

# CONCRETO

& Construções



**IBRACON**

Instituto Brasileiro do Concreto

Ano XXXVII | Nº 56  
Out. • Nov. • Dez. | 2009  
ISSN 1809-7197  
www.ibracon.org.br

51º CONGRESSO BRASILEIRO  
DO CONCRETO



Fórum nacional sobre  
o concreto discute seu  
uso em obras de  
infraestrutura  
sustentáveis

NORMALIZAÇÃO



Proposição para  
revisão e atualização  
da NBR 9452/86

CONCRETOS COM FIBRAS



O desenvolvimento  
e o futuro dos  
pisos industriais



## PASSARELA DO GRIMPEIRO

MARCO ARQUITETÔNICO EM  
CONCRETO PARA CURITIBA,  
PROJETO VENCEDOR DO  
CONCURSO OUSADIA

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

## ADITIVOS



## EQUIPAMENTOS



Equipamentos e Sistemas de Ensaio

## ADIÇÕES



## JUNTAS



## ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO



Escola Politécnica - USP



POPTICA UNIVERSIDADE CATÓLICA



Instituto de Pesquisas Tecnológicas



## ARMADURA



## ESCRITÓRIOS DE PROJETOS



## JUNTE-SE A ELAS

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

### PRÉ-FABRICADOS



### CONTROLE TECNOLÓGICO



### FÔRMAS



### CONSTRUTORAS



### CIMENTO



### AGREGADOS



### GOVERNO



### 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 (Elementto-Arte)  
gill@elementto-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  
CEP 05542-120 – Jardim Olímpia – São Paulo – SP  
Tel. (11) 3735-0202



**14 51º Congresso Brasileiro do Concreto**  
*Cobertura completa do maior evento técnico nacional sobre o concreto e seus sistemas construtivos discute os desafios para o crescimento sustentável no país*

- 31 Premiados 2009**
- 41 Painel de Assuntos Controversos**
- 48 Concursos Estudantis**
- 54 Projeto Ousadia Vencedor**
- 58 Painel de Assuntos Controversos**
- 72 Projeto Ousadia – 2º colocado**
- 75 Seminário do Setor Elétrico**
- 91 Projeto Ousadia – 3º colocado**
- 100 Seminário de Sustentabilidade**
- 112 Eleição do Conselho Diretor do IBRACON**

**24 Concreto com fibras**  
*Panorama no uso de concretos com fibras em pisos industriais e pavimentos*

**36 Normalização**  
*Proposições para a revisão e atualização da Norma para Vistoria de Pontes e Viadutos de Concreto (NBR 9452/86)*



**66 Ensaio de fluência**  
*As dificuldades na execução do ensaio e as soluções propostas baseadas em técnicas utilizadas nos Laboratórios de Furnas e da CESP*

**87 Sistemas de Impermeabilização**  
*Impermeabilização de estruturas com concreto armado com resinas de poliuretano em comparação às mantas asfálticas*

## SEÇÕES

- 5 Editorial**
- 6 Converse com IBRACON**
- 8 Personalidade Entrevistada – Simão Prizskulnik**
- 46 Mercado Nacional**
- 69 Mantenedor**
- 95 Engenharia Legal**
- 110 Acontece nas Regionais**
- 113 Pesquisa Aplicada**



**Créditos Capa:**  
Montagem a partir das maquetes eletrônicas da Passarela do Grimpeiro, projeto vencedor do Concurso Ousadia

## Núcleo de qualificação e certificação profissional em ação

Desde que foi criado pelo Ibracon em 2006, com o objetivo de aprimorar e qualificar a mão de obra atuante na cadeia produtiva do concreto, o NQCP-IBRACON – Núcleo de Qualificação e Certificação de Pessoas já obteve significativos avanços, sendo atualmente o único organismo certificador de pessoas da construção civil acreditado junto ao INMETRO.

A busca pela qualificação e aprimoramento contínuo da mão de obra é uma antiga aspiração do Ibracon, cuja visão de valorização do ser humano em prol da sociedade era discutida há décadas em nossa entidade.

Entretanto, somente em 2006, na gestão do Prof. Paulo Helene, foram dados os primeiros passos concretos para transformar estes sonhos em realidade, com a alteração do estatuto, possibilitando assim a criação do NQCP-IBRACON, o que efetivamente ocorreu naquele ano.

