62,7
EZTEC	+25,7	+91,4	-16,4	+5,6	-102,1	+1,1
GAFISA	-5,2	+71,5	-50,5	-7,9	+57,9	-40,1
HELBOR	+20,8	+93,5	-45,9	+22,3	+136,7	-29,8
INPAR S.A	-7,3	+60,6	-75,1	-1,9	+57,6	-67,1
JHSF PART	+6,3	+20,2	-78,1	-1,6	+18,2	-75,7
JOÃO FORTES	+12,2	+50,4	-45,4	+6,4	+60,0	-31,6
KLABINSEGALL	+9,5	-1,7	-80,2	+36,4	+34,0	-68,3
MRV	+29,7	+181,2	-30,2	+0,2	+181,8	-22,2
PDG REALT	+12,3	+107,5	-13	-5,2	+96,7	-3,2
RODOBENS IMOB	+15,3	+120,5	-29,2	+7,2	+136,4	-6,3
ROSSI RESID.	+9,4	+118,6	-48,0	+1,2	+121,3	-30,3
SERGEN	+32,4	-10,0	-57,8	+28,9	+16,0	-33,7
TECNISA	-4,6	+56,8	-43,4	+7,3	+68,2	-28,4
TENDA	-1,9	+219,8	-71,0	-9,4	+189,7	-70,0
TRISUL	+5,2	+29,2	-62,3	+20,4	+55,6	-47,0

\* Até o mês de maio as ações eram negociadas como Braskan Residencial

Fonte: BM&Fbovespa

Elaboração: All Consulting

de Habitação (SFH). Isso porque as menores taxas aplicadas nos financiamentos estimulam uma maior demanda por parte da população, o que beneficia diretamente o mercado imobiliário.

Além disso, a queda nas taxas de juros também pode estimular a entrada de um montante maior de capital estrangeiro no País, de modo a beneficiar a movimentação financeira no Brasil.

Como as iniciativas públicas de incentivo ao setor da construção ainda podem ser consideradas recentes e tendo em vista que ainda existe muita insegurança por parte da população em relação aos investimentos de longo prazo devido ao cenário econômico conturbado, pode-se inferir que os resultados mais expressivos para as construtoras devem ser sentidos a partir do início de 2010; porém, neste segundo semestre do ano, o cenário já deverá apresentar melhora em relação aos primeiros meses de 2009.

Deve-se ressaltar também que um dos

principais focos do setor da construção civil para a segunda metade do ano deverá ser o mercado de moradias para a baixa renda, tendo em vista o forte incentivo recebido por este segmento através dos programas de governo. Valendo-se desse cenário positivo, muitas das principais construtoras do País aumentaram seu mercado de atuação, de modo a atender também a demanda por imóveis de menor valor.

Atualmente, o setor de construção civil possui 22 empresas com ações sendo negociadas na BM&Fbovespa. Com a forte desvalorização sofrida principalmente no último trimestre de 2008, esse mercado deixou de ser um grande atrativo para as companhias, que antes viam nele uma possibilidade de se capitalizar.

Contudo, com a melhora gradual apresentada pela economia com um todo já no segundo trimestre de 2009, o mercado acionário também foi beneficiado e as ações das construtoras começaram a se recuperar

e voltaram a registrar valorização, porém ainda bem abaixo dos valores negociados até o advento da crise.

De acordo com os resultados apresentados no primeiro semestre, as construtoras apresentaram considerável alta na lucratividade no período.

A tendência para os próximos meses é de que as ações das empresas listadas continuem a registrar variação positiva. Além disso, o retorno dos recursos estrangeiros à bolsa de valores, que contribuiu significativamente para a recente valorização das ações de empresas ligadas à construção civil, reafirma também a perspectiva de um cenário positivo para o setor. Contudo, deve-se ressaltar que a completa recuperação do valor de mercado dessas ações somente deverá ocorrer nos próximos anos.

De uma maneira geral, existem alguns pontos que poderão influenciar de forma positiva ou negativa no desempenho do setor nesta segunda metade do ano. Poderão ameaçar uma mais rápida recuperação dos resultados das construtoras, fatores como: a alta nos preços de algumas commodities, que poderão elevar os custos dos materiais

de construção; queda no nível de emprego e renda da população e menor disponibilidade de crédito no mercado.

Em contrapartida, poderão contribuir para uma continuidade nos resultados positivos do setor, fatores como: intensificação dos programas governamentais voltados à habitação; continuidade da redução da taxa básica de juros ou manutenção na taxa vigente; aumento nos índices de emprego e renda; e continuidade na recuperação das ações das construtoras na BM&Fbovespa.

Os segmentos correlatos também deverão registrar desempenho mais positivo até o final do ano, com destaque para as indústrias de materiais de construção e o pequeno varejo. O nível de emprego no setor deverá acompanhar o aquecimento desse mercado e aumentar o número de contratações.

Em resumo, as perspectivas para o mercado de construção civil no segundo semestre são bastante animadoras, o que significa que as construtoras já devem começar a rever suas estratégias de atuação e enquadramento para a nova demanda que deverá se intensificar num curto prazo. ♦

## Promoção de Anais dos Congressos Brasileiros do Concreto. Corra! Promoção por tempo limitado.



### O Instituto Brasileiro do Concreto – IBRACON está com uma promoção imperdível!

Estão à venda a preço promocional os Anais das quatro últimas edições do Congresso Brasileiro do Concreto:

- 50º Congresso Brasileiro do Concreto
- 49º Congresso Brasileiro do Concreto
- 48º Congresso Brasileiro do Concreto
- 47º Congresso Brasileiro do Concreto

• R\$ 200,00

Mais o valor do frete.

**Corra! A promoção é válida enquanto durar os estoques.**

Acesse hoje mesmo a Loja Virtual do IBRACON

no site [www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br)

Se preferir, fale conosco:

Marilene – Tel. 11-3735-0202

e-mail: [marilene@ibracon.org.br](mailto:marilene@ibracon.org.br)



# Seminário aponta as soluções técnicas para a construção sustentável

Fábio Luís Pedroso

Construção sustentável é a construção que procura responder às necessidades atuais de minimizar os impactos ambientais. É a construção que objetiva, em todas as suas fases (projeto, construção, vida útil e demolição), diminuir o consumo de produtos da natureza (sejam matérias-primas para a construção, sejam materiais usados para obtenção de energia); reduzir a emissão de gases poluentes e gases do efeito estufa (principalmente, o CO<sub>2</sub>); e minimizar a geração de produtos degradantes (tais como: os resíduos de construção e os depósitos de demolição).

## Essa construção já é possível?

Na visão do professor do Instituto Superior Técnico (IST) de Lisboa, Portugal, Fernando Branco, a resposta é sim. Ele foi convidado a dar uma palestra sobre o tema no IX Seminário de Desenvolvimento Sustentável e Reciclagem na Construção Civil, ocorrido em São Paulo, nos dias 16 e 17 de junho. O Seminário foi organizado pelo Comitê Técnico do Meio Ambiente do Instituto Brasileiro do Concreto e trouxe ao público



Coordenador do IX Seminário, professor Salomon Levy (dir.), presidindo mesa de um dos painéis; (à esq.) Prof. Simão Prizskulnik

as soluções desenvolvidas nas universidades, institutos de pesquisa, empresas e órgãos governamentais das cinco regiões brasileiras, assim como as do exterior, para assegurar a sustentabilidade na construção civil.

Branco pontuou um a um os objetivos de uma construção sustentável e as soluções técnicas já disponíveis. O primeiro deles é aumentar o ciclo de vida das construções, através de um projeto que busque a durabilidade – prescrevendo maior cobertura das armaduras, facilitando o acesso para inspeções e manutenção periódicas –, de uma construção de qualidade – que garanta as especificações do concreto e os requisitos de projeto –, e de um sistema de gestão da manutenção – de modo a garantir a redução da degradação natural das construções. “O aumento da vida útil de uma construção de 50 para 100 anos é solução que traz como resultados imediatos a diminuição do consumo de materiais naturais, e a redução das emissões de CO<sub>2</sub>, diminuindo o impacto na natureza”, concluiu Branco.

Com a meta e suas soluções concorrou o professor da Universidade Mackenzie, Simão Prizskulnik, adicionando que “as exigências feitas pela NBR 6118 para conferir durabilidade às estruturas de concreto referem-se às relações água/cimento; às resistências características do concreto à compressão; ao cobrimento da armadura; e à limitação da abertura de fissuras em função das classes de agressividade ambiental”. Ele citou também a contribuição importante da

tecnologia: “o concreto de alto desempenho, em razão de suas elevadas resistências mecânicas, viabiliza, por um lado, a redução das seções das peças estruturais, economizando materiais naturais, e, por outro, preserva os materiais empregados na construção, postergando ainda as manutenções custosas”.

O segundo objetivo da construção sustentável é reduzir o consumo de materiais naturais. Esse objetivo já é viável, seja pela reciclagem de materiais usados (na construção civil, é uma realidade o uso de materiais reciclados da construção e demolição em substituição à brita de pedreira); seja pelo reuso de materiais naturais, como a água; seja pela substituição de materiais naturais por resíduos industriais, como o uso de cinzas volantes na produção de cimento, em substituição ao calcário; dentre outras medidas. Segundo Branco, de um total de 50 bilhões de toneladas de emissão anual de CO<sub>2</sub>, a indústria cimenteira é responsável mundialmente por 4 bilhões de toneladas; a incorporação de escórias de alto forno e cinzas volantes no cimento contribui para reduzir em 0,5 milhão de toneladas este montante.

“As águas das chuvas não devem ganhar velocidade e volumes incontroláveis nas cidades, mas devem ser absorvidas pelo solo em toda a cidade, preferencialmente proximamente ao local da precipitação”, ilustrou o professor da Fundação para a Pesquisa Ambiental da Universidade de São Paulo, Ualfrido Del Carlo, convidado para uma palestra sobre uma Nova Ética para a Enge-



Professor Ualfrido Del Carlo em momento de sua palestra no evento

nharia no evento. "A engenharia precisa, por outro lado, viabilizar o aproveitamento das águas da chuva, o reuso de águas servidas, o tratamento da água nas edificações, o reuso de águas industriais", completou.

Ainda dentro do escopo desse objetivo, insere-se o desenvolvimento de novos materiais, mais duráveis, que demanda menor emissão de CO<sub>2</sub> em sua produção e que impacta menos o meio ambiente. "Nos laboratórios das universidades inglesas, o concreto de alto desempenho com 500MPa já é uma realidade", exemplificou Del Carlo.

Outro objetivo delineado pelos palestrantes foi o da redução dos gastos de energia advindos da habitabilidade, pelo uso de energias renováveis, como a energia solar transformada em energia elétrica pelos painéis solares, e pelo uso de bons isolamentos térmicos, como os vidros duplos. Para Del Carlo, a engenharia do futuro deve-se voltar para a construção de edifícios autossuficientes energeticamente, com geração própria de energia, por via eólica para os edifícios altos; com elevadores inteligentes (um elevador sobe, aproveitando o movimento de descida do outro); e com terraços verdes, onde seja plantada cana-de-açúcar para a produção de combustível. "A engenharia ambiental precisa ser equacionada nos mesmos moldes viabilizados para a engenharia estrutural", afirmou.

É preciso também viabilizar a redução de resíduos provenientes do processo construtivo e industrial. Segundo Prizkulnik, uma das fontes de economia de energia na fabricação de cimento Portland consiste no coprocessamento, processo pelo qual os combustíveis fósseis utilizados no forno de clínquerização são substituídos por pneus, resíduos da indústria siderúrgica e de alumínio, solventes químicos, óleos usados, borras de pintura, plásticos, solos contaminados, entre outros. "Cumprir destacar que um dos problemas ambientais mais relevantes atualmente diz respeito aos resíduos que sobram dos processos de produção das indústrias, que são, em sua maior parte, depositados em aterros sanitários e industriais, solução essa não sustentável, pois, com o tempo, aumenta o risco de contaminação do solo ou do lençol freático", frisou.

Dado apresentado no evento informou que, em 2007, a indústria brasileira de cimento Portland coprocessou cerca de 32 milhões de pneus.

Para o professor, o coprocessamento é uma solução no gerenciamento de resíduos sólidos industriais, ambientalmente sustentá-

vel, economicamente viável e em linha com o princípio estratégico do desenvolvimento sustentável global.

Outra solução em linha com o desenvolvimento sustentável, apresentada no IX Seminário, são os *Green Buildings*, edificações onde são aplicadas medidas construtivas e procedimentais que buscam o aumento de sua eficiência no uso de recursos, com foco na redução dos impactos sócio-ambientais. O processo construtivo abrange o ciclo de vida completo das edificações, desde sua localização, projeto e construção até sua operação, manutenção e renovação/demolição.

Segundo o professor da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Márcio Estefano, o *Green Building* traz benefícios, tais como: aumento de eficiência no uso de energia (o professor estimou uma economia de até 30%), no consumo de água potável (economia de 30 a 50%), na aplicação e utilização de materiais (descarte de resíduos diminuído em torno de 50 a 90%); redução do impacto ambiental, ao diminuir as emissões de gases poluentes (redução de 35% nas emissões de CO<sub>2</sub>) e ao incentivar o aumento das áreas verdes; melhoria da qualidade do ambiente interno, com a redução de problemas de saúde e a maior satisfação dos usuários; e a associação da empresa construtora com o conceito de sustentabilidade, o que se reflete em desempenho econômico.

No estudo de caso trazido para o Seminário – de uma unidade residencial de 63m<sup>2</sup> para cinco pessoas – Estefano registrou a economia obtida com o uso de sistema de aquecimento solar (o consumo mensal passou de 765kwh, sem o sistema de aquecimento, para 542kwh, com o sistema de aquecimento) e com o uso de um sistema de reuso de água (passou-se de 27,2m<sup>3</sup> para 22,1 m<sup>3</sup> de consumo mensal com o uso do sistema de captação de águas pluviais).

Por fim, mas não menos importante, Branco falou da necessidade de reparação dos impactos causados à natureza, como a recuperação de pedreiras com plantações.

Resumindo o que foi discutido: já sabemos fazer uma construção sustentável e as soluções apresentadas para sua viabilização, tópicos de investigação das pesquisas nas universidades e institutos de pesquisa, são:

- ◆ Recuperação de construções, aumentando sua vida útil
- ◆ Reciclagem de resíduos de construção e demolição (RCDs)
- ◆ Projetos e execução de construções mais

Professor Márcio Estefano abordando a construção sustentável



- duráveis, com mínimo de 120 anos de vida
- ◆ Soluções integradas de Arquitetura, Engenharia e Ambiente
- ◆ Avaliação e gestão da sustentabilidade na construção

Nas palavras do professor Del Carlo, "a Engenharia deve incorporar novas variáveis, integrando-as a uma nova ética: o meio ambiente, a sustentabilidade, a responsabilidade social e a globalização". Essa nova ética chama-se ecoeficiência, termo apresentado pelo professor Estefano, entendida como a perenidade dos empreendimentos humanos e do planeta, por meio do planejamento e execução de ações – sejam elas de governos ou de empresas privadas, sejam elas locais, nacionais ou globais – onde se leva em conta simultaneamente as dimensões econômica, ambiental e social.

Com eles, está de acordo o professor Branco: "no século XXI, a Engenharia juntou aos seus objetivos de mais alto, mais longe, mais forte, os objetivos de mais durável e mais sustentável".

### Reciclagem de RCDs

Os agregados reciclados de construção e demolição (RCDs) receberam atenção

especial nas discussões. Dos 15 trabalhos apresentados no Seminário, seis referiam-se aos RCDs. Abordaram-se os impactos das políticas públicas no gerenciamento de resíduos de construção; foram traçadas preliminarmente as diretrizes para a inserção dos agregados reciclados na cadeia produtiva da construção civil; apresentaram-se estudos científicos sobre as propriedades do concreto com a adição de resíduos de corte de rochas ornamentais; enfatizou-se a importância da educação e da conscientização ambiental para o reaproveitamento dos resíduos da construção; foram discutidos os entraves culturais na sustentabilidade da construção civil; apresentaram-se estudos de casos sobre a gestão de resíduos sólidos.

O principal problema dos resíduos da construção civil é que geram depósitos ilegais, sem qualquer controle ambiental, promovendo, assim, a degradação da paisagem, a poluição e diversos problemas de saúde pública. Conjuntamente, há também o problema do esgotamento dos aterros e da limitação dos recursos governamentais para arcar com os custos desse passivo ambiental. Sem falar sobre a necessidade de reaproveitamento dos materiais, para diminuir o impacto da ação humana sobre o meio ambiente.

Segundo os palestrantes, as principais causas da não resolução do passivo ambien-

tal dos resíduos da construção e demolição não são técnicas, mas políticas e culturais: legislações insuficientes ou inadequadas; dificuldade de identificar e responsabilizar os infratores; falta de sensibilização e informação; inexistência de uma base de dados segura de acompanhamento da geração de resíduos e de sua gestão; falta de incentivo governamental para a utilização de RCDs, inclusive em obras públicas; ausência de fiscalização para o cumprimento das diretrizes normativas. “Os materiais com agregados reciclados já foram suficientemente testados e aprovados, mas não conseguem sair do laboratório para o mercado; em geral, não estão disponíveis para a comercialização”, desabafou a arquiteta Fabrícia Rembiski, que apresentou trabalho técnico no evento.

Diversas empresas do setor construtivo respaldadas pelo governo na esfera municipal, estadual e federal têm implantado em todo mundo modelos de gestão de resíduos da construção e demolição. Basicamente, esses modelos estruturam-se sobre os seguintes pilares:

- ◆ Manual de boas práticas de gestão de RCDs e campanhas publicitárias para orientar a

- população e os agentes da construção;
- ◆ Recolha selecionada dos materiais e seu transporte para a central de reciclagem, onde o agregado é armazenado;
- ◆ Triagem manual e mecânica dos resíduos;
- ◆ Trituração, crivagem e tratamento;
- ◆ Por fim, a central recicladora vende-o ao mercado construtivo, para ser reutilizado.

“Na prática, dá para fazer concreto com brita reciclada, apesar de sua qualidade um pouco inferior. É possível fazer a reciclagem do concreto, de lamas geradas pelo corte de pedra, de restos de tijolos... e esses agregados reciclados são normalizados. Falta, porém, cultura, lei e fiscalização para que os agregados entrem definitivamente na cadeia produtiva da construção civil. É necessário mais empenho do Estado para que o sistema de reciclagem funcione; afinal de contas, o custo ambiental é pago por todos”, argumentou Branco.

Nas palavras do coordenador do IX Seminário, professor Salomon Levy, “é missão do IBRACON fomentar as discussões e gerar a credibilidade necessária para o uso, econômico e tecnicamente viável, dos RCDs, razão pela qual ele organiza este evento”. ◆



## Revista CONCRETO & Construções



A revista **CONCRETO & Construções** é o veículo impresso oficial do **IBRACON**.

De caráter científico, tecnológico e informativo, a publicação traz artigos, entrevistas, reportagens e notícias de interesse para o setor construtivo e para a rede de ensino e pesquisa em concreto.

Distribuída em todo território nacional aos profissionais em cargos de decisão e gerência, a revista é a plataforma ideal para a divulgação dos produtos e serviços que sua empresa tem a oferecer ao mercado construtivo.

**Periodicidade:** Trimestral  
**Número de páginas:** 64 (mínimo)  
**Formato:** 21 x 28 cm  
**Papel:** couché 115 grs

**Capa plastificada:** couché 180 grs  
**Acabamento:** Lombada quadrada colada  
**Tiragem:** 5000 exemplares  
**Distribuição:** circulação dirigida auditada pelo IVC

Para consultar o perfil dos profissionais que recebem a revista, acesse o menu **Publicações – Revista Concreto & Construções** no site [www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br)

**Para anunciar:**  
 Tel. 11- 3735-0202 | e-mail: [arlene@ibracon.org.br](mailto:arlene@ibracon.org.br)

### Lista de Preços

Formato	Dimensões	R\$
2ª Capa + Página 3	42,0 x 28,0 cm	9.050,00
Página Dupla	42,0 x 28,0 cm	8.020,00
4ª Capa	21,0 x 28,0 cm	6.130,00
2ª, 3ª Capa ou Página 3	21,0 x 28,0 cm	5.900,00
1 Página	21,0 x 28,0 cm	5.500,00
2/3 de Página Vertical	14,0 x 28,0 cm	4.125,00
½ Página Horizontal	21,0 x 14,0 cm	3.000,00
½ Página Vertical	10,5 x 28,0 cm	3.000,00
1/3 Página Horizontal	21,0 x 9,0 cm	3.000,00
1/3 Página Vertical	7,0 x 28,0 cm	3.000,00
1/4 Página Vertical	10,5 x 14,0 cm	2.580,00
Módulo 6 x 8 vertical	6,0 x 8,0 cm	1.850,00
Encarte	Sob consulta	Sob consulta

# Utilização de compósitos pré-impregnados para reforço de estruturas de concreto armado

Fábio Pereira • *doutorando*  
Antonio Martinelli • *professor-doutor*  
Rubens Maribondo • *professor-doutor*  
Dep. Eng. dos Materiais – UFRN

## 1. Introdução

Em virtude da ocorrência de patologias na utilização de reforços com compósitos, com apresentação de descolamento da manta do concreto, viu-se a necessidade de se avaliar a aderência entre o concreto e a manta pré-impregnada. O objetivo principal deste trabalho é avaliar esta aderência, visando a eliminação das patologias existentes atualmente após a aplicação dos reforços com compósitos e, ainda, diminuir o custo final do sistema de reforço estrutural com compósitos, com a eliminação dos epóxis na sua aplicação.

As metodologias de ensaios utilizaram concretos com resistências baixas, com reforço estrutural por confinamento com a manta de fibra de vidro tradicional e a pré-impregnada. A primeira etapa do trabalho consistiu na elaboração das metodologias de análise, optando-se por dois tipos: a sondagem acústica e a resistência à compressão. Em seguida, foram realizados os ensaios utilizando as duas metodologias escolhidas, em 20 corpos-de-prova de 5 x 10 cm, sendo 10 corpos-de-prova utilizando a manta de fibra de vidro tradicional e 10 corpos-de-prova utilizando a manta de fibra de vidro pré-impregnada, ambas com resistência à compressão de 20 MPa.

Após a realização dos ensaios foi feito um comparativo dos resultados entre a manta de fibra de vidro tradicional e a pré-impregnada.

## 2. Procedimento Experimental do Reforço Estrutural

O tipo de reforço estrutural escolhido para aplicação foi o cintamento dos corpos-de-prova cilíndricos com a fibra de vidro. As amostras utilizadas, tanto da primeira como da segunda metodologia, foram confeccionadas em um traço de ( 1:2:4 com  $a/c=0,68$  ). Os corpos-de-prova cilíndricos(5 cm X 10 cm) tiveram cura ao ar e temperatura ambiente de 24 graus Celsius. Este tipo de reforço foi escolhido por ser bastante utilizado em reforços estruturais, para melhorar o desempenho de peças axialmente solicitadas, através de um envolvimento contínuo da peça comprimida de concreto por uma jaqueta de compósito com transpasse de 5 cm, combatendo-se a expansão lateral do concreto.

A resistência à tração das fibras introduz uma pressão de confinamento nas peças de concreto. O efeito da pressão de confinamento é o de induzir um estado triaxial de tensões no concreto, tendo-se um comportamento bastante superior, tanto na resistência quanto na ductibilidade, relativamente a um outro concreto submetido tão somente a uma compressão uniaxial. O confinamento traz como resultado um incremento aparente da resistência e da deformação máxima da compressão no

Figura 1 – Vista dos corpos-de-prova utilizados, reforçados por confinamento, antes dos ensaios de resistência à compressão e sondagem acústica



concreto. Ele é conseguido pela orientação das fibras transversalmente ao eixo longitudinal do elemento. As fibras confinantes se comportam similarmente a estribos em espiral ou mesmo a estribos convencionais. Nenhuma contribuição de fibras alinhadas longitudinalmente deve ser considerada para efeito de confinamento.

O confinamento de seções circulares exige fundamentalmente uma ligação íntima entre o elemento de concreto e a fibra confinante, para que se tenha êxito na execução do reforço estrutural, tendo sido este

Figura 3 – Vista do ensaio de resistência à compressão em corpo-de-prova



Figura 2 – Vista do ensaio de sondagem acústica em corpo-de-prova



o motivo principal para a escolha deste tipo de reforço, para se avaliar posteriormente a aderência compósito/concreto.

Após a execução do reforço estrutural com as mantas de fibra de vidro tradicional e pré-impregnada nos corpos-de-prova (cintamento), eles foram submetidos aos ensaios de sonoridade e de compressão após suas curas (28 dias). A primeira metodologia que foi utilizada baseia-se no teste de sonoridade, que consiste em bater com um martelo de aço em toda extensão

Figura 4 – Corpo-de-prova reforçado com a manta pré-impregnada, após ensaio de resistência à compressão, apresentando união da interface concreto-manta

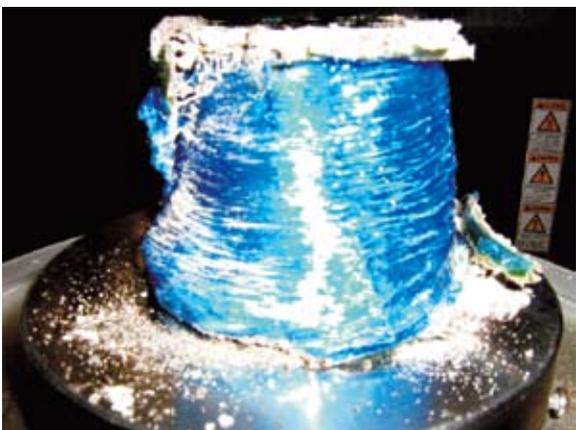


Figura 5 – Corpo-de-prova reforçado com a manta tradicional, após ensaio de resistência à compressão, apresentando descolamento da interface concreto-manta

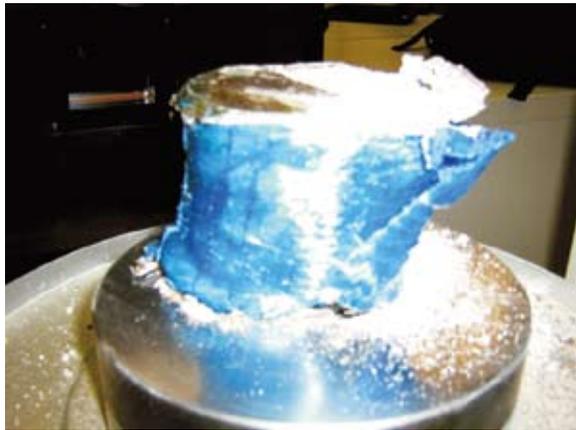


Figura 6 – Corpo-de-prova reforçado com a manta tradicional, após ensaio de resistência à compressão, apresentando rompimento da manta com uma grande área de fratura



do sistema aplicado (reforço com fibra de vidro) e através de resposta sonora identificar possíveis pontos em que a colagem não esteja adequada. A segunda metodologia a ser utilizada foi o ensaio de compressão, consistindo em aplicar uma carga através da prensa hidráulica no corpo-de-prova refor-

çado, até o descolamento do mesmo. Os ensaios de resistência à compressão centrada seguiram a norma NBR-5739(1994) .

Na primeira metodologia, as amostras foram avaliadas de acordo com a resposta sonora obtida e possíveis áreas de delaminações existentes; e, na segunda metodologia, as amostras foram avaliadas de acordo com o modo de ruptura ocorrido, tensões e deformações obtidas.

Vale salientar que a aplicação e o dimensionamento do reforço estrutural nos corpos-de-prova foram acompanhados pelo fabricante do compósito e por empresa especializada em reforço estrutural.

Figura 7 – Corpo-de-prova reforçado com a manta pré-impregnada, após ensaio de resistência à compressão, não apresentando rompimento da manta (união interface manta-concreto) com uma pequena área de fratura



### 3. Manta Pré-impregnada

A manta de fibra de vidro estrutural pré-impregnada utilizada possui fibras torcidas, bidirecionais, especificamente à base de filamentos de vidro estrutural com altíssima resistência mecânica e resistente aos álcalis. Esta manta de fibra de vidro pré-impregnada foi lançada recentemente no exterior, apresentando algumas vantagens em relação as anteriores, como sua pré-impregnação com

**Tabela 1 – Resultados forças x tensões x deformações da manta de fibra de vidro tradicional**

F1= 4.500 KG/F	T1=22,93 Mpa	d1=10mm
F2=16.400 KG/F	T2=83,58 Mpa	d2=36,4 mm
F3=16.700 KG/F	T3=85,11 Mpa	d3=37,1 mm
F4=16.500 KG/F	T4=84,09 MPa(névoa salina)	d4=36,6mm
F5=12.800 KG/F	T5=65,23 Mpa	d5=28,4 mm
F6=15.200 KG/F	T6=77,47 MPa(névoa salina)	d6=33,7 mm
F7=16.400 KG/F	T7=83,58 MPa(névoa salina)	d7=36,4 mm
F8=5.126 KG/F	T8=26,10 Mpa	d8=11,39 mm
F9=6.661 KG/F	T9=33,92 Mpa	d9=14,8 mm
F10=7.342 KG/F	T10=37,39 Mpa	d10= 16,31mm
F11=15.400 KG/F	T11=78,49 Mpa	d11=34,2 mm
F12=16.000 KG/F	T12=81,54 Mpa	d12=35,5 mm
F13=16.500 KG/F	T13=84,09 MPa(névoa salina)	d13=36,6 mm
F14=4.396 KG/F	T14=22,38 Mpa	d14=9,76 mm
F15=15.200 KG/F	T15=77,47 MPa(névoa salina)	d15=33,7 mm

resina especial termoestável e, principalmente, a utilização de água (forma de spray) como catalizador da resina pré-impregnada usada para curar o sistema de reforço estrutural. A escolha deste novo tipo de manta de fibra de vidro foi feita, principalmente, em virtude do ineditismo da pesquisa, além das vantagens proporcionadas pela sua aplicação, como custo inferior aos outros sistemas de reforço estrutural com carbono e kevlar (aramida) e a não necessidade de aplicação de adesivos, rolos e mecânica de misturas na aplicação.

#### 4. Resultados

Os resultados dos ensaios de aderência obtidos neste trabalho atestaram a melhor aderência compósito-concreto da manta de fibra de vidro pré-impregnada em relação à manta de fibra de vidro tradicional, mostrando a eficiência do sistema de pré-impregnação do compósito tendo como catalisador a água. Após a realização dos ensaios de sondagem acústica, verificou-se

**Tabela 2 – Resultados das Forças x Tensões x Deformações da manta de fibra de vidro pré-impregnada**

F1= 17.000 KG/F	T1=86,66 Mpa	d1=37,7 mm
F2=19.900 KG/F	T2=101,42 MPa(névoa salina)	d2=44,2 mm
F3=20.000 KG/F	T3=101,93 MPa(névoa salina)	d3=44,4 mm
F4=18.000 KG/F	T4=91,74 Mpa	d4=40 mm
F5=21.200 KG/F	T5=108,00 Mpa	d5=47,1 mm
F6=22.500 KG/F	T6=114,87 Mpa	d6=50 mm
F7=18.200 KG/F	T7=92,76 Mpa	d7=40,4 mm
F8=21.000 KG/F	T8=107,03 Mpa	d8=46,6 mm
F9=17.500 KG/F	T9=89,19 Mpa	d9=38,8 mm
F10=19.000 KG/F	T10=96,83 MPa(névoa salina)	d10=42,2 mm
F11=18.000 KG/F	T11=91,74 Mpa	d11=40 mm
F12=20.700 KG/F	T12=105,50 Mpa	d12=46 mm
F13=18.700 KG/F	T13=95,31 MPa(névoa salina)	d13=41,5 mm
F14=19.200 KG/F	T14=97,85 MPa(névoa salina)	d14=42,6 mm
F15=18.700 KG/F	T15=95,31 Mpa	d15=41,5 mm

a inexistência de delaminações e bolhas de ar nas amostras analisadas, tanto nas amostras tradicionais como as pré-impregnadas. Já, nos ensaios de resistência à compressão, foi comprovado a melhor aderência fibra de vidro/concreto da manta de fibra de vidro pré-impregnada com forças e tensões maiores (4,92 x), apresentando uma menor superfície de fratura, ao contrário da manta de fibra de vidro tradicional, que obteve uma menor aderência fibra de vidro/concreto com forças e tensões menores (3,14 x), além de uma maior superfície de fratura.

## 5. Conclusão

Este trabalho atingiu plenamente os objetivos propostos em sua pesquisa, pois evidenciou, com ensaios laboratoriais, as principais vantagens do sistema composto por pré-impregnação da fibra de vidro

(maior resistência à compressão, maior aderência ao concreto, maior rapidez executiva e menor custo) em relação ao sistema composto tradicional da fibra de vidro. A importância maior destes resultados obtidos são, além de solucionar um dos mais graves problemas da aplicação de sistemas compostos em estruturas de concreto armado, que é o descolamento do composto do concreto pelo aumento de aderência (4,92 x), propiciar o futuro barateamento da aplicação dos compostos com a eliminação dos epóxis, que é outro entrave para a disseminação de sua utilização pela cadeia da construção civil, tendo em vista a dificuldade de sua aplicação (necessidade da distribuição uniforme do primer epoxídico e do epóxi estruturante). Resta ao meio acadêmico investir em pesquisas como esta realizada, para a efetivação das aplicações do composto pré-impregnado para outros tipos de compostos como a fibra de carbono e fibra de aramida (kevlar), o que já acontece internacionalmente. ♦



# VII Simposio EPUSP sobre Estruturas de Concreto



**O VII Simposio da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo sobre Estruturas de Concreto será realizado paralelamente ao 51º Congresso Brasileiro do Concreto, que acontece de 6 a 10 de outubro de 2009.**

### PALESTRANTES CONVIDADOS

- Prof. Alberto Carpinteri (Politécnico de Torino, Itália)
- Prof. Carlos Eduardo Moreira Maffei (Epusp, Brasil)
- Prof. Christian Bohler (Univ. Saarbrucken, Alemanha)
- Prof. James Wight (Univ. Michigan, Estados Unidos)
- Prof. Michel Lorrain (Université Paul Sabatier de Toulouse, França)
- Prof. Peter Marti (ETH – Zurich, Suíça)

### TEMAS

- Projeto e Métodos Construtivos de Estruturas Complexas
- Modernização de Códigos de Projeto
- Monitoração de Estruturas
- Aspectos Inovadores na Análise e Projeto de Estruturas

**HOMENAGEADOS**

**Ernani Dias | José Zamarion Diniz.**

# Importante passo para a sustentabilidade

Atuar seguindo os princípios da sustentabilidade, ou seja, buscando alternativas economicamente viáveis, ecologicamente corretas e socialmente adequadas, tem sido uma das metas dos trabalhos de normalização do Comitê Brasileiro de Cimento, Concreto e Agregados (ABNT/CB18). Ações para o desenvolvimento de normas que contribuam para disseminar essa cultura e promover alterações nos processos produtivos e nas relações comerciais com foco na sustentabilidade vêm sendo priorizadas, como informa a superintendente do ABNT/CB-18, engenheira Inês Laranjeira da Silva Battagin.