Atualmente, o NQCP possui uma estrutura autônoma em relação ao Ibracon, com regulamento próprio, compreendendo as Gerências Administrativas, Técnicas e de Qualidade, abrigando ainda um Conselho de Certificação, onde são debatidas e definidas as diretrizes que norteiam todo o processo de Certificação, e também os Comitês Setoriais, formados por profissionais de renome no meio técnico, que estabelecem competências, definem a grade curricular e os requisitos a serem atendidos pela mão de obra que anseia por esta qualificação.

Em uma primeira etapa, este programa está voltado aos profissionais responsáveis pela execução das atividades de controle de

qualidade relativas ao concreto e seus componentes. Esta priorização foi definida em função das necessidades da Cadeia Produtiva da Construção Civil, que sempre ansiou por uma maior confiabilidade nos controles de qualidade, com conseqüente melhoria nos processos e redução de desperdícios.

A primeira turma de laboratoristas foi qualificada durante o último mês de julho e, face a crescente demanda, empreendeu-se convênios com novos CEQs (Centros de Exames de Qualificação) não só no município de São Paulo, mas também em outras cidades e capitais, tais como São José dos Campos, Recife, etc... Esta tendência de espraiar a atividade de qualificação da mão de obra para outras regiões brasileiras atende também uma expectativa do mercado, que entende que a qualificação da mão de obra não deva ter um caráter elitista, mas sim aberto e democrático a todos.

A consolidação desta primeira etapa do processo, que culminou com a assinatura do convênio entre o NQCP-IBRACON e a Petrobrás durante o Congresso ocorrido em Curitiba no último mês de outubro/09, fazendo com que os profissionais desta empresa sejam doravante Certificados pelo NQCP, nos dá a tranquilidade e o suporte necessário a iniciar a formação dos Comitês Setoriais de outras áreas onde é imprescindível a formação contínua e qualificação de mão de obra para a Construção Civil, tais como: inspetores de estruturas de concreto, construção industrializada, etc.....

Entendo que o caminho é longo e penoso, com mudanças em culturas e paradigmas, mas tenham a certeza que o NQCP-IBRACON saberá trilhá-lo para atingir a tão sonhada meta que sempre o norteou

*Qualificação Profissional – Hoje e Sempre!!!!*

**ENGº JÚLIO TIMERMAN**  
**Diretor de Certificação**



# 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).

### Julio Timerman é eleito vice-presidente da IABSE

#### Prezados Associados, Amigos e Colegas

*É com enorme satisfação que comunico que o Eng. Julio Timerman, Diretor do IBRACON, foi eleito vice-presidente da IABSE (International Association for Bridge and Structural Engineering), uma das entidades internacionais de maior prestígio na nossa área de concreto e estruturas mistas e metálicas. Trata-se de um reconhecimento do meio técnico internacional com relação à qualidade da engenharia civil de estruturas do Brasil, muito bem representada pelo eng. Timerman, que nos orgulha com essa eleição.*

*A Revista Concreto está preparando uma matéria sobre o assunto, expondo melhor os objetivos da IABSE e os planos do recém-empossado vice-diretor (gestão de 4 anos), entre eles o de trazer ao Brasil o congresso máximo da IABSE no mundo, que normalmente reúne mais de 500 profissionais e acadêmicos de mais de 120 países. Tal acontecimento terá lugar no ano de 2014, junto com a Copa Mundial de Futebol.*

*O Eng. Julio Timerman foi eleito graças à sua competência e carisma, e também contou com o inestimável apoio da ABPE (Associação Brasileira de Pontes e Estruturas), através dos amigos Eng Gilson Marchesini e Gilberto do Valle, muito conhecidos e reconhecidos no país e no exterior.*

*Temos certeza que esta gestão do eng. Julio contribuirá ainda mais para o estreitamento das entidades representativas do setor (IBRACON, ABECE, IE, ABPE) com a IABSE em benefício da boa engenharia de estruturas.*

*Parabéns ao Julio e conte conosco.*

*Rubens Bittencourt  
presidente IBRACON*

*Paulo Helene  
vice-presidente IBRACON*

#### Prezado Júlio e Colegas

Parabéns mais uma vez. Esta é mais uma das suas grandes realizações.