Um exemplo desse trabalho é o Projeto de Norma de Água para Amassamento do Concreto, já aprovado no âmbito da Comissão de Estudo de Água para Produtos à Base de Cimento Portland (CE 18:500.04)

e em Consulta Nacional até 28 de setembro próximo; prevendo-se sua publicação como Norma Brasileira até o final deste ano. A iniciativa segue basicamente as diretrizes que nortearam a normalização europeia sobre o tema e têm sido adotadas também no âmbito da International Organization for Standardization (ISO), que recentemente apresentou aos países membros de seu Subcomitê de Produção de Concreto e Execução de Estruturas de Concreto (ISO/TC71/SC3) o Projeto ISO/CD 12349.

Nesse trabalho, coordenado pelo geólogo Arnaldo Forti Battagin, da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), as questões que visam à sustentabilidade são abordadas sob dois aspectos principais: a durabilidade do concreto e das estruturas de concreto; e, a possibilidade de uso de água reciclada

ou reaproveitada no processo de preparação do concreto.

Battagin esclarece que o Projeto da Norma Brasileira é composto de onze partes, compreendendo os requisitos exigíveis da água para amassamento do concreto visando à sua durabilidade, bem como procedimentos de amostragem da água proveniente das mais diversas fontes e a metodologia de ensaios para comprovação desses requisitos.

Informa ainda que a pos-



sibilidade de uso de águas de diversas fontes e especialmente o aproveitamento de águas que já serviram a outras finalidades é estabelecida a partir de uma classificação inicial e do cumprimento das exigências gerais ou específicas, conforme o caso.

Assim, a proposta brasileira de normalização desse insumo do concreto prevê o uso direto da água de abastecimento público, sem a necessidade de nenhum ensaio adicional, condição já verificada e tradicionalmente adotada para esta finalidade.

“Por outro lado, o uso da água do mar ou da água de condução de detritos de esgoto não é aceito para a preparação de concreto, sendo vedado no Projeto de Norma”, pondera o Geólogo Arnaldo Battagin.

A água de reuso, proveniente de processos de estações de tratamento de esgotos, pode ser utilizada seguindo as diretrizes estabelecidas, porém alerta-se para a falta de informações suficientes até o momento a respeito desses processos que permitam sua ampla utilização. Assim, o texto normativo exige a necessidade de entendimentos específicos entre as partes envolvidas para o uso desse tipo de água. “Estudos de laboratório desenvolvidos na ABCP mostraram viabilidade técnica de aproveitamento desse tipo de água, mas existe ainda a carência de estudos complementares com aplicação em campo”, alerta o coordenador da Comissão de Estudo.

---

### Quando o ensaio é necessário

---

Águas provenientes de outras fontes, como rios, lagos, poços, açudes e similares, denominadas no Projeto de Norma de águas superficiais ou naturais e águas de fontes subterrâneas podem ser utilizadas, mas devem ser ensaiadas e atender aos requisitos previstos para atendimento às exigências de durabilidade.

Sob o foco da sustentabilidade, é previsto o reaproveitamento de água proveniente de operações de preparo do concreto, com correção de sua massa específica em função do aporte de sólidos e atendendo a todos os requisitos de durabilidade. Nesse escopo estão compreendidas: água da sobra de concretagem; água usada para lavar betoneira estacionária, caminhão betoneira ou bombas de concreto; e, água extraída do concreto fresco durante sua produção.

O Projeto de Norma Brasileira prevê ainda a reutilização de água de processos de corte, moagem, jateamento e fresamento de concreto e de água oriunda de outros segmentos industriais e também de água salobra, desde que atendidos os parâmetros exigidos para a durabilidade do concreto e das estruturas de concreto.

Battagin esclarece que os requisitos estabelecidos no Projeto de Norma prevêem a determinação do conteúdo de substâncias na água que podem interferir na cinética de hidratação do cimento (como matéria orgânica, cloretos, nitratos e açúcar), limitando-as de forma a não prejudicarem o desenvolvimento da pega e da resistência do concreto.

As preocupações com a durabilidade das estruturas foram levadas em conta pela Comissão de Estudo, razão pela qual se limita o conteúdo de substâncias que possam atuar como agentes para a deterioração das armaduras (como cloretos e sulfatos). O Projeto de Norma estabelece ainda critérios para a limitação de álcalis (sódio e potássio) que possam contribuir para o desenvolvimento de processos expansivos em função do desenvolvimento da reação álcali-agregado.

Inês Battagin explica que, além da limitação dos teores, se faz referência a normas já desenvolvidas pelo ABNT/CB-18 visando à durabilidade, como a norma de preparo, controle e recebimento do concreto (ABNT NBR 12655:2006) e a norma para avaliação e prevenção da reação álcali-agregado (ABNT NBR 15577:2008, seis Partes).

De forma conclusiva, a superintendente do Comitê salienta que o desenvolvimento de uma norma brasileira sobre o tema contribui com a sustentabilidade na medida em que busca nortear o uso da água no processo de preparação do concreto, que é o segundo material mais consumido pela humanidade, sendo o primeiro a própria água.

O conteúdo da futura norma brasileira sob o tema, os motivos que levaram ao seu desenvolvimento e o embasamento técnico contido nos documentos ora em Consulta Nacional são esclarecidos e detalhados no trabalho a ser apresentado no 51º. Congresso Brasileiro do Concreto do IBRACON sob o título: *Tendências da normalização da água de amassamento do concreto: uma contribuição para a sustentabilidade.* ♦

# Responsabilidade ética na Engenharia e Arquitetura

Rone Antônio de Azevedo • Engenheiro Civil  
Caixa Econômica Federal

Ética é o estudo do comportamento moral dos homens em sociedade. O objeto da Ética é o conjunto de regras de comportamento e estilos de vida mediante os quais o homem procura realizar seus mais altos valores morais.

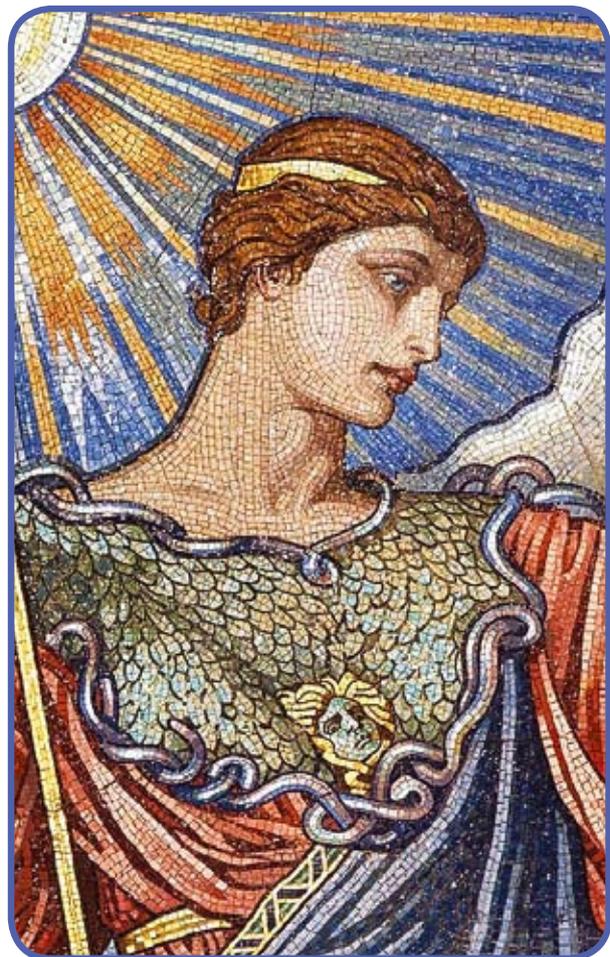
Vasconcelos (2007, p. 104) afirma que Ética profissional é o conjunto de princípios que regem a conduta funcional em determinada profissão, conforme a época, os costumes de cada região e as características do agrupamento de profissionais.

Toda classe profissional necessita regular suas relações nos diversos campos de conduta humana. Deve existir disciplina a partir da regulação da conduta individual perante a coletividade, para permitir a evolução harmônica do trabalho da classe.

Dessa forma, justifica-se a adoção do Código de Ética para cada classe profissional. Sua finalidade é agrupar conceitos sociológicos, psicológicos, econômicos e morais. Orienta os profissionais a portarem-se de acordo com as regras e princípios condizentes com o seu modelo profissional.

Compete aos Conselhos e Ordens de profissionais defenderem a sociedade, zelando da Ética por meio do controle do exercício profissional. No Brasil, o Ministério da Educação, através do Parecer CNE/CEB nº 20/2002, p. 4, destaca o papel das entidades de classe quanto à ética profissional:

*Os Conselhos e Ordens se organizaram porque a sociedade necessita de um órgão que a defenda, **impedindo o mau exercício profissional, não só de leigos inabilitados, como dos habilitados sem ética.** Tanto uns como os outros lesam a sociedade. Compete aos Conselhos evitar essa lesão.*  
(MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2002, *negrito nosso*).



O Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia – Confea – aprovou a Resolução nº 1.002/02 que revogou a Resolução nº 205/71 e estabeleceu o novo Código de Ética Profissional da Engenharia, da Arquitetura, da Agronomia, da Geologia, da Geografia e da Meteorologia – CEP/02.

O CEP/02 foi elaborado de acordo com as diretrizes da Lei dos Engenheiros e Arquitetos



nº 5.194/66 e está estruturado em oito capítulos e 14 artigos, destacando:

- ◆ **Princípios Éticos** (cap. 4, art. 8º): objetivo da profissão, natureza da profissão, honradez, eficácia profissional, relacionamento profissional, intervenção sobre o meio, liberdade e segurança.
- ◆ **Deveres** (cap. 5, art. 9º): ante o ser humano e seus valores; ante a profissão; nas relações com os clientes, empregadores e colaboradores; nas relações com os demais profissionais; ante ao meio.
- ◆ **Condutas Vedadas** (cap. 6, art. 10º): contempla as condutas diante dos Deveres.
- ◆ **Direitos** (cap. 7, art. 11 e 12): trata dos direitos universais inerentes às profissões e relativos aos profissionais.
- ◆ **Infração Ética** (cap. 8, art. 13 e 14): tipifica a infração ética para efeito de processo disciplinar.

Conforme o cap. 5, seção III, do CEP/02, nas relações com os clientes, empregadores e colaboradores o profissional deverá:

- ◆ **a)** dispensar tratamento justo a terceiros, observando o princípio da equidade;
- ◆ **b)** resguardar o sigilo profissional quando do interesse de seu cliente ou empregador, salvo em havendo a obrigação legal da divulgação ou da informação;
- ◆ **c)** fornecer informação certa, precisa e objetiva em publicidade e propaganda pessoal;

- ◆ **d)** atuar com imparcialidade e impessoalidade em atos arbitrais e periciais;
- ◆ **e)** considerar o direito de escolha do destinatário dos serviços, ofertando-lhe, sempre que possível, alternativas viáveis e adequadas às demandas em suas propostas;
- ◆ **f)** alertar sobre os riscos e responsabilidades relativos às prescrições técnicas e as conseqüências presumíveis de sua inobservância;
- ◆ **g)** adequar sua forma de expressão técnica às necessidades do cliente e às normas vigentes aplicáveis; (CONFEA, CEP/02)

É importante reiterar que o profissional sempre deve esclarecer seus clientes sobre os riscos relativos às prescrições técnicas. O CEP/02 também exige o uso de linguagem compatível com o cliente e com as normas técnicas aplicáveis.

### Obrigatoriedade das Normas Técnicas

O CEP/02 estabelece no capítulo 4º, seção IV, o princípio ético da eficácia:

*A profissão realiza-se pelo cumprimento responsável e competente dos compromissos profissionais, munindo-se de **técnicas adequadas**, assegurando os resultados propostos e a **qualidade satisfatória***

**nos serviços e produtos e observando a segurança nos seus procedimentos.** (CONFEA, CEP/02, **negrito nosso**)

As técnicas adequadas mencionadas no CEP/02 implicam o atendimento às normas técnicas. O Código Civil e o Código de Defesa do Consumidor também obrigam a observação desses princípios.

Embora não sejam leis, as normas técnicas têm força obrigatória. Sua elaboração por representantes da sociedade é voluntária e depois de aprovadas têm caráter obrigatório.

A obrigatoriedade das normas técnicas é devida a três razões de ordem jurídica: dever ético profissional para profissões da área técnica; dever contratual do produtor e do fornecedor; e obrigação legal, conforme Del Mar (2007, p. 174).

Por disposição legal, engenheiros e arquitetos estão obrigados ao cumprimento das normas técnicas. Nas relações de consumo, o art. 39 do CDC veda ao fornecedor de produtos ou serviços, dentre outras práticas abusivas:

*[...] colocar no mercado de consumo, qualquer produto ou serviço em desacordo com as normas expedidas pelos órgãos oficiais competentes ou, se normas específicas não existirem, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas ou outra entidade credenciada pelo Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – Conmetro. (BRASIL, Lei nº 8.078/90, art. 39, inciso VIII, **negrito nosso**)*

No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT – é responsável pela normalização técnica no País, suprindo a base do desenvolvimento tecnológico brasileiro. A ABNT é entidade privada, fundada em 1940, sem fins lucrativos, reconhecida como único Foro Nacional de Normalização – Resolução Conmetro nº 07/92.

## Infrações ao Código de Ética Profissional

Os deveres ético-profissionais estão consorciados no relacionamento com clientes e na conduta entre colegas. São disciplinados no CEP/02. O exercício profissional gera responsabilidade ética para o autor do projeto, para seu executor, para os fiscais e consultores.

Os procedimentos a serem adotados pelos Conselhos Regionais e Federal para

fiscalização e o julgamento das infrações ao CEP/2002, em suas diversas instâncias recursais, são estabelecidos na Lei nº 5.194/66:

**Art. 71.** As **penalidades aplicáveis** por infração da presente Lei são as seguintes, **de acordo com a gravidade da falta**: a) advertência reservada; b) censura pública; c) multa; d) suspensão temporária do exercício profissional; e) cancelamento definitivo do registro. [...]

**Art. 72.** As penas de **advertência reservada e de censura pública** são aplicáveis aos profissionais que **deixarem de cumprir disposições do Código de Ética**, tendo em vista a gravidade da falta e os casos de reincidência, a critério das respectivas Câmaras Especializadas. [...]

**Art. 75.** O **cancelamento do registro** será efetuado por **má conduta pública e escândalos praticados** pelo profissional ou sua condenação definitiva por **crime considerado infamante**.

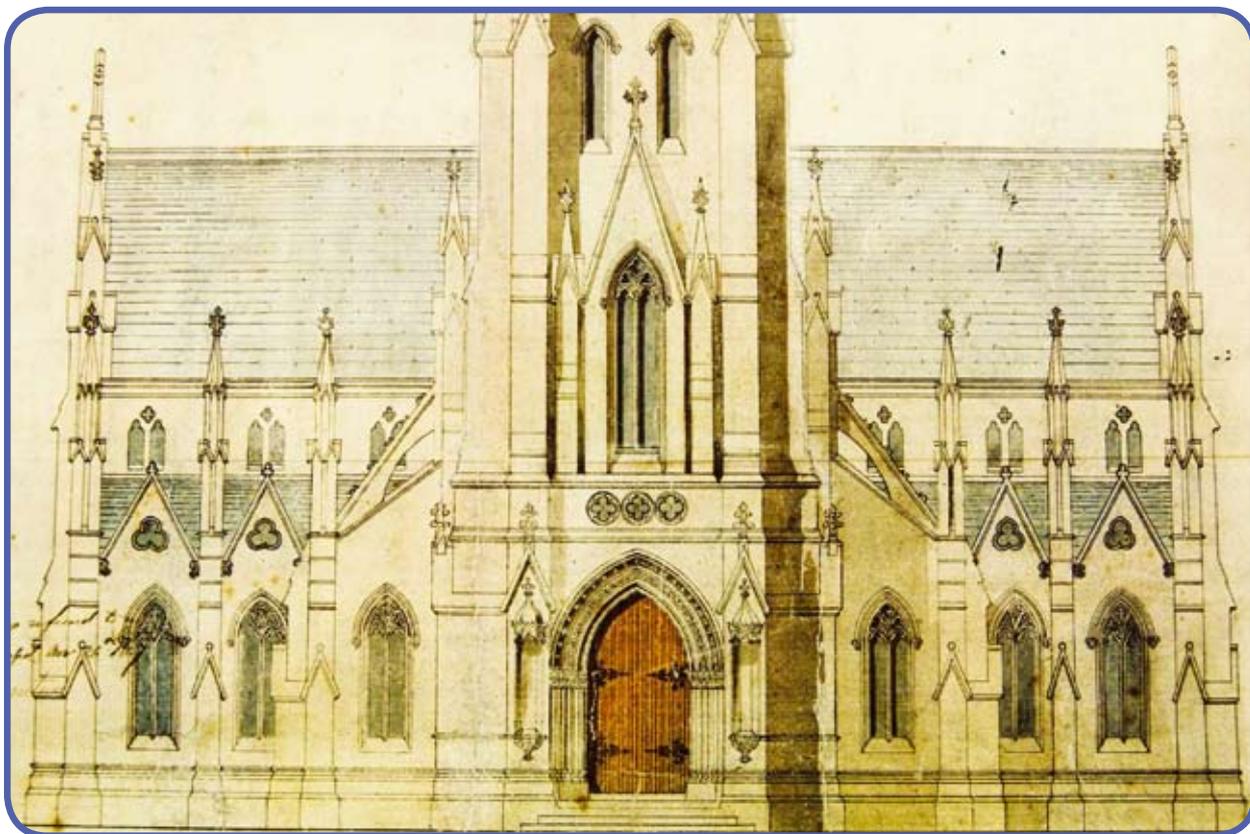
**Art. 76.** As **pessoas não habilitadas** que exercerem as profissões reguladas nesta Lei, independentemente da multa estabelecida, estão sujeitas às penalidades previstas na **Lei de Contravenções Penais**.

(BRASIL, Lei 5.194/66, **negrito nosso**)

O desrespeito ao CEP/02 é punido com as sanções previstas no art. 72 da Lei nº 5.194/66 – advertência reservada e censura pública aplicadas pela Câmara Especializada dos Creas. Tais sanções independem de responsabilidade administrativa, civil ou penal que participem do mesmo ato ilícito. As sanções visam a proteger a conduta profissional e os direitos autorais.

Meirelles (2005, p. 325) destaca as faltas éticas decorrentes da violação dos direitos autorais regulados pela Lei dos Direitos Autorais nº 9.610/98, especialmente o plágio, a usurpação e a adulteração de projeto. No plágio, o projeto é mantido na sua concepção, mas alterado em detalhes; na usurpação, o projeto é reproduzido na íntegra. Na adulteração, são introduzidas modificações na concepção original do projeto. Em todos os três casos não há aquiescência do autor.

A violação de direitos autorais do autor de projetos é crime, disciplinada no art. 184 do Código Penal com pena de reclusão de 2 (dois) a 4 (quatro) anos, e multa. A sanção penal pode ser acompanhada de sanções civis e administrativas previstas na Lei nº 9.610/98, pois tais responsabilidades são independentes.



O art. 6º da Lei nº 5.194/66 configura as situações do exercício ilegal da Engenharia, da Arquitetura e da Agronomia:

- ◆ Acobertamento, no qual engenheiros e arquitetos emprestam seu nome ao assinarem projetos ou para constarem como responsáveis técnicos pela execução ou fiscalização de obras sem participação efetiva nessas atividades.
- ◆ Exercício de atividades estranhas às atribuições correspondentes ao registro profissional. Exemplos: análises, laudos, projetos realizados por engenheiros civis nas áreas de urbanismo, sistemas elétricos de alta tensão, máquinas e equipamentos; projetos de pavimentação, saneamento realizados por arquitetos; técnicos de nível médio ou tecnólogos exercendo atribuições dos profissionais de nível superior.
- ◆ Pessoa física ou jurídica sem registro profissional nos Conselhos Regionais que realiza atos ou serviços reservados aos profissionais do sistema Confea/Creas.

Essas infrações éticas estão sujeitas às sanções dos arts. 71 a 76 da Lei nº 5.194/66.

As atribuições profissionais estão discriminadas na Resolução Confea nº 218/73, em cujo art. 25 está previsto:

*“nenhum profissional poderá desempenhar atividades além daquelas que lhe compe-*

*tem, pelas **características de seu currículo escolar, [...] salvo outras que lhe sejam acrescidas em curso de pós-graduação, na mesma modalidade”.** (CONFEA, Res. 218, 1973, **negrito nosso**)*

A pós-graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho (Lei nº 7.410/85) confere atribuições complementares aos engenheiros e arquitetos.

### Atuação do Sistema Confea/Creas

Em abril de 2009, a Polícia do Rio de Janeiro prendeu o técnico em edificações Edson de Abreu, 44 anos. A imprensa relatou que durante 10 anos o técnico de nível médio apresentou-se como engenheiro civil graduado na Universidade Federal Fluminense. Exercia o cargo de gerente de multinacional de máquinas pesadas e era professor de negócios da Universidade Estácio de Sá. Usava diplomas e documentos falsos, incluindo duas pós-graduações nos Estados Unidos – mestre em Administração de Empresas pela Universidade da Califórnia e especialista em Marketing pela Universidade de São Francisco.

O técnico em edificações foi indiciado por falsidade ideológica, uso de documento

falso e falsificação de documentos públicos e privados, penas que, somadas, podem chegar a 15 anos de reclusão. O sistema Confea/Creas deverá apurar o caso, julgando a cassação do registro profissional por má conduta pública e crime infamante – art. 75 da Lei nº 5.194/66.

Para coibir as infrações éticas, o Confea apóia e acompanha a tramitação no Congresso Nacional do Projeto de Lei (PL) nº 6.699/02, do ex-deputado José Carlos Coutinho, ao qual foi apensado o PL nº 6.994/02, do deputado Antônio Carlos Mendes Thame (PSDB-SP). Ambos propõem tipificar como crime o exercício ilegal da Engenharia, da Arquitetura e da Agronomia, hoje contravenção penal, ou seja, delito de menor gravidade.

O PL 6.994/02 propõe alteração da Lei nº 5.194/66 para imputar de seis meses a dois anos de detenção aos leigos que exerçam a Engenharia, Arquitetura e Agronomia. O PL 6.699/02 altera o próprio Código Penal, em seu artigo 282, para incluir o exercício ilegal dessas profissões no capítulo dos crimes contra a saúde pública, juntamente com a Medicina, da Odontologia e da Farmácia, devido ao risco à saúde e à vida das pessoas.

Outro sério problema a ser enfrentado com coragem e determinação pelo Sistema Confea/Creas é a existência de auditores de obras

públicas nos órgãos de controle externo sem formação em Engenharia e Arquitetura.

Há dificuldade de nivelamento técnico nas auditorias por falta de conhecimento dos fiscais leigos, sem formação na área. No Edital nº 2 do Tribunal de Contas da União – TCU –, publicado em 21 de maio de 2009, para o cargo Analista de Controle Externo com orientação para Auditor de Obras Públicas, foram violadas as atribuições dos engenheiros e arquitetos definidas na Lei nº 5.194/66 e na Resolução Confea nº 218/73, entre outras. Apesar do edital permitir a inscrição de qualquer profissional com nível superior, o conteúdo específico da prova do cargo Auditor de Obras Públicas abrange o conhecimento ministrado na graduação de Engenharia Civil: Obras Rodoviárias, Edificações e Obras Hídricas, conforme o próprio edital citado.

Curiosamente, no mesmo edital do TCU, para o cargo Analista de Controle Externo com orientação para Clínica Médica são exigidos o diploma de graduação em Medicina e a residência em Clínica Médica. Resta claro a falta de isonomia e a falha do edital do TCU, prejudicando a categoria dos engenheiros civis.

O autor deste artigo é engenheiro civil e protocolou em 30 de maio de 2009 solicitação de apuração ao Confea, através de mensagem para a Ouvidoria do órgão. O Crea-GO também





# PENETRON®

INTEGRAL CAPILLARY CONCRETE WATERPROOFING SYSTEMS

## Impermeabilização por cristalização capilar do concreto

O sistema **PENETRON®** de impermeabilização por cristalização integral do concreto, cria um cristal insolúvel que cresce profundamente dentro dos poros capilares e fissuras do concreto impermeabilizando-o. Este tipo de mecanismo protege o concreto da corrosão e da carbonatação, reduzindo as fissuras de retração, aumentando a resistência total e durabilidade. De baixo custo, mais rápido e de fácil aplicação. E isso tudo com um suporte de um time de pesos-pesados de um dos líderes mundiais em impermeabilização do concreto.



- Reservatório de água potável
- Tanques de tratamento de esgoto e água
- Túneis
- Fundações
- Poços de elevador
- Armazéns subterrâneos
- Instalações industriais
- Estruturas contendo tráfego
- Parede diafragma
- Porões

Maiores informações no site: [www.penetron.com.br](http://www.penetron.com.br)

Tel: (11) 4991-5278 • Fax: (11) 4421-8275

[info@penetron.com.br](mailto:info@penetron.com.br)

foi acionado e reforçou a solicitação junto ao Confea. As provas do concurso do TCU foram realizadas em 11 e 12 de julho de 2009. Não houve manifestação do Confea esclarecendo eventuais medidas junto ao TCU.

Há vários problemas recorrentes nos editais da administração pública no Brasil, incluindo o uso de termos administrativos dos cargos para burlar as atribuições específicas dos engenheiros e arquitetos, tais como: analista, especialista e gestor. Confea e Creas têm a missão de coibir o exercício ilegal e zelar pela Ética das profissões do Sistema.

Engenheiros e arquitetos, por sua vez, têm a obrigação de comunicar aos respectivos Conselhos todas as irregularidades para apuração e fiscalização. O título profissional é privilégio legalmente assegurado que não admite omissão diante das ilicitudes. Daí a crescente importância de conhecer a legislação e as responsabilidades presentes na profissão.

Somente o compromisso de todos – profissionais, Conselhos Regionais e Federal – resultará na melhoria do exercício da Engenharia e Arquitetura. O benefício coletivo será a economia resultante da qualidade dos serviços e produtos, reduzindo os riscos para a sociedade brasileira.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [01] BRASIL. Decreto-Lei nº 2.848, de 07 de dezembro de 1940. Código Penal.
- [02] BRASIL. Decreto-Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990. Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências.
- [03] \_\_\_\_\_. Lei nº 5.194, de 24 de dezembro de 1966. Regula o exercício das profissões de Engenheiro, Arquiteto e Engenheiro-Agrônomo, e dá outras providências.
- [04] \_\_\_\_\_. Lei nº 7.410, de 27 de novembro de 1985. Dispõe sobre a especialização de engenheiros e arquitetos em Engenharia de Segurança do Trabalho, a profissão de técnico de segurança do trabalho e dá outras providências.
- [05] \_\_\_\_\_. Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.
- [06] \_\_\_\_\_. Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002. Institui o Código Civil.
- [07] \_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Parecer CNE/CEB 20/2002. Consulta sobre competências do Sistema de Ensino para habilitação profissional de aluno de curso técnico em contabilidade. Brasília: Conselho Nacional de Educação, 2002. Publicado no DOU de 18 jul. 2002, Seção 1, p. 28.
- [08] \_\_\_\_\_. Tribunal de Contas da União. Edital Nº 2 – TCU – ACE/TCE, publicado em 21 de maio de 2009. Concurso Público para Provimento de Cargos de Analista de Controle Externo e de Técnico de Controle Externo. Brasília: UnB/Cespe, 2009.
- [09] CONFEA. Exercício ilegal da profissão pode se tornar crime. Seção Notícias do site [www.confea.org](http://www.confea.org). Brasília, 09 jun. 2009.
- [10] \_\_\_\_\_. Resolução nº 218, de 29 de junho de 1973. Discrimina atividades das diferentes modalidades profissionais da Engenharia, Arquitetura e Agronomia.
- [11] \_\_\_\_\_. Resolução nº 1.002, de 26 de novembro de 2002. Adota o Código de Ética Profissional da Engenharia, da Arquitetura, da Agronomia, da Geologia, da Geografia e da Meteorologia e dá outras providências.
- [12] MEIRELLES, Hely Lopes. Direito de Construir. 9. ed. Atualizada por Eurico de Andrade Azevedo, Adilson Abreu Dallari e Daniela Libório di Sarno. São Paulo: Malheiros, 2005. 480 p.
- [13] SÁLES, Felipe. Falso engenheiro preso em Ipanema atuava na área há mais de 10 anos. Jornal do Brasil Online. Rio de Janeiro, 02 abr. 2009. Disponível em: <<http://jbonline.terra.com.br/pextra/2009/04/02/e020429993.asp>>. Acesso em: 05 abr. 2009.
- [14] VASCONCELOS, Fernando Antônio de. Responsabilidade do Profissional Liberal nas Relações de Consumo. 2. ed. Curitiba: Juruá, 2008. 192 p. ◆

# Cinpar 2009



5º Congresso  
Internacional  
sobre Patologia  
e Reabilitação  
de Estruturas

## Reações deletérias e falhas construtivas como causas das manifestações patológicas

Fábio Luís Pedroso

O colapso do Edifício Areia Branca, edificação em concreto armado de 12 andares, com 27 anos, na região metropolitana de Recife, em 2004, foi um marco para a engenharia civil brasileira. Primeiramente, porque a dimensão do acidente despertou na comunidade técnica e na sociedade brasileira

a urgência de tornar obrigatórias as inspeções e a manutenção periódicas. Inúmeros eventos técnicos que seguiram o acidente enfatizaram a necessidade de leis, sejam nacionais, estaduais, ou municipais, para coibir a cultura geral de displicência quase absoluta quanto à manutenção em edificações e outras obras civis. Como desdobramento, em alguns municípios ou estados, foram adotadas leis de inspeção periódica, como em Pernambuco, onde uma



Professora Eliana Monteiro descrevendo a sequência de eventos antes do colapso do edifício Areia Branca



Parede esmagada na garagem, vista antes do colapso do edifício Areia Branca

lei estadual, promulgada em 2007, obriga que sejam feitas inspeções e manutenção em estruturas de edifícios, a cada três anos.

Secundariamente, como lição aprendida do acidente, ficou o alerta de que os processos construtivos precisavam passar por uma revisão na forma como vinham sendo geridos, de modo que o controle de qualidade, o cuidado construtivo e a checagem dos projetos retomassem sua prioridade sobre a ênfase econômica.

Como terceira repercussão, destacou-se a necessidade de investir mais na formação de engenheiros, tornando compulsório o exame de ordem para o recém-formado, de modo que pudesse estar habilitado a exercer a profissão.

Estes têm sido os temas recorrentes suportados nos debates, congressos e simpósios organizados pela comunidade de engenheiros civis para discutir os acidentes em obras civis e as medidas que devem ser tomadas para sua prevenção. O 5º Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas, ocorrido de 11 a 13 de junho, em Curitiba, fez coro com eles.

No estudo de caso apresentado sobre o colapso do Edifício Areia Branca, a cronologia dos eventos e fatos que antecederam o desabamento já sinalizava problemas na estrutura. "O edifício havia sofrido uma intervenção para recuperar pontos de corrosão oito anos antes", pontuou a professora da Escola Politécnica de Pernambuco, Eliana Barreto Monteiro. "Mas, segundo os moradores, a edificação não apresentava sinais de deformação, corrosão e outras manifestações

patológicas visíveis pouco antes dos eventos que levaram ao colapso", relativizou.

No dia 12 de outubro, um estalo seco foi ouvido pelos moradores. Imediatamente, foram observadas uma trinca na diagonal da caixa d'água semi-enterrada inferior, fissuras horizontais de pequeno diâmetro em algumas vigas de pilotis, portas que não fechavam direito, uma parede esmagada na garagem e a parada de funcionamento dos elevadores.

No dia 13, a visita do projetista pôde levantar fissuras inclinadas num pilar e flambagem de outro, recomendando a necessidade de contratação de uma empresa de recuperação. Ao cavar em torno de duas sapatatas, no dia seguinte, foram observados indícios de corrosão de armaduras e de ninhos de concretagem. Infelizmente, no decorrer dos trabalhos, o edifício inclinou-se, vindo a desabar, matando quatro pessoas.

As conclusões do relatório técnico sobre as causas do colapso, trazidas para o evento pelo professor da Universidade Católica de Pernambuco (Unicap), Romilde Almeida de Oliveira, que fez parte da comissão que inspecionou os escombros, foram:

- ◆ Insuficiente resistência da obra ( $f_{ck}=15\text{MPa}$ );
- ◆ Adoção de materiais inadequados: concreto sem aditivos e com relação água/cimento muito elevada, numa região de umidade e temperaturas altas;
- ◆ Uso incorreto de técnicas construtivas: vibração inadequada do concreto; descuido na execução das sapatatas; falta de controle de qualidade; mal execução na ligação



Vista de como ficou o prédio vizinho com o desabamento

sapata-pilar; estribos de pequeno diâmetro e sem aderência; cobrimento médio de 1,5cm;

- ◆ Falta de manutenção.

O caso é sintomático, porque houve um acúmulo de fatores que levou ao desabamento. De um lado, técnicas construtivas mal executadas, uso de materiais inadequados, detalhamento insuficiente de especificações geraram um concreto de má qualidade numa região muito agressiva, resultando na corrosão precoce das armaduras. De outro, as alterações inadvertidas promovidas na

construção aceleraram o processo de degradação, que culminou no colapso em razão da ausência de inspeção e manutenção periódicas.

### Problema da interação estrutura-vedações

Se no caso do Areia Branca, as patologias levantadas estão relacionadas predominantemente à má execução da estrutura, elas, em



Professor Romilde Almeida assistido pelos professores César De Lucca e Eliana Monteiro e pelos congressistas do Cinpar 2009

Pesquisador Ércio Thomas em sua apresentação no Cinpar 2009



muitos casos, podem, no entanto, estar associadas às modernas técnicas construtivas, onde se busca, por motivos econômicos, a redução de custos, a otimização do tempo, o uso de gabaritos cada vez maiores (de 30 a 42 pavimentos), ampliação das vagas nas garagens, a 'racionalização da construção', entre outras tendências arquitetônicas e construtivas.

Este foi o foco da palestra do pesquisador do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), Ércio Thomas. Segundo ele, o problema todo pode ser resumido, em linhas gerais, como decorrente da interação entre estruturas de concreto cada vez mais flexíveis – em função de cimentos de alta resistência, do refinamento do cálculo estrutural, de aços especiais e de concretos de alto desempenho – e paredes cada vez mais rígidas – devido à disseminação do uso de tijolos, argamassa colante, juntas verticais secas e revestimentos com pasta de gesso.