Além do notável trabalho realizado na ABECE quando ocupou o cargo de Presidente, o eng. Júlio é hoje o Diretor de Certificação de Mão de Obra do IBRACON. Nesta função o Júlio liderou o projeto para qualificar o IBRACON como a primeira entidade nacional a estar habilitada junto ao INMETRO para Certificação de Mão de Obra na construção civil. Os trabalhos estão em pleno andamento.

Além destas qualidades técnicas e companheiro de pescarias no MT, o Júlio também possui inúmeras outras extraordinárias qualidades pessoais que não cabe aqui enumerar.

Saudações

*Nelson Covas  
TQS – SP – SP* ◆

### *Simão Prizskulnik*



**P**rizskulnik foi um dos fundadores do Instituto Brasileiro do Concreto no ano de 1972. Formado em Engenharia Civil pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, em 1963, obteve seu título de Mestre em Engenharia de Materiais pela mesma universidade, ao defender a dissertação “Estudo Tecnológico dos Cimentos Portland Brasileiros. Prestou serviços como engenheiro tecnologista e pesquisador no Instituto de Pesquisa Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), de 1964 a 1976, atuando nas

linhas de pesquisa de durabilidade do concreto e de pré-moldados de concreto. A partir de 1977 até 1997, Prizskulnik foi engenheiro tecnologista na Hidroservice Engenharia de Projetos, onde participou dos projetos de viabilidade, básico e executivo de grandes obras no Brasil e no exterior, além do controle de qualidade da construção de estruturas de concreto dessas obras. Concomitantemente, Prizskulnik foi Professor de Materiais de Construção na Faculdade de Tecnologia de São Paulo (FATEC-SP) até 2005. E desde 1973, é Professor de Materiais de Construção na Universidade Presbiteriana Mackenzie. Sua atividade de pesquisa concentra-se na área de infraestrutura em transportes. Prizskulnik é sócio honorário do IBRACON desde 1990.

**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 da Ciência dos Materiais? Por que resolveu ser professor?

**Simão Prizskulnik** – A escolha da engenharia civil como profissão decorreu do conhecimento da potencialidade dessa atividade em contribuir para o bem estar da sociedade. Outras profissões têm aspecto social muito importante – como a medicina –, mas acabei por me identificar com a engenharia.

Durante o curso, eu me identifiquei muito com professores que ministravam disciplinas relacionadas aos Materiais de Construção, particularmente com o saudoso professor Ary Frederico Torres. Sua aula era a de um tribuno – ele apresentava o tema como poucos eu vi com capacidade de transmitir o conhecimento aos alunos. Além disso, a área de Materiais era bastante completa, com professores especializados em cada um dos temas – tínhamos professores da área de concreto, cerâmica, polímeros, de metais – cada um deles contribuindo para o enriquecimento da disciplina na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Acabei iniciando a carreira nesta área de Materiais de Construção, particularmente em concreto e seus artefatos, no Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), em 1964. Nesta época, as aulas da área de Materiais de Construção, especialmente as dadas em laboratório, eram ministradas no IPT, num convênio entre esta instituição e a Escola Politécnica, que estava sendo progressivamente transferida para a Cidade Universitária. Por isso, o ensino para mim veio como uma extensão. No início, o planejamento das aulas era feito pelo professor Hélio Martins de Oliveira, um colaborador do professor Ary Frederico Torres, e envolvia todas as áreas do IPT – concreto, madeira, plástico, química, e assim por diante. Quando assumiu o professor Eládio Petrucci a cátedra de Materiais de Construção, eu acabei me vinculando como professor-assistente. Ao mesmo tempo, o professor Eládio foi chamado para iniciar os cursos de Materiais de Construção na Faculdade de Tecnologia (FATEC) de São Paulo e me convidou a participar da equipe que daria as aulas naquela Faculdade. Daí por diante, sempre atuei nesta área, sem, no entanto, deixar de atuar profissionalmente na área

de Engenharia Civil. Foram 13 anos no IPT e, em seguida, atuei por 20 anos como chefe de seção de Tecnologia e Observação de Estruturas da Hidroservice Engenharia de Projetos, onde tive a oportunidade de participar de uma equipe multidisciplinar responsável, dentre outras atividades, na seleção de materiais de construção, na elaboração das especificações, das instruções de serviço, no projeto de monitoramento das estruturas, na assessoria às obras. Tive oportunidade de me envolver em obras de todas as naturezas – usinas hidrelétricas, obras de saneamento, obras de transportes, etc.