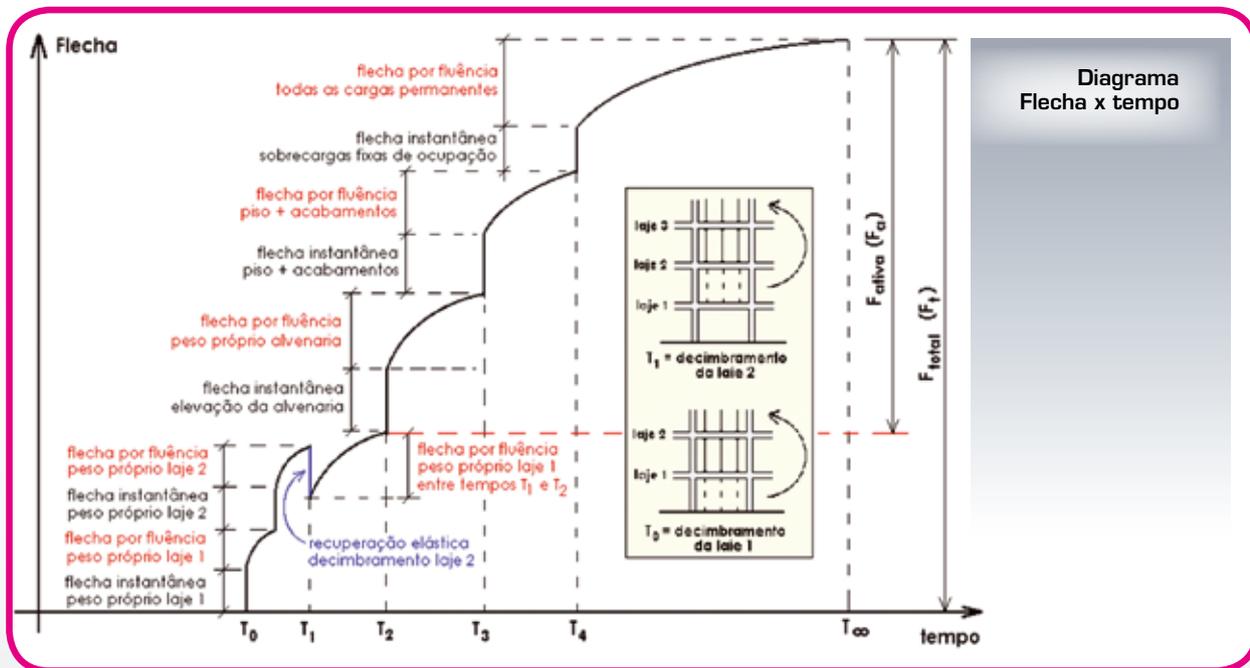
Thomas comentou as principais práticas construtivas que podem ter efeito deletério sobre a estrutura de concreto, dividindo-as em influências da arquitetura, do projeto e da execução da obra:

**a) Tendências arquitetônicas:**

- ◆ Otimização do número de vagas nas garagens, o que implica espaçamentos acentuados entre pilares (os vãos passaram de 5 para 7,4m), transições e inversões nas direções dos pilares
- ◆ Conceito de sistemas abertos, com possibilidade de remodelação da

planta e conseqüente eliminação do maior número possível de pilares

- ◆ Alteração na arquitetura dos pavimentos subseqüentes, originando transições críticas na estrutura e mudanças no encaminhamento das cargas
  - ◆ Aproveitamento máximo do gabarito, o que leva a grandes reduções nas alturas das vigas
  - ◆ Especificação de paredes de pequena espessura (passou-se de 25 para 14cm e para 7cm de espessura para paredes entre apartamentos), diminuindo a inércia térmica e aumentando o risco de formação de fissuras
  - ◆ Inadequada especificação da execução das paredes (argamassas muito duras, ligações inadequadas, ausência de juntas), o que diminui a capacidade de acomodação
  - ◆ Especificação de cores muito escuras nas fachadas
  - ◆ Projeto de telhados tipo estufa, sem os devidos cuidados de ventilação ou isolamento térmica
  - ◆ Tendências aos balanços muito acentuados e balanços engastados em balanços
- b) Tendências no projeto:**
- ◆ Desconsideração do encurtamento de pilares
  - ◆ Redução na altura das vigas para acomodar volumes que se projetam em balanços



- ◆ Lajes zero com enfraquecimentos gerados pelo grande número de eletrodutos no corpo das lajes
- ◆ Lajes planas sem vigas de bordas
- ◆ Nós com acentuada densidade de armaduras (ferro à milanesa), resultando em nichos de concretagem
- ◆ Espaçamentos muito acentuados entre pilares e inércia relativamente pequena de vigas e lajes
- ◆ Superestimação do módulo de elasticidade do concreto
- ◆ Previsões incorretas de flechas, subestimando-se parcelas resultantes da retração, fissuração e deformação lenta do concreto, da fluência das armaduras protendidas
- ◆ Modelos computacionais impróprios para a previsão de flechas: flechas de 4,5cm pressionam a alvenaria, que não resiste (projeto mal executado)

**c) Tendências construtivas:**

- ◆ Cronogramas extremamente apertados (50 mil m<sup>2</sup> em 4 meses)
- ◆ Deslocamento de armaduras negativas nas concretagens
- ◆ Planos indevidos de decimbramento/escoramento residual
- ◆ Quase que total ausência de cura
- ◆ Detalhes inadequados de vinculação entre paredes e pilares (telas encurvadas, arames, fixação por atrito em furos)
- ◆ Substituição de contravergas contínuas por elementos curtos nos vértices inferiores dos vãos

- ◆ Excessivo retardamento na execução do telhado
- ◆ Emprego de concretos de elevada retração e conseqüente desenvolvimento lento da resistência e do módulo de elasticidade
- ◆ Emprego de elementos de alvenaria de grandes dimensões
- ◆ Materiais de assentamento, encunhamento e revestimento com elevado módulo de elasticidade
- ◆ Alvenarias sem argamassa nas juntas verticais (juntas secas), transferindo para o revestimento a tarefa de união entre os blocos
- ◆ Seqüências inadequadas de concretagem
- ◆ Armazenamento incorreto de materiais sobre pavimentos

Dos casos citados, Thomas extraiu as diretrizes urgentes que precisam ser aplicadas e incorporadas ao mercado construtivo:

- ◆ Elaborar normas mais técnicas
- ◆ Obedecer às normas técnicas
- ◆ Ensinar engenharia e arquitetura de modo mais efetivo
- ◆ Projetar arquitetonicamente com maior deformabilidade e construtibilidade
- ◆ Projetar estruturas com maior atenção às deformações
- ◆ Projetar adequadamente alvenarias, vedações e revestimentos
- ◆ Acompanhar as obras
- ◆ Executar com mais conhecimento de causa
- ◆ Racionalizar a 'racionalização'



Professor Tibério Andrade aborda a RAA em edifícios

## Reação Álcali-Agregado

Voltando aos desdobramentos do colapso do Edifício Areia Branca, a lei estadual de inspeções periódicas adotada por Pernambuco levou a comunidade técnica a descobrir um novo problema relativo às patologias em estruturas de concreto: as reações álcalis-agregados em elementos de fundação de edifícios. “Da queda do Areia Branca até 2006, foram descobertos sucessivos casos de fissuração em blocos de fundação de edifícios na região metropolitana de Recife. Em 16 casos, onde foi realizado o ensaio petrográfico, atestou-se a reação álcali-agregado”, contextualizou o professor da Universidade Federal de Pernambuco, Tibério Andrade.

A reação álcali-agregado (RAA) é uma reação química entre o agregado reativo e o álcali do cimento na presença de água. Ela gera um gel expansivo no concreto, que pode ser a causa de sua fissuração.

A RAA é conhecida há mais de 30 anos. Sua presença havia sido detectada em barragens de concreto, em blocos de fundação de pontes e em obras hidráulicas em geral. Porém, o que não se sabia é que atacava também estruturas de pequenas obras, como os elementos de fundação de um edifício.

Segundo o professor da Universidade Estadual

de Campinas (Unicamp), Vladimir Antonio Paulon, primeiro a diagnosticar um caso de RAA em barragem brasileira (barragem de Moxotó), o que lhe custou seu emprego, a presença da RAA caracteriza-se por bordas escuras em torno dos agregados, pela presença de um gel nos poros e fissuras do concreto e por um quadro de fissuração na superfície do concreto.

“O quadro fissuratório pode ser em forma de mapa, onde a fissuração é desordenada porque não há restrição considerável à expansão. Ou caracteriza-se pela fissuração orientada na direção da menor restrição na peça estrutural, quando esta está submetida à compressão ou possui armadura”, adicionou Tibério Andrade em sua palestra.

A RAA, por causa da expansão do gel que se forma no interior da peça de concreto, que pode ser contínua ou ser interrompida pelo esgotamento das condições de sua produção (principalmente, pela falta de água), pode levar aos seguintes problemas:

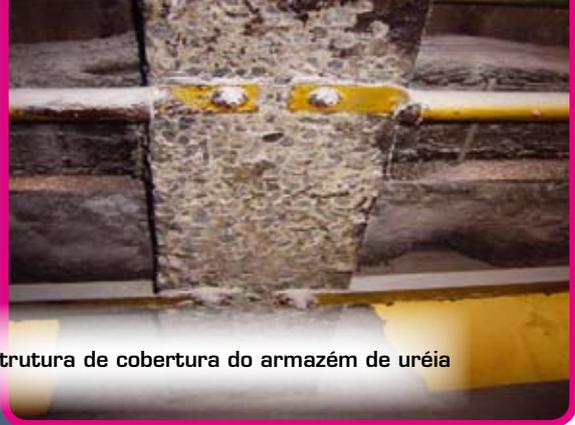
- ◆ Fechamento das juntas de projeto
- ◆ Microfissuração do concreto
- ◆ Fissuras superficiais ou profundas
- ◆ Visualização de juntas de concretagem
- ◆ Deslocamento de blocos
- ◆ Recalques diferenciais
- ◆ Maior permeabilidade do concreto
- ◆ Decréscimo do módulo de elasticidade

Paulon trouxe aos congressistas o caso de um piso aeroportuário no Brasil afetado pela RAA. O pátio do estacionamento, onde são visíveis os sintomas da RAA, empurrou transversalmente o asfalto da pista do aeroporto,



Fissuração em bloco de fundação de edifício comercial em Recife

# Caso de ataque por uréia de uma estrutura de concreto armado



Estrutura de cobertura do armazém de uréia



Professor César Daher apresentando estudo de ataque de uréia numa estrutura de concreto armado

O professor da Universidade Federal do Paraná, César Zanchi Daher, trouxe para o Painel sobre reações deletérias e falhas nas estruturas de concreto do Cinpar 2009 sua experiência com ataque de uréia numa fábrica de fertilizantes em Araucária, Paraná. "A uréia é higroscópica, expande-se no interior do concreto, tornando mais poroso e passível a ataques externos", salientou.

Sua afirmação foi respaldada pela inspeção visual feita no local, onde pode-se constatar a concentração de manifestações patológicas próxima aos pontos de abertura da edificação, que é o local onde a umidade relativa do ar é maior, e pelo ensaio de microscopia eletrônica de varredura de amostras,

onde se comparou a micrografia de concreto saudável com a do concreto deteriorado.

Como medidas de recuperação da estrutura, Daher providenciou:

**a) Medidas gerais:**

- ◆ A colocação de portas e a revisão do telhado com vistas a proteger o ambiente interno da excessiva umidade relativa do ar
- ◆ A retirada de toda a uréia do local de armazenagem, para a lavagem enérgica de todo o armazém
- ◆ A limpeza da estrutura com jatos de alta pressão de um composto de água e álcool ou água e benzina, para a solubilização da uréia acumulada na superfície da estrutura

◆ Secagem rigorosa do local com ar quente

**b) Para os locais com perda de impermeabilização:**

- ◆ Retirada integral de toda a superfície do concreto contaminado
- ◆ Limpeza e secagem da área

- ◆ Aplicação de uma ponte de ligação
- ◆ Aplicação de argamassa polimérica impermeabilizante e de membrana impermeabilizante monocomponente a base de poliuretano

**c) Para os locais com perda de impermeabilização e início de degradação do concreto:**

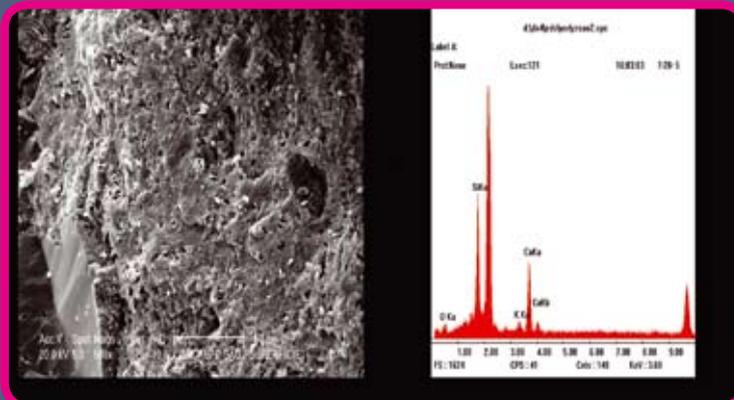
- ◆ Retirada do concreto, limpeza e secagem da área
- ◆ Aplicação de argamassa a base de cimento com polímeros de alto desempenho para as seções de reparo com até 5cm de profundidade
- ◆ Aplicação de groute de alto desempenho para as seções de reparo com maiores profundidades

**d) Para os locais com ataque agressivo:**

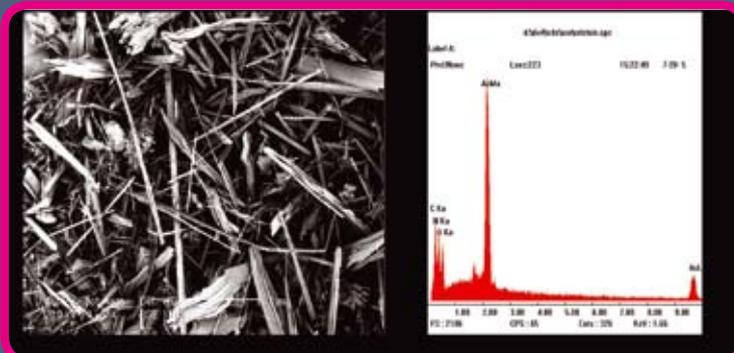
- ◆ Retirada do concreto, limpeza e secagem da área
- ◆ Reconstituição com groute puro para as seções de reparo com até 6cm de profundidade

- ◆ Aplicação de groute com agregados para as seções de reparo com profundidades maiores

- e) Passarelas:** substituição completa por peças novas pré-fabricadas com concreto classe C-50, com adição de sílica ativa ou metacaulim e relação água-cimento menor do que 0,4



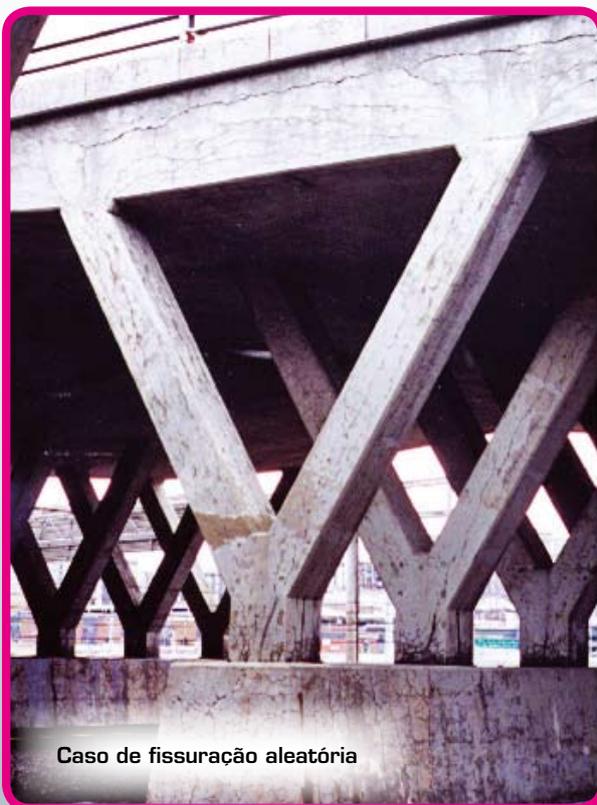
Microscopia mostrando a superfície do concreto são



Microscopia mostrando os cristais formados na superfície da amostra do concreto deteriorado



Professor Vladimir Paulon apresenta casos curiosos da RAA



Caso de fissuração aleatória

provocando nesta fissuras, ondulações, compressão de juntas de dilatação e deslocamento de placas. "Qual a solução deste caso?", provocou Paulon. "Aumentar o número de juntas e refazer o asfalto", respondeu.

Medidas para prevenir o problema foram repetidas pelos dois palestrantes:

- ◆ Caracterização do potencial de reatividade dos agregados para reduzir a quantidade de agregados reativos no concreto ou, caso não seja possível, reduzir seu tamanho e mudar sua forma
- ◆ Uso de concretos com adições minerais (metacaulim, sílica ativa, cinzas volantes, argilas calcinadas), com escórias de alto forno, com óxido de lítio, substâncias capazes de inibir a reação
- ◆ Reformulação do detalhamento das armaduras dos blocos e sapatas de fundação
- ◆ Injeção de microcimento ou epóxi nas fissuras, como medida corretiva
- ◆ Encapsulamento do concreto com armadura passiva e ativa, como medida corretiva

As medidas preventivas são indispensáveis se considerarmos que, no Brasil, as obras com RAA não são catalogadas. Logo, não é possível monitorar o problema para tomar as providências corretivas necessárias.

"Grande parte de nossas barragens foram construídas com agregados reativos. Além disso, o Brasil é um país quente, o que acelera a RAA. Na barragem de Moxotó, ela apareceu em cinco anos. Por isso, acredito que o Brasil deve ser o país com mais casos de RAA", alertou Paulon. ◆



Professor Paulon, ladeado pelos professores Tibério Andrade e De Lucca, responde a pergunta de congressista

# 51º Congresso Brasileiro do Concreto prestes a ser realizado em Curitiba

Maior fórum nacional e latino-americano de debates sobre a tecnologia do concreto e suas aplicações em obras civis, a 51ª edição do Congresso Brasileiro do Concreto será realizada em Curitiba, de 6 a 10 de outubro. Promovido pelo Instituto Brasileiro do Concreto – IBRACON, o evento vai discutir o Concreto para Obras de Infraestrutura Sustentáveis.

A diversidade de acontecimentos técnico-científicos e o nível dos participantes fazem a diferença neste tipo de evento no setor construtivo nacional. Estão programadas 41 sessões de Palestras Técnico-Científicas, 2 Workshops sobre Temas Controversos, 6 Conferências Plenárias com palestrantes internacionais, 3 Concursos Estudantis, 1 Mesa Redonda sobre “Os Materiais Cimentícios na Indústria de Gás e Óleo”, 1 Seminário Eletrobrás de Construção e Manutenção de Obras Civis, 1 Seminário de Sustentabilidade, Cursos de Atualização Profissional, Sessões Pôsteres, Feira de Produtos e Serviços para a Construção - Feibracon, Palestras Técnico-Comerciais e Reuniões Institucionais.

Uma maratona do saber, onde tradicionalmente engajam-se estudantes, pesquisadores, professores, técnicos, calculistas, tecnólogos, vendedores técnicos, marqueteiros, diretores e gerentes de empresas, empresários, construtores, funcionários públicos e outros agentes da cadeia da construção civil.

Paralelamente, a programação será integrada pelo VII Simpósio EPUSP sobre Estruturas de Concreto, evento que contará também com sessões plenárias e pôsteres, além de palestrantes nacionais e internacionais, para abordar os tópicos:

- ◆ 1. Projeto e Métodos Construtivos de Estruturas Complexas
- ◆ 2. Modernização de Códigos de Projeto
- ◆ 3. Monitoração de Estruturas
- ◆ 4. Aspectos Inovadores na Análise e Projeto de Estruturas

As palestras técnicas vão trazer ao públi-



co o estado da arte das pesquisas de materiais constitutivos do concreto e das estruturas de concreto armado, protendido, pré-fabricado, auto-adensado, de alto desempenho, entre outras. Estes trabalhos são apresentados pelos próprios pesquisadores das redes de pesquisa em engenharia civil no Brasil, na América Latina e no mundo, o que facilita a interação entre autores e congressistas.

### Palestrantes nacionais e estrangeiros

As Conferências Plenárias são o ponto alto do evento, pois representam a oportunidade de trocar experiências e conhecimentos com especialistas nacionais e estrangeiros sobre os variados aspectos associados à pesquisa e à aplicação do concreto no país e no mundo. Para esta edição do evento, foram convidados:

- a) Professor Carlos Eduardo Moreira Maffei**, do Departamento de Estruturas e Fundações da **USP**  
Discutirá os principais fatores intervenientes no mecanismo de colapso da estrutura do Túnel do Metrô de São Paulo, considerando-se as diferentes



Curitiba, PR

hipóteses levantadas sobre as possíveis causas do acidente.

- b) Professor Cristian Boller**, do **Fraunhofer Institute of Nondestructive Testing**, na Alemanha Vai expor em sua palestra o tema do gerenciamento da infraestrutura civil com base no monitoramento da saúde estrutural. A apresentação discutirá a aplicação dos ensaios não-destrutivos de última geração, em estruturas antigas e recentes, tais como:

- ◆ Imagem em 3D de patologias em peças estruturais escondidas
- ◆ Monitoramento online de cargas
- ◆ Avaliação do impacto da fadiga na vida útil
- ◆ Mapeamento de danos

- c) Professor Peter Marti**, do **Institute of Structural Engineering de Zurique**, na Suíça

Abordará o impacto da Análise-Limite no projeto de estruturas de concreto, delineando seu contexto histórico, os critérios de projeto, a aplicação dos métodos de estática e cinemática da teoria da plasticidade no reforço e protensão de estruturas de concreto e os modelos para a análise da fissuração em elementos de placas.

- d) Professor James Wight**, do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da **Universidade de Michigan**, nos Estados Unidos Vai expor as diretrizes das normas técnicas atuais para o projeto de estruturas de concreto. Ele foi presidente do *ACI Standard Building Code Committee 318*, de 2002 a 2008. Sua atividade de pesquisa está concentrada no comportamento inelástico e resistente das interfaces em materiais compósitos (concreto) e no uso de fibras de alto desempenho no concreto em regiões críticas de estruturas de concreto. Recentemente, esteve

envolvido no desenvolvimento de recomendações para a reabilitação de estruturas antigas em regiões de alto risco sísmico.

- e) Professor Alberto Carpinteri**, do Departamento de Engenharia Estrutural e Geotécnica da **Politécnica de Torino**, na Itália

Discutirá a aplicação da mecânica de fratura não-linear na avaliação da capacidade rotacional de vigas de concreto armado.

Alberto Carpinteri foi incluído na lista dos 100 maiores cientistas do *International Biographical Centre*.

- f) Professor Michel Lorrain**, da **Université Paul Sabatier de Toulouse**, França

Vai tratar dos ensaios de aderência entre o aço e o concreto, segundo as recomendações da ASTM e da RILEM, buscando sua padronização como mais um teste para aferir o controle de qualidade do concreto. Os resultados de vários testes aplicados pelo palestrante nos dois últimos anos em diferentes países serão apresentados.

Acompanhe as novidades sobre o evento, acessando: [www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br)

FEIBRACON

Numa área total de 8300 m<sup>2</sup> da Expo Unimed Curitiba, vai ter lugar a V Feira Brasileira das Construções em Concreto (FEIBRA-CON), onde expositores da área de aditivos, impermeabilizantes, produtos cimentícios, pré-moldados, fôrmas e escoramentos, equipamentos, ferramentas, sistemas construtivos, entre outros, trarão ao público as novidades em termos de produtos, equipamentos, serviços, tecnologias e sistemas construtivos.

Estandes à venda.

**Saiba mais:** <http://www.ibracon.org.br/eventos/51cbc/home.html>

Alunos posam com o livro  
gratuitamente doado



## Alunos do Curso de Pós-Graduação Tecnologia do Concreto recebem o livro “Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais”

Sob o patrocínio da Vedacit, os alunos da 1ª Edição do Curso de Pós-Graduação “Lato-Sensu” em Tecnologia do Concreto, promovido pelo Instituto idd, em Curitiba, receberam o livro “Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais”, dos professores Mehta e Monteiro, editado pelo IBRACON em 2008. A entrega aconteceu durante o módulo “Microestrutura do Concreto e Técnicas de Análises Avançadas”, ministrado pela Dra. Nicole Hasparyk (FURNAS/IBRACON), uma das responsáveis pela tradução do livro.

O curso, apoiado pelo IBRACON, teve sua palestra de abertura solene ministrada pelo Prof. Paulo Helene (EPUSP/IBRACON), idealizado e coordenado pelo Prof. Cesar Henrique Daher (Instituto idd/DAHER Tecnologia/IBRACON), conta com o seguinte corpo docente: Claudio Sbrighi Neto (CPTI/IBRACON), Isac José da Silva (Votorantim Cimentos), Nicole Hasparyk (FURNAS/IBRACON), Guilherme Gallo (Metacaulim), Marcelo Medeiros (UFPR/IBRACON), Wellington Repette

(UFSC), Moacir de Andrade (FURNAS), José Marques Filho (UFPR/COPEL/IBRACON), César Zanchi Daher (DAHER Tecnologia), Maurício Bianchini (Supermix/IBRACON), Luiz Roberto Prudêncio Jr. (UFSC/IBRACON), Vladimir Paulon (UNICAMP/IBRACON), Fabricio Bassani dos Santos (UNICAMP), Selmo C. Kuperman (DESEK/IBRACON), Denise Dal Molin (UFRGS/IBRACON), Enio Pazini Figueiredo (UFG/IBRACON), Bernardo Tutikian (UNISINOS), Sandro E.S. Mendes (Construtora Triunfo)Manfredo Belohuby (SIKA), Carlos Henrique Siqueira (Ponte S.A.), José Eduardo Granato (Viapol), Carlos Roberto Giublin (ABCP) e Armando Edson Garcia (UnB).

O curso conta ainda com os patrocínios da Vedacit, EMIC e Metacaulim do Brasil e com os apoios do IBRACON, IEP, Sinduscon-PR, ABCP, ABECE, ABESC, MC-Bauchemie, Grace, VIAPOL, FURNAS, DESEK, DAHER Tecnologia em Engenharia, LACTEC, PhD Engenharia e Consultoria e Exata Engenharia.

Maiores informações no site [www.institutoidd.com.br](http://www.institutoidd.com.br)

# IBRACON certifica primeira turma de laboratoristas

O Programa de Qualificação e Certificação do Instituto Brasileiro do Concreto – IBRACON certificou no mês de julho último sua primeira turma de laboratoristas de concreto fresco nível II. A turma foi composta por cinco profissionais de laboratório das empresas Alphageos, Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), EPT e Imperflon. Duas novas turmas – uma de laboratorista de concreto fresco nível I; outra, de laboratorista de concreto fresco nível II – já estão com as datas das provas agendadas.

O IBRACON está acreditado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualificação Industrial - INMETRO para certificar mão-de-obra da construção civil. Como primeira etapa de seu Programa, o Núcleo de Qualificação e Certificação de Pessoal (NQCP) está certificando os profissionais que trabalham em laboratórios de controle de qualidade, no sentido de assegurar que dominem os procedimentos e especificações postulados pelas normas técnicas. “O Programa de Qualificação vem complementar à acreditação dos laboratórios de controle tecnológico do concreto: ele garante a profissionalização da mão-de-obra e é um diferencial para o laboratorista”, explica Fabíola Beltrame, gerente do NQCP.

“A certificação de pessoal é uma aspiração antiga do IBRACON, que vem se somar à sua missão de contribuir para o desenvolvimento da cadeia produtiva do concreto, na medida em que aumenta a confiabilidade dos resultados dos ensaios de controle tecnológico e reduz os desperdícios no processo”, contextualiza Júlio Timerman, diretor de certificação de mão-de-obra do IBRACON.

Após inscreverem-se no Programa, preenchendo a ficha de inscrição e entregando ao NQCP os documentos pessoais, um comprovante de experiência profissional e o exame de acuidade visual, os candidatos passaram pelo seguinte processo, antes de obter seu certificado, emitido pelo Conselho de Certificação:

- a) Exame teórico geral:** avaliou os conhecimentos dos candidatos nas áreas de matemática e cálculo, segurança do trabalho, calibração de equipamentos, comportamento em laboratório, manuseio de instrumentos e normalização
- ◆ O exame consistiu de 40 questões de múltipla escolha
  - ◆ O candidato teve 60 minutos para realizá-lo
  - ◆ De caráter eliminatório, o candidato teve que obter 70% de aprovação para passar para a próxima etapa



Profissionais realizam testes teóricos

- b) Exame teórico específico:** avaliou o nível de conhecimento dos candidatos em relação às normas técnicas requeridas de um laboratorista de concreto fresco nível II – os critérios considerados foram: princípios das normas, técnicas de ensaio, especificações e critérios de aceitação
- ◆ O teste consistiu de 15 questões de múltipla escolha e de cinco questões dissertativas – a prova e seu gabarito foram elaborados pelo Comitê Tecnológico do Concreto (CTC) do NQCP
  - ◆ O postulante teve 80 minutos para completá-lo
  - ◆ De caráter eliminatório, requer aprovação de 70% para passar para próxima fase
- c) Exame prático:** realizados em laboratórios conveniados pelo NQCP (para a primeira turma, foram escolhidos a ABCP e o SENAI/Tatuapé), avaliou o desempenho dos laboratoristas na prática, simulando uma situação típica do dia a dia no laboratório.
- ◆ A Banca de Examinadores, formada por três profissionais de larga experiência na área de controle tecnológico do concreto, escolheu, aleatoriamente, três métodos de ensaio de concreto fresco para serem aplicados aos postulantes
  - ◆ Para o teste, o candidato encaminhou-se ao Centro de Exame de Qualificação com seu equipamento de proteção individual (EPI), na data e horário marcados
  - ◆ Os profissionais responsáveis pelos laboratórios onde se realizaram os exames prepararam o concreto fresco usado na avaliação
  - ◆ Sob supervisão dos examinadores, o postulante realizou os ensaios escolhidos, segundo os procedimentos normalizados, atentando-se, antes de iniciar os ensaios, para a qualidade dos equipamentos e para sua adequada calibração
  - ◆ Simultaneamente, o candidato preencheu uma planilha com campos vazios, onde ele deve discriminar os procedimentos realizados, as medidas tomadas e os cálculos feitos
  - ◆ O tempo total para a realização do teste prático foi de três horas
  - ◆ A aprovação foi condicionada a 80% de acerto



Candidato realiza ensaio do exame prático

- d) Análise do processo:** entrevista com a gerência técnica do NQCP, de caráter técnico-pedagógico, onde cada candidato recebeu uma avaliação dos aspectos positivos e negativos levantados no processo de avaliação

Após essas fases, toda a documentação dos candidatos foi remetida ao Conselho de Certificação, equipe multidisciplinar de profissionais reconhecidos e experientes, que avaliou seus desempenhos, conferindo-lhes o certificado, caso tenham atendido a todas as exigências e premissas do Programa.

“Nossa expectativa, já sinalizada em convênio em vias de ser assinado com a Petrobras, é que o IBRACON torne-se o certificador de todos os profissionais que atuem em atividades correlatas de dosagem, proporcionamento, aplicação e cura do concreto. A idéia é que, em médio prazo, a certificação sirva de parâmetro para a contratação de profissionais na cadeia produtiva do concreto”, completou Timerman.

Todas as informações para quem tem interesse em participar do Programa estão no site [www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br), no Manual do Candidato, inclusive a bibliografia técnica requerida de cada profissional. As inscrições estão abertas permanentemente.

# Jornadas de Engenharia foram transferidas para setembro

O Instituto de Estudo dos Materiais de Construção – IEMAC, a Universidade Estadual Vale do Acaraú - UVA e o Instituto Brasileiro do Concreto – IBRACON irão realizar nos dias 5 e 6 de setembro, na UNIFOR, em Fortaleza, Ceará, as Jornadas de Engenharia.

As Jornadas de Engenharia são uma oportunidade para aquisição de novos conhecimentos, técnicas e tecnologias na área de Tecnologia do Concreto e Patologia das Estruturas.

Estão confirmadas as participações dos seguintes professores e pesquisadores:

- ◆ Prof. Paulo Roberto do Lago Helene (POLI / USP - Brasil)
- ◆ Eng. Carlos Henrique Siqueira (Ponte Rio-Niterói – Brasil)
- ◆ Prof<sup>a</sup>. Eliana Cristina Barreto Monteiro (POLI/UPE – UNICAP – PE-Brasil)
- ◆ Prof. Bernardo Fonseca Tutikian (UNIVATES-UNISINOS – RS-Brasil)
- ◆ Prof. Aníbal Guimarães Costa (Universidade de Aveiro – Portugal)



Fortaleza, CE

- ◆ Eng. Ricardo Farias (Vedacit-Otto Baumgart – Brasil)
- ◆ Prof. Gibson Rocha Meira (IFPB – Brasil)
- ◆ Prof. Humberto Salazar Varum (Universidade de Aveiro – Portugal)
- ◆ Prof<sup>a</sup>. Maryangela Geimba de Lima (ITA – Brasil)

**Mais informações:** <http://www.sobral.org/jornadas2009> ◆



## LANÇAMENTO ESTUDO SETORIAL CONSTRUÇÃO - CIVIL E PESADA

Monitorar o mercado é atualmente aspecto crucial na condução dos negócios de todas as empresas e em específico daquelas que atuam no competitivo mercado de construção civil leve e pesada.

Por esta razão estamos levando a seu conhecimento as atividades da All Consulting, empresa voltada a elaboração de vários produtos entre os quais Relatórios Setoriais de Mercado, Acompanhamentos Contínuos de Mercado, Análises de Viabilidade, Workshops e Projetos Econômicos.

Constituída por profissionais altamente qualificados, experientes nas áreas mencionadas e oriundos de empresas correlatas, a All Consulting sente-se confortável em oferecer todo nosso portfólio de produtos, em específico os Relatórios Setoriais abrangendo as áreas de construção civil leve e pesada.

Entre em contato  
para conhecer  
outros produtos

[www.allconsulting.srv.br](http://www.allconsulting.srv.br)

[contato@allconsulting.srv.br](mailto:contato@allconsulting.srv.br)

11 3565-1702 / 1703



# Determinação e avaliação da viscosidade plástica e da tensão crítica de concretos usando o ensaio do tronco de cone modificado

João Felipe A. Reis • *Mestre em Engenharia Mecânica FEIS/UNESP*

Mônica P. Barbosa • *Professor*

Geraldo F. Maciel • *Professor*

Departamento de Engenharia Civil-UNESP/Ilha Solteira

## Resumo

Conhecer as propriedades reológicas do concreto no estado fresco, como tensão de escoamento e viscosidade plástica, são importantes, principalmente, no período em que o material é lançado nas fôrmas. O uso dos parâmetros reológicos para estudar a taxa de fluidez e a trabalhabilidade do concreto não são usualmente utilizados nos canteiros de obras de construção civil. Geralmente, o abatimento do concreto é o único parâmetro medido e, mesmo em laboratórios de pesquisa, os estudos raramente fornecem informações adicionais sobre o comportamento do escoamento desses materiais. O ensaio do tronco de cone modificado proposto por [1] permite avaliar a tensão de escoamento e a viscosidade plástica do concreto, de maneira simples e sem grandes custos, uma vez que reômetros de concreto são aparelhos sofisticados e relativamente caros. Este estudo avalia a tensão de escoamento e a viscosidade obtida pelo ensaio de abatimento do tronco de cone modificado no concreto de alto desempenho (CAD) e o concreto convencional (CC), ambos elaborados com cimento CPV-ARI. Correlações entre o ensaio de abatimento de tronco de cone modificado e o ensaio de reometria clássica foram estabelecidos. Os resultados obtidos

mostraram-se bastante satisfatórios para o cálculo da tensão crítica e da viscosidade dos concretos avaliados.