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

**Simão Prizskulnik** – O concreto tem uma potencialidade extraordinária como material para fins estruturais. Sua qualidade de ser moldável e, portanto, de preencher os moldes em geometrias e dimensões as mais variadas possíveis. Minha identificação foi maior em relação ao concreto do que em relação àqueles materiais industrializados e fornecidos prontos para serem consumidos. O concreto é material que é dosado sob medida para atender a todas as possíveis aplicações, limitadas apenas pela criatividade dos projetistas e arquitetos. O concreto é o segundo material mais utilizado pelo homem depois da água. Ele é utilizado de maneira ampla e genérica em todas as áreas – habitação, energia, transporte, saneamento, educação, lazer.

O concreto é material que é dosado sob medida para atender a todas as possíveis aplicações, limitadas apenas pela criatividade dos projetistas e arquitetos.

**IBRACON** – Como e onde surgiu o cimento?

**Simão Prizskulnik** – A história do cimento é muito antiga. Nós temos registros de obras realizadas com aglomerantes que se assemelhavam ao aglomerante moderno – o cimento Portland. Os romanos já haviam adquirido as experiências de civilizações anteriores – etruscos e gregos – com um material aglomerante chamado à época de ‘cimentum’. Temos obras maravilhosas feitas com este material, como a Via Ápia, o Coliseu, o Panteão, obras de distribuição de água (aquedutos), que duram até hoje.

Como este aglomerante era feito? Obtinha-se a cal a partir da queima do calcário, que era então misturada a um material de natureza vulcânica – chamado pozolana, encontrada originalmente numa região próxima a Nápoles, na

Itália, mas depois encontrada em outras regiões do Império Romano.

Toda esta experiência encontra-se registrada numa obra de 10 volumes chamada "Da Architectura", de Marcus Vitruvius, que descreve com detalhes a composição desse aglomerante cimento.

Modernamente, a primeira patente é atribuída pela Coroa Britânica, em 1824, ao construtor Joseph Aspdin, que obteve um cimento com cor parecida ao rochedo da localidade de Portland, muito usado na construção; por isso, a denominação cimento Portland. Ele certamente conhecia as histórias de Marcus Vitruvius e sabia que o cimento era formado por uma composição de calcário e argila, pois o material vulcânico tem as características de argila queimada. Então, o que ele fez foi criar um 'vulcão artificial', um forno, onde ele queimou o calcário contendo argila, obtendo um produto semelhante ao aglomerante antigo, formado pela mistura da cal com a pozolana. Porém, Aspdin não foi o primeiro a empreender tal busca pelo material semelhante ao 'cimentum'; houve outras experiências anteriores que obtiveram sucesso em sua finalidade.

A partir daí, a indústria cimenteira desenvolveu-se muito, podendo ser considerada um dos marcos de desenvolvimento econômico de um país. Hoje, são produzidas por volta de três bilhões de toneladas por ano, sendo que 1,3 bilhão são produzidas na China, um grande cantoneiro de obras, país que tem ainda muito por fazer em todas as áreas – saneamento, transporte, energia. O Brasil produz pouco mais de 50 milhões de toneladas anuais e deve estar entre os 10 maiores produtores.

**IBRACON** – *Quais os fatores que contribuíram para essa disseminação do cimento e do concreto como materiais construtivos?*

**Simão Priszkulnik** – Primeiramente, a disponibilidade ampla de matérias-primas: calcário, brita, areia e água são encontráveis em qualquer lugar do mundo.

Adicionalmente, a potencialidade do concreto de ser moldável, que o torna material construtivo extremamente atraente para ser aplicado em todos os tipos de obras.

Em terceiro lugar, o próprio desenvolvimento da indústria de cimento. Hoje, no Brasil, pode-se encontrar mais de 60 membros da família do ci-

mento Portland, computando tipos, variedades e classes de resistências. E essa não é a única família; nós temos a família dos cimentos aluminosos e outras variedades de cimentos inorgânicos; além dos aglomerantes orgânicos como os polímeros e materiais betuminosos, cada qual destinado a atender às exigências de todas as especificações, em função das respectivas obras.