**Palavras-chave:** Concreto fresco, reologia, viscosidade, slump, tensão de escoamento

## Abstract

Knowing the concrete rheological properties in fresh state, viscosity and yield stress, are mainly important in the period that the material is thrown in the molds. The use of the rheology to study the fluidity rate or concrete workability is not very common. Usually, the slump is just an unique measured parameter and, even in laboratory, the studies rarely supply additional information about the flow behavior of those materials. The slump modified test proposed by [1] it allows to evaluate the critical tension and concrete plastic viscosity so simply and without significant costs, because rheometers of the laboratories are very sophisticated and relatively expensive apparatus. This study evaluates the yield stress and the viscosity obtained by the slump modified test for two different types of concrete, like to: the conventional fresh concrete (CC) and the concrete of high acting (CAD), elaborated with cement CPV ARI. And it

was done to test the correlation between slump modified test and test classical rheometer. For the concretes of high performed starting from the specific line the additive volume addition superplastificante was varied obtaining initial slumps that varied between 100mm and 260mm. The initial results obtained have proved very satisfactory in stress and viscosity calculus of the evaluated concretes.

**Keywords:** Fresh concrete, rheology, viscosity, slump, yield stress

---

## Introdução

---

Do surgimento do concreto, no início do século XIX, até os dias de hoje, novas tecnologias e novos materiais para a construção civil foram desenvolvidos de maneira significativa. A descoberta, nos últimos anos, de aditivos químicos – superplastificantes – e a utilização de adições minerais – tais como a microssilica – permitiram que a indústria da construção civil de concreto evoluísse consideravelmente. Atualmente, é grande a variedade de tipos de aditivos químicos, que visam, em sua maioria, melhorar a trabalhabilidade do concreto e, conseqüentemente, sua durabilidade e resistência.

O concreto é um material composto, entendido como uma concentração de partículas sólidas em suspensão (agregados) em um líquido viscoso (pasta de cimento). A exigência por parâmetros que melhor definem suas propriedades no estado fresco, importante para a indústria da construção, fez com que se buscasse os conceitos da reologia para estudar seu comportamento.

A trabalhabilidade é uma propriedade composta de, pelo menos, dois componentes principais: fluidez, que descreve a facilidade de mobilidade do concreto fresco; e a coesão, que descreve a resistência à exsudação ou à segregação [2]. As normas técnicas especificam diferentes métodos de ensaio para sua avaliação, embora nenhum deles seja capaz de abranger a grande variação de trabalhabilidade utilizada na prática. Entre os métodos de ensaio existentes, figura o ensaio de abatimento de tronco de cone, especificado pela NBR NM 67/98[3].

Fazer uso da reologia para estudar trabalhabilidade do concreto não é usual. Geralmente, o abatimento é o único parâmetro medido e está relacionado com a tensão de escoamento. São fornecidas, raramente, informações adicionais sobre o comportamento do escoamento da mistura, ou seja, sobre o comportamento do

concreto sob maiores taxas de cisalhamento. Além do mais, o ensaio de abatimento de tronco de cone é uma avaliação empírica.

Buscando um equipamento que suprisse a necessidade de se fornecer dois parâmetros reológicos que caracterizassem o comportamento de um concreto no estado fresco, foi proposto por [1] o ensaio de abatimento do tronco de cone modificado, que tem sido usado em alguns centros de pesquisa como um método alternativo de ensaio, capaz de determinar os dois parâmetros reológicos do concreto. Este ensaio permite avaliar a tensão de escoamento e a viscosidade plástica do concreto, de maneira simples e sem grandes custos, sobretudo sabendo que reômetros de concreto são aparelhos sofisticados e relativamente caros, cuja disponibilidade de uso é um tanto que restrita aos meios acadêmicos.

Neste trabalho foi avaliada a trabalhabilidade de concretos de alto desempenho (CAD) e de concretos convencionais (CC) a partir de conceitos reológicos, utilizando o ensaio de abatimento de tronco de cone modificado. Os resultados obtidos foram correlacionados com os ensaios via reometria clássica, reômetro de concreto, permitindo observar com maior precisão a influência dos componentes do concreto em suas propriedades reológicas.

---

## Propriedades do concreto fresco

---

As principais propriedades do concreto no estado fresco são a trabalhabilidade, segregação, exsudação e tempo de pega. O concreto pode ser considerado um fluido homogêneo e incompressível, e pode ser estudado pela ciência da reologia, desde que obedeça aos critérios:

- ◆ Não segregue durante o escoamento;
- ◆ Seu volume permaneça constante durante o processo de cisalhamento, isto é, seja incompressível;
- ◆ Tenha abatimento maior que 100 mm (para uso da metodologia aqui proposta).

Para alguns autores, o termo trabalhabilidade é usado como forma de abranger todas as qualidades necessárias a uma mistura, o que pode incluir, sob a mesma denominação geral, o requisito estabilidade, que significa dizer que a mistura é capaz de resistir à segregação e à exsudação [4], sendo que o nível de trabalhabilidade exigido vai depender da situação para a qual o material será empregado.

A trabalhabilidade do concreto pode ser definida como a propriedade que deter-

mina o esforço necessário para manipular uma quantidade de concreto fresco, com perda mínima de homogeneidade, sendo considerada a propriedade referente à sua aptidão em ser facilmente misturado, transportado, colocado em fôrmas e compactado, mantendo a sua integridade e homogeneidade, ou seja, evitando a segregação. É uma definição relativa, pois depende também da influência das fôrmas, dimensões e armaduras das peças a serem moldadas, e se refere às propriedades do concreto no estado fresco, isto é, antes que se inicie a pega e seu endurecimento.

Independente do procedimento de dosagem do material, a trabalhabilidade do concreto é de extrema importância para a sua tecnologia, estando diretamente relacionada ao seu custo, uma vez que se torna trabalhoso e, às vezes, impossível a manipulação de concretos que não pode ser lançado com facilidade ou até mesmo adensado.

### Reologia do concreto fresco

Sendo o concreto entendido como uma concentração de partículas sólidas em suspensão (agregados) em um líquido viscoso (pasta de cimento), sendo a pasta de cimento um líquido não homogêneo, composta por partículas (grãos de cimento) e um líquido (água), em termos reológicos, a exigência por parâmetros que melhor definam suas características fez com que novos estudos fossem iniciados.

A reologia, ciência voltada ao estudo da deformação e fluidez da matéria com relação direta entre tensão, deformação e tempo, é capaz de avaliar o comportamento do concreto no estado fresco, quando o mesmo se encontra no estado líquido, sendo considerado um líquido monofásico, ainda que tenhamos no início do processo fases distintas com a suspensão de agregados na matriz cimentícia (água + cimento).

As equações usadas para materiais com partículas em suspensão, caso do concreto, relacionam a concentração das partículas em suspensão à viscosidade ou à tensão de cisalhamento ou à taxa de cisalhamento, assumindo que há apenas um valor para a viscosidade do sistema em suspensão. Diz-se, portanto, que a tensão necessária ao escoamento do material, denominada de tensão de cisalhamento ( $\tau$ ) é igual a à soma da tensão de escoamento ( $\tau_0$ ) e de outro termo proporcional à taxa de cisalha-

mento ( $\dot{\gamma}$ ), denominado de viscosidade plástica ( $\mu_B$ ) (equação 1).

$$\tau = \tau_0 + \mu_B \dot{\gamma} \quad (1)$$

O concreto já foi submetido a vários testes reológicos e ajustado a diversos modelos; no entanto, o modelo que melhor descreve o comportamento reológico do concreto ao longo de sua fase no estado fresco é o modelo de Bingham (Tattersall [5]).

A reta de escoamento de Bingham corta o eixo da tensão conforme Figura 1. Isso vale dizer que o concreto precisa de uma tensão inicial de cisalhamento no ponto de tensão de escoamento ou crítica (yield stress) diferente de zero, para que o material mude do estado sólido para o estado líquido, onde ocorre o início do escoamento.

Uma explicação para o comportamento de um fluido binghamiano é de que o fluido, em repouso, contém uma estrutura tridimensional com rigidez suficiente para resistir qualquer tensão inferior à tensão de escoamento. Caso a tensão de escoamento seja excedida, a estrutura se desintegra e o sistema se comporta como um fluido newtoniano, sob uma determinada tensão de cisalhamento. Quando a tensão de cisalhamento que age sobre o sistema for reduzida e atingir valores inferiores à tensão de escoamento, a estrutura tridimensional é recuperada [6].

Se as propriedades do concreto no estado fresco se aproximam, em muito, de um fluido binghamiano, o material deve ser avaliado em termos de duas constantes: tensão de escoamento e viscosidade plás-

Figura 1 – Curva de escoamento para um fluido binghamiano.[4]

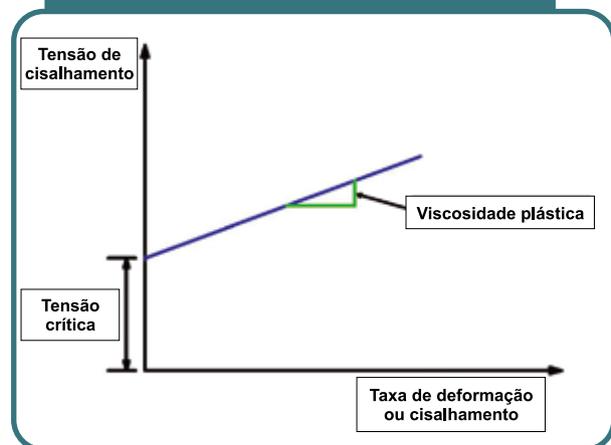
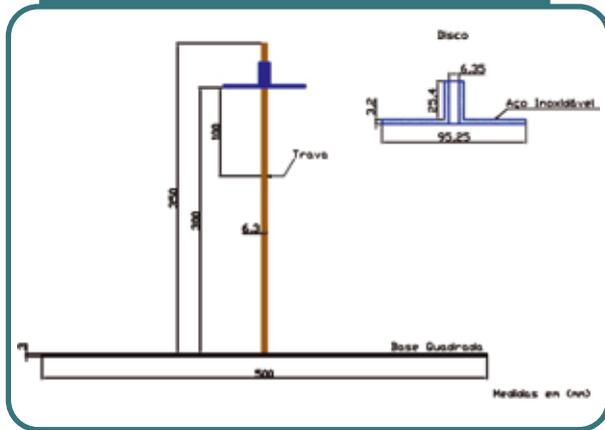


Figura 2 – Aparelho de abatimento de tronco de cone modificado. Haste no centro da base e disco deslizante, [1]



tica. O primeiro parâmetro reológico está relacionado com o abatimento, enquanto o segundo faz a diferença entre um concreto facilmente trabalhável e aquele de comportamento “pegajoso”, difícil de ser bombeado e que apresenta vazios na superfície quando a forma é retirada.

Hu & de Larrard [7] afirmam que o concreto exibe propriedades de um fluido tixotrópico, sendo que um efeito importante da tixotropia do concreto é o grande aumento da tensão de escoamento durante o repouso. Ele pode também apresentar um comportamento dilatante, onde a dilatância observada em um concreto deve ser relacionada principalmente ao método de ensaio utilizado [7].

Figura 3 – Aparelho de abatimento de tronco de cone modificado. Posicionamento do equipamento para realização do ensaio.

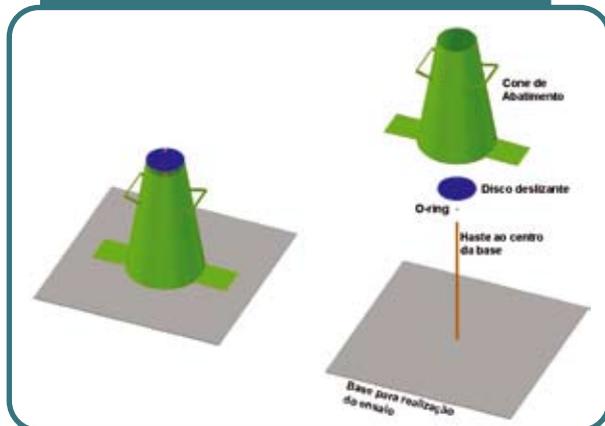
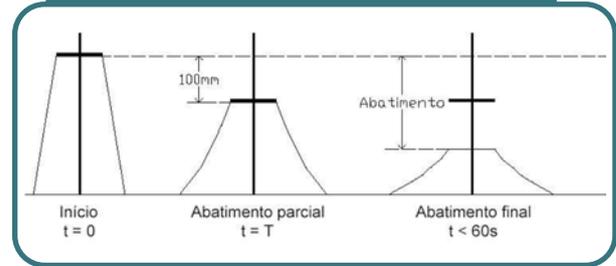


Figura 4 – Esquema de ensaio de abatimento de tronco de cone modificado, [1].



### Ensaio de abatimento do tronco de cone modificado

O ensaio de abatimento de tronco de cone modificado proposto por [1] permite caracterizar a viscosidade plástica, baseado em uma taxa média de abatimento durante o ensaio. Dessa maneira, intervalos de tempo necessários para se alcançar uma altura intermediária entre os valores inicial e final de abatimento pareceram, a priori, uma boa maneira para descrever a viscosidade dos concretos [8].

Durante a escolha da altura intermediária de abatimento, dois problemas potenciais foram levados em consideração: primeiro, os abatimentos muito baixos poderiam levar a tempos de abatimento muito pequenos e, assim, resultariam em baixa precisão nas medidas; e um abatimento parcial que fosse muito alto poderia excluir todos os concretos com abatimentos finais menores. Assim, como a variação de abatimento dos concretos capazes de serem avaliados com reômetros é maior que 100 mm, foi adotado este valor para o abatimento parcial [1][12].

A tensão de escoamento do concreto está relacionada com o abatimento, já a viscosidade ao tempo de abatimento do material. A modificação ocorrida no aparelho de abatimento de tronco de cone padrão para o aparelho de abatimento de tronco de cone modificado foi a colocação de uma haste, que fica ao centro da base do cone, e o uso de um disco deslizante (Figuras 2 e 3).

Para a marcação do tempo, utiliza-se um disco que desliza pela haste por uma altura de 100 mm. Quando o disco chega à altura de 100 mm, ele é travado pela haste (Figura 4). O tempo é controlado por um operador que o mede usando um cronômetro ([1] e [12]), ou ainda, através de cinematografia da queda (captura e tratamento de imagens) associada a dispositivos eletrônicos, técnica esta explorada neste artigo. Para o cálculo da tensão de escoamento e da viscosidade plástica, foram utilizados o abatimento final e o tempo da queda do disco.

A tensão de escoamento é calculada pela Equação (2), que relaciona o abatimento do concreto com a tensão de escoamento [1].

$$\tau_0 = \frac{\rho}{347} (300 - S) + 212 \quad (2)$$

Onde  $\rho$  é a massa específica do concreto ( $\text{Kg/m}^3$ ),  $\tau_0$  é a tensão de escoamento (Pa) e  $S$  é o abatimento do concreto (mm).

Para avaliar a viscosidade plástica foi assumido um abatimento final, massa específica do concreto e do tempo do abatimento. As Equações (3) e (4), propostas por [1] calculam a viscosidade para o concreto com abatimento entre 100 mm e 260 mm.

$$\mu = 1,08 \times 10^{-3} (S - 175) \rho T \quad (3)$$

para  $200 \text{ mm} < S < 260 \text{ mm}$

$$\mu = 25 \times 10^{-3} \rho T \quad (4)$$

para  $S < 200 \text{ mm}$

Onde  $\mu = \mu_b$  é a viscosidade plástica [Pa.s] e  $T$  é o tempo do abatimento parcial (s).

### Procedimento experimental

O comportamento reológico do concreto no estado fresco realizado através do ensaio de tronco de cone modificado, que fornece os dois parâmetros reológicos, viscosidade e tensão de escoamento, necessários para a avaliação das propriedades reológicas do concreto fresco, foi feito variando-se o tempo de descanso do

concreto. Os resultados foram comparados com aqueles obtidos via reometria clássica (reômetro UFSCar), onde em função da limitação existente do reômetro utilizado, que permite ensaios com agregados graúdos de diâmetro nominal de até 9,5mm, fez-se necessário desenvolver uma composição de concreto com agregados nesse diâmetro.

Os concretos de alto desempenho, denominados CAD, foram elaborados com cimento do tipo CPV-ARI, brita de origem basáltica de 16 mm, sílica ativa, aditivo superplastificante à base de policarboxilato e areia média proveniente da região de Castilho-SP. Suas composições se diferenciaram apenas na quantidade de superplastificante, variando em 0,1% a 0,2% a dose de superplastificante por traço. O concreto de alto desempenho denominado de MCAD teve os mesmos tipos de materiais, porém com brita de granulometria menor (9,5 mm) e teor de aditivo de 1,1% em relação à massa dos aglomerantes. O traço denominado de CC é de um concreto convencional cuja composição não contém aditivo superplastificante e sílica. Os aspectos relacionados ao desempenho mecânico e durabilidade foram avaliados aos 7 e 28 dias. As composições estão apresentadas na Tabela 1.

O procedimento de mistura influencia, de maneira acentuada, as propriedades do concreto, tanto no estado fresco como no estado endurecido. Para o concreto convencional, foi adotado o procedimento padrão de mistura, conforme mostrado na Figura 5. Já, para os CAD's, a diferença para o procedimento padrão se dá na adição de aditivo superplastificante ao final do repouso do concreto (Figura 6). Ambos tiveram tempo total de mistura de 10 minutos. Já, para o MCAD, o procedimento se diferenciou desde a seqüência de mistura dos materiais até o tempo total de produção do concreto (Figura 7) e o tempo total de mistura foi de 12 minutos para a produção do concreto.