**IBRACON** – *Como é o processo de fabricação do cimento?*

**Simão Priszkulnik** – As matérias-primas para a fabricação do cimento são calcário, argila e, eventualmente, areia silicosa e minério de ferro. Primeiramente, essas matérias-primas são homogeneizadas, com sua conversão em pó. Este pó é introduzido no forno, passando por etapas de aquecimento, até chegar à zona de máxima temperatura (aproximadamente 1450° C), onde acontece a clínquerização, processo no qual 30% da

mistura é convertida em fase líquida. O resultado do processo é o clínquer, que são pelotas, que são, então, moídas e a elas é adicionada gipsita, para retardar a pega do cimento resultante. Caso fosse moído diretamente o clínquer, a pega seria quase instantânea e o material não teria utilização – por isso, são adicionados de 2 a 3% de gipsita para retardar a aridez dos componentes químicos do clínquer em reagir com a água.

Além dessa adição, as normas brasileiras permitem a adição de outros materiais, como a escória de alto-forno. O cimento é

um grande depositário dos resíduos da indústria siderúrgica desde 1950, com a implantação da Companhia Siderúrgica Nacional, em Volta Redonda, situação muito anterior ao modismo da sustentabilidade. As normas brasileiras permitem adição de até 70% de escória na composição do cimento (cimento Portland de Alto Forno) em substituição do clínquer, o que resulta também em economia de energia para a produção de clínquer. Por que tal proporção é possível? Porque a escória de alto forno é parente ao clínquer: ela tem composição muito próxima. Isso porque, no beneficiamento do minério de ferro, sua redução a ferro metálico, com eliminação da impureza argilosa, utiliza-se a cal. A cal é usada na indústria siderúrgica: ela reage com a argila para formar a escória, que tem densidade 2 comparativamente à densidade 7 do ferro gusa, que então é separado por decantação.

O cimento é um grande depositário dos resíduos da indústria siderúrgica desde 1950, com a implantação da Companhia Siderúrgica Nacional, em Volta Redonda.

Na comparação da análise química entre o clínquer e a escória, percebe-se uma menor proporção de óxido de cálcio na escória relativamente ao clínquer (40 para 70%). Por isso, a escória precisa ser catalisada com hidróxido de cálcio, que é o produto resultante da hidratação do próprio clínquer, no processo de mistura do clínquer com adições.

Além da escória, temos também na indústria de cimento o uso de longa data da cinza volante, produto resultante da queima de carvão mineral na geração de energia nas usinas termelétricas. Essa cinza tem também material de impureza argilosa, que, ao se combinar com hidróxido de cálcio, acaba formando um material com propriedades pozolânicas. Essa cinza volante é muito utilizada em cimentos produzidos no Sul do país, devido ao uso intensivo do carvão mineral na região.

Outros resíduos utilizados na produção de cimento: sílica ativa, pó resultante da fabricação de liga de ferro-silício; a cinza da queima da casca de arroz. O cimento é um grande depositário desses resíduos industriais, com sua incorporação normalizada no Brasil já de longa data.

Outra contribuição da fabricação do cimento para a sustentabilidade é o coprocessamento, a possibilidade e realidade do uso de materiais descartados, como os pneus, que levariam muito tempo para sua deterioração se ficassem em depósitos, serem queimados no forno para gerarem o calor necessário à clínquerização.

**IBRACON** – Que tipo de controle de qualidade é feito na indústria do cimento?

**Simão Prizskulnik** – A normalização brasileira começou com a normalização do cimento. A primeira especificação brasileira foi a EB-1, feita então pela Reunião de Laboratórios de Materiais de Construção, em 1938, que passou a se chamar Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), estabelecia as exigências de qualidade para o cimento. Desde então o cimento sempre foi um produto controlado. Hoje, nós temos nove normas técnicas relativas ao cimento, atualmente chamadas NBR e com sua denominação dada partir do registro no INMETRO.

**IBRACON** – Por que o Brasil sempre usou mais o concreto em relação a outros materiais construtivos?

**Simão Prizskulnik** – Nossa tradição é voltada para o uso do concreto: metodologia construtiva, projeto e estrutura implantada voltados para a construção em concreto. Embora se use parcialmente no país a estrutura metálica, a indústria siderúrgica pouco se preocupou, como a indústria do cimento, em fomentar o uso do aço na construção civil. O aço no Brasil é prioritariamente destinado a outras aplicações: para a indústria de base, a indústria automobilística, e assim por diante. O aço usado na construção deve ser aproximadamente de 5 a 7% da produção de uma usina siderúrgica. Hoje, as usinas siderúrgicas tentam reverter este quadro, fomentando mais o uso das estruturas metálicas, mas durante muito tempo esta aplicabilidade foi relegada ao segundo plano.