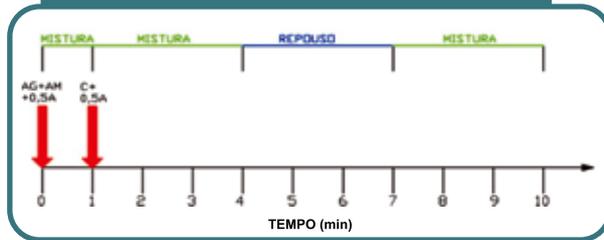
Nos ensaios de abatimento de tronco de cone modificado, foi adotado um único procedi-

Tabela 1 – Composições dos concretos

Tipos de concreto	Relação A/C	Água ( $\text{Kg/m}^3$ )	Cimento ( $\text{Kg/m}^3$ )	Sílica ( $\text{Kg/m}^3$ )	Agregado Graúdo ( $\text{Kg/m}^3$ )	Agregado Miúdo ( $\text{Kg/m}^3$ )	Aditivo ( $\text{Kg/m}^3$ )
CAD 1	0,3	160,1	466,7	51,8	1088,6	763,1	4,644
CAD 3	0,3	160,1	466,7	51,8	1088,6	763,1	5,160
CAD 5	0,3	160,1	466,7	51,8	1088,6	763,1	5,676
MCAD	0,3	160,1	466,7	51,8	957,1	848,7	5,767
CC	0,64	221,7	357	-	1088,6	763,1	-

Figura 5 – Procedimento de mistura adotado para o concreto convencional.

AG = agregado graúdo,  
AM = agregado miúdo,  
A = água, C = cimento



mento. Após o término da mistura, o concreto ficou em descanso por 5 minutos e, em seguida, uma amostra do material foi ensaiada. Durante os ensaios, o restante do concreto permaneceu dentro do misturador, sendo que a abertura do equipamento foi protegida com um pano úmido para se evitar a perda de água por evaporação.

A aquisição do tempo de abatimento parcial foi feita com a filmadora JVC DY-DV500 de alta resolução, posicionada acima do aparelho de abatimento modificado, de forma que fosse possível manter constante a visualização do disco, desde o início até ao fim da sua queda de 100 mm (Figura 8). Para a edição das imagens capturadas, foi utilizado o software Ulead Vídeo Studio 8 específico para este fim, tendo sido possível, com precisão, a visualização do início e do fim do abatimento parcial do concreto, dado necessário para a obtenção do tempo de duração da queda do disco.

A Figura 9 ilustra as várias fases do abatimento parcial, assim como o percurso do disco colocado na haste localizada no centro do aparelho de tronco de cone modificado, cujas imagens foram obtidas através do aparato de vídeo acima mencionado.

Figura 6 – Procedimento de mistura adotado para os concretos alto desempenho.

AG = agregado graúdo,  
AM = agregado miúdo,  
A = água, C = cimento,  
SA = sílica ativa,  
SP = superplastificante.

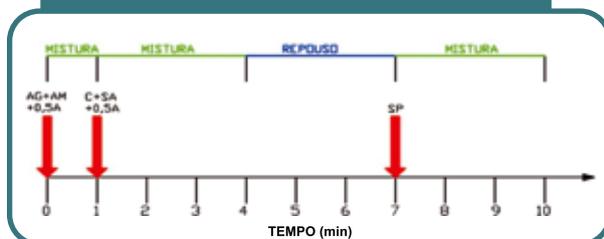
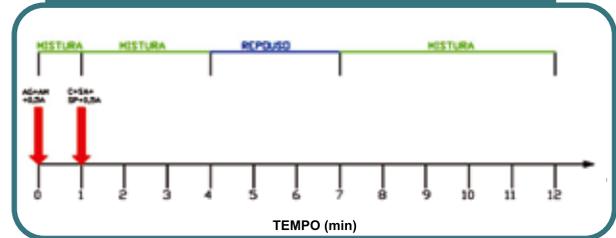


Figura 7 – Procedimento de mistura adotado para o Micro concreto Alto Desempenho (MCAD).

AG = agregado graúdo,  
AM = agregado miúdo,  
A = água, C = cimento,  
SA = sílica ativa,  
SP = superplastificante.



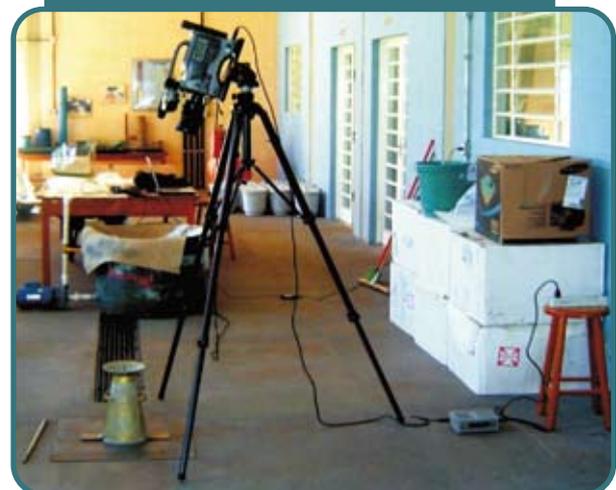
Nos ensaios reométricos foi adotado procedimento igual ao utilizado no ensaio de tronco de cone modificado, evitando-se possíveis variações nos resultados a serem comparados. Sendo o reômetro utilizado automatizado, seu manuseio para a realização do ensaio fica facilitada e fornece um resultado confiável e próximo do comportamento real da amostra ensaiada. Adotou-se nos ensaios uma programação dos torques aplicados e dos tempos de descanso do concreto, simulando o realizado no tronco de cone modificado.

## Resultados

### ENSAIO DE ABATIMENTO DE TRONCO DE CONE MODIFICADO

Os valores das tensões cisalhamento com escoamento dos concretos avaliados

Figura 8 – Esquema de montagem do aparato de filmagem



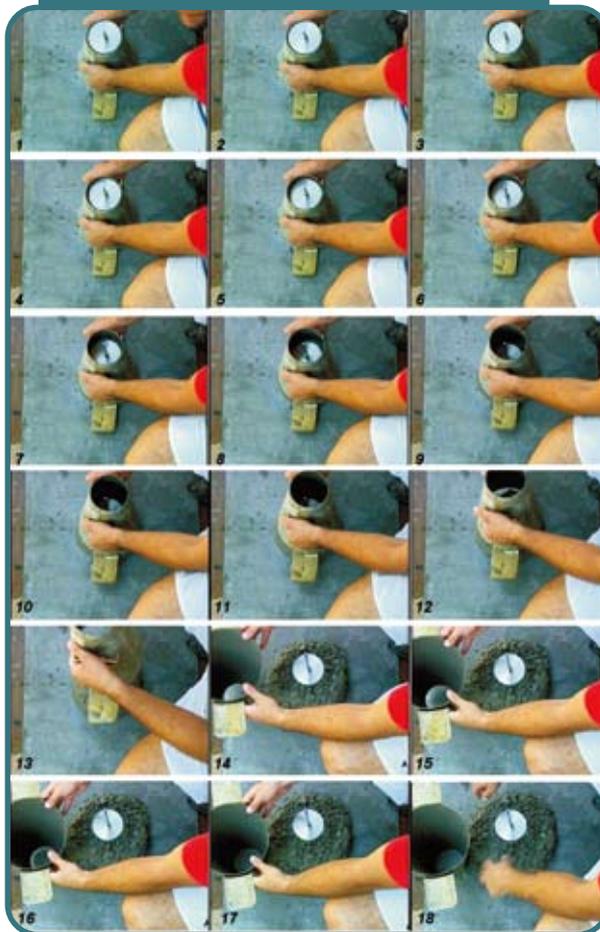
são apresentados na Tabela 2. Na Figura 10 são ilustrados o desenvolvimento da tensão de escoamento versus tempo.

A tensão crítica do concreto é uma função decrescente do seu abatimento. O concreto convencional apresenta uma curva de tensão bem definida, com acentuado ganho de tensão de escoamento ao longo do tempo. Entretanto, depois de decorridos 55 minutos do seu tempo inicial, não foi mais possível obter esta tensão. No caso do CC, o material que mais influencia no comportamento reológico é o cimento, sendo ele responsável pelo processo de hidratação que, juntamente com as propriedades dos agregados, definem o processo da pega do concreto.

A adição de superplastificante nos concretos de alto desempenho (CAD's) proporcionou menores índices de tensão de escoamento. As curvas de tensão dos três concretos – CAD 1, CAD 3 e CAD 5 – são proporcionais, porém estão em níveis diferentes de tensão. Segundo [9] e [10], esse fato está relacionado com a defloculação das partículas de cimento, tendo sido também observado por [8].

Embora o MCAD e o CAD 5 tenham a

Figura 9 – Diversas fases do ensaio de abatimento dos concretos ensaiados



mesma dosagem do superplastificante, os níveis de tensão apresentados foram diferentes, devido à mudança da granulometria do agregado graúdo utilizado no MCAD e do teor de argamassa, o que levou a um aumento da superfície específica dos agregados, ocasionando um concreto com tensão de escoamento superior. O comportamento do MCAD nos primeiros 15 minutos foi diferente do comportamento dos CAD's, isso por que o método de mistura do concreto foi diferente, sendo um método mais eficiente para a dispersão das moléculas de superplastificante.

Nota-se que as perdas de trabalhabilidade do concreto, associadas com o ganho da tensão de escoamento, estão relacionadas com o processo de pega do concreto, passando o concreto a enrijecer com o tempo devido às reações de hidratação do cimento.

A Figura 11 apresenta as curvas obtidas para a viscosidade plástica dos concretos em função do tempo. Elas indicam que o CC apresentou um ganho de viscosidade contínuo ao longo do tempo, porém pouco expressivo. Devido à limitação da proposta do ensaio de abatimento mínimo de 100 mm, a partir do

Tabela 2 – Resultados da tensão de escoamento dos quatro concretos ensaiados

Concretos	Tempo de medida (minutos)										
	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95	105
	Tensão de Escoamento (Pa)										
CAD 1	1087,5	1009,0	1143,7	1244,7	1401,8	1581,4	-	-	-	-	-
CAD 3	872,0	791,2	905,7	1013,4	1148,1	1269,4	1377,1	1505,1	-	-	-
CAD 5	708,7	675,0	725,5	767,6	826,6	860,2	1003,3	1146,5	1298,0	1500,0	1592,6
MCAD	1121,2	1278,4	1525,3	1660,0	-	-	-	-	-	-	-
CC	941,6	1110,0	1289,6	1458,0	1559,0	1592,6	-	-	-	-	-

Figura 10 – Curva tensão de cisalhamento versus tempo para os concretos ensaiados

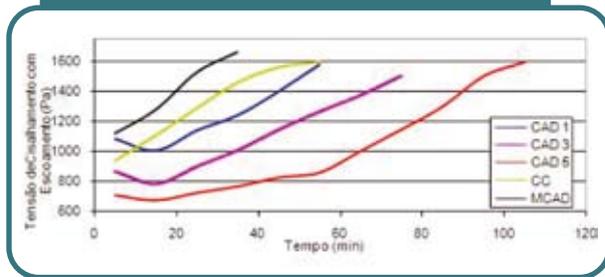
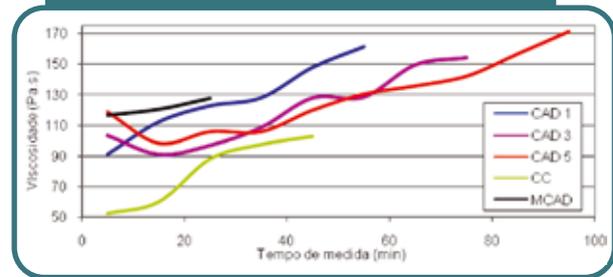


Figura 11 – Curva viscosidade versus tempo para os concretos ensaiados



tempo de 55 minutos, não mais foi possível sua avaliação.

No gráfico da Figura 11, pode-se observar que a adição de superplastificante ao concreto pouco influenciou na sua viscosidade, embora na bibliografia consultada exista ressalva de que a variação da viscosidade do concreto dependa das proporções de materiais empregados na sua composição e do seu tempo de pega.

Literalmente, o CAD é um concreto mais viscoso que o CC, sendo chamado de "pegajoso". Isto se deve à relação água/aglomerante e a proporção de aditivos adicionados ao mesmo. Essa diferença no comportamento inicial da viscosidade do CAD e do CC pode ser observada na Figura 11.

### Conclusões

Através dos resultados e comparações, verifica-se que o ensaio de tronco de cone

modificado é uma alternativa muito boa para a obtenção de parâmetros reológicos do concreto. Ainda existe necessidade dessa técnica ser mais aprimorada, de forma que os valores obtidos para a tensão e viscosidade tenham maior precisão, reproduzindo maior fidelidade à realidade e que seja divulgada como sendo uma alternativa de baixo custo, quando comparada ao investimento feito para a aquisição de um reômetro.

Constatou-se também que a viscosidade do concreto, independente do seu tipo, CC ou CAD, pouco variou durante o ensaio e que a influência do superplastificante na viscosidade do concreto é pouco significativa, quando comparada com a influência da tensão e torque de escoamento.

O esquema de filmagem utilizado para captura do tempo de abatimento foi de grande valia, uma vez que as incertezas, que foram mensuradas ao final do levantamento de dados dos ensaios, foram minimizadas devido à tecnologia utilizada.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [01] FERRARIS, C. F.; De LARRARD, F. Modified slump test to measure rheological parameters of fresh concrete. *Cement, Concrete and Aggregates*, v. 20, n. 2, p. 241-247, Dec.1998b.
- [02] MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. *Concreto: estrutura, propriedades e materiais*. São Paulo: PINI, 2008.
- [03] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND; Guia básico de utilização do cimento portland. 7.ed. São Paulo, 2002. 28p. (BT-106)
- \_\_\_\_\_. NBR NM 67: concreto - determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.
- [04] TATTERSALL, G. H.; BANFILL, P. F.G. *The rheology of fresh concrete*. London: Pitman, 1983. 347p.
- [05] TATTERSALL, G. H. Effect of vibration on the rheological properties of fresh cement pastes and concretes. In: *RHEOLOGY OF FRESH CEMENT AND CONCRETE*, 1990, London. Proceedings... London: E & FN Spon, 1991a. p. 323-338.
- [06] TANNER, R. I. *Engineering rheology*. ed. rev. New York: Oxford University Press, 1988. 451p.
- [07] HU, C.; De LARRARD, F. The rheology of fresh high-performance concrete. *Cement and Concrete Research*, v. 26, n. 2, p. 283-294, Feb. 1996.
- [08] CASTRO, Alessandra L.; *Aplicação de conceitos reológicos na tecnologia dos concretos de alto desempenho*. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia dos Materiais). EESC-USP, São Carlos, 2007.
- [09] PETROU, M. F. et al. Influence of mortar rheology on aggregate settlement. *ACI Materials Journal*, v. 97, n. 4, p. 479-485, July.-Aug. 2000b.
- [10] TATTERSALL, G. H. Effect of vibration on the rheological properties of fresh cement pastes and concretes. In: *RHEOLOGY OF FRESH CEMENT AND CONCRETE*, 1990, London. Proceedings... London: E & FN Spon, 1991a. p. 323-338. ◆



# 51º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO IBRACON 2009

CONCRETOS PARA  
INFRAESTRUTURA  
SUSTENTÁVEL

6 a 10  
de outubro  
de 2009

**Local**  
EXPOUnimedCuritiba

**CURITIBA** é conhecida nacional e internacionalmente pela inovação e modernidade. Executa seu planejamento pensando em crescimento, desenvolvimento e qualidade de vida.



## INVESTIMENTO

INSCRIÇÕES ABERTAS	Valores (R\$) Até 25/09/09	Valores (R\$) No Congresso
SÓCIO INDIVIDUAL	R\$ 650,00	R\$ 700,00
NÃO-SÓCIO INDIVIDUAL	R\$ 800,00	R\$ 850,00
SÓCIO ESTUDANTE GRADUAÇÃO	R\$ 350,00	R\$ 400,00
ESTUDANTES SÓCIOS PÓS-GRADUAÇÃO	R\$ 400,00	R\$ 450,00
ESTUDANTES NÃO-SÓCIOS GRADUAÇÃO	R\$ 450,00	R\$ 500,00
ESTUDANTES NÃO-SÓCIOS PÓS-GRADUAÇÃO	R\$ 500,00	R\$ 550,00

**EMPENHOS** – só serão aceitos se pagos até 25/09/09. Não serão aceitos empenhos pagos posteriormente.

## EVENTOS PARALELOS

- >> Mesa Redonda Materiais Cimentícios na Indústria de Oléo e Gás
- >> Seminário Eletrobrás de Construção e Manutenção Cívica
- >> Seminário de Sustentabilidade na Produção de Obras de Concreto

**V FEIBRACON**  
Feira Brasileira de  
Produtos e Serviços  
da Construção.  
Reserve seu espaço!



## PALESTRANTES CONVIDADOS

**Prof. Michel Lorrain (Universit  Paul Sabatier de Toulouse, França)**  
"Towards a standardized Pull Out Test for concrete quality control"

**Prof. Maffei (EPUSP, Brasil)**

"Mecanismo de Colapso da Estrutura do Túnel da Esta o Pinheiros do Metrô de São Paulo"

**Prof. Peter Marti (ETH – Zurich, Su a)**

"Design of Structural Concrete: Impact of Limit Analysis"

**Prof. James Wight (Univ. Michigan, EUA)**

"Modern Codes for Design of Concrete Structures"

**Prof. Alberto Carpinteri (Politécnico de Torino, Itália)**

"Application of Nonlinear Fracture Mechanics to the assessment of rotational capacity in reinforced concrete beams"

**Prof. Christian Bohler (Univ. Saarbrucken, Alemanha)**

"Managing Civil Infrastructure on the Basis of Structural Health Monitoring"

# RAPIDÍSS

É assim que atua a linha de aceleradores da Vedacit/Otto Baumgart. Vedacit Rapidíssimo em Pó, 100, 150 e 200 são indicados para concretos projetados e possuem alta tecnologia, atendendo aos mais exigentes padrões de qualidade estabelecidos pelas obras com segurança, economia e muita rapidez.

[www.vedacit.com.br](http://www.vedacit.com.br)

**VEDACIT**<sup>®</sup>  
IMPERMEABILIZANTES