Por outro lado, a propriedade de moldabilidade do concreto é tão forte, representando a possibilidade de executar a estrutura

do jeito que se deseja – se projeta com as dimensões e geometrias as mais variadas e se executa sem a necessidade de contar com perfis prontos, com dimensões e formas pré-definidas. Não há limites para o enquadramento da construção. Esta é uma vantagem do concreto.

De outra parte, nossos projetistas e construtores hoje estão muito mais familiarizados com a construção em concreto.

O potencial de crescimento do setor [construtivo] é enorme, afinal de contas o Brasil tem ainda tudo por fazer – nas áreas de saneamento, transportes, energia, habitação.

**IBRACON** – A indústria cimenteira nacional tem parâmetros de qualidade e de produtividade que a iguala às internacionais?

**Simão Prizskulnik** – Com certeza. A indústria de cimento nacional é uma indústria de primeira linha. É exemplar em termos de desenvolvimento e de controle de qualidade em nível mundial. Não fica devendo em nada comparativamente às indústrias de cimento mais desenvolvidas do mundo. Portanto, ela se insere entre elas. O que acontece é que a produção de cimento no país não acompanha a produção nos maiores países produtores. Atualmente, o Brasil produz acima de 50 milhões de toneladas de cimento por ano, patamar que representa uma recuperação no setor, que chegou a cair a uma produção anual de 38 milhões de toneladas. Porém, o potencial de crescimento do setor é muito mais do que isso, afinal de contas o Brasil tem ainda tudo por fazer – nas áreas de saneamento, transportes, energia, habitação.

Vou fazer uma confissão: o Brasil não realiza as obras de que necessita porque os engenheiros civis perderam o domínio da caneta. Quem decide hoje a aplicação das verbas não é mais o engenheiro; este espaço foi ocupado por outros profissionais e o resultado é a carência das necessidades básicas da população.

**IBRACON** – *Quais são os critérios que norteiam a aplicação do concreto? Quais são as principais fases dessa aplicação?*

**Simão Prizskulnik** – As estruturas de concreto são projetadas por normas com prestígio internacional. Nossa norma de projeto – a NBR 6118 – é hoje modelo internacional, chegando a influenciar as normas européias e americanas com a mesma finalidade. Portanto, nossa experiência acumulada em projetos de estruturas de concreto tem nível internacional. Quanto à metodologia construtiva, nós também temos domínio sobre a utilização do concreto em suas diversas aplicações – desde as mais simples até as mais complexas; nós temos capacidade humana e tecnológica para sua execução. Quanto às fases construtivas, temos: o planejamento da obra; o projeto de viabilidade; o projeto básico; o projeto executivo; a execução propriamente dita; o acompanhamento e fiscalização; controle tecnológico; e, finalmente, o monitoramento da obra, com manuais para sua manutenção. Claro que toda essa gama de atividades da engenharia construtiva não está implantada de maneira uniforme em todas as empresas: nosso domínio abrange todas essas áreas; mas, dedicam-se mais atenção e cuidado a uma fase do que às outras. Houve períodos em que a obra era inaugurada e esquecida; hoje, temos normas para edifícios, preparadas pelo Sinduscon e Secovi, que obrigam o proprietário a observar, acompanhar e fazer a manutenção da obra, transferindo uma parcela dessa responsabilidade para o usuário. Evidentemente, que todas essas fases devem estar em harmonia, mas, por diversas razões, não é sempre o que acontece. Há obras onde o proprietário não exige do projetista e do construtor a observação adequada de todas as fases envolvidas no empreendimento, relegando ao segundo plano algumas etapas – na maioria das vezes, por uma economia de recursos que se revela infrutífera, pois acabará gerando custos de manutenção muito maiores. Por outro lado,

existem empresas que executam cuidadosamente toda essa gama de atividades, incentivando a concorrência a realizar adequadamente o que cabe à Engenharia.

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

**Simão Prizskulnik** – No nível da construção realizada no local da obra, maior parcela da construção civil nacional, nós temos toda a estrutura necessária já montada, disponível e consolidada para sua realização, seja no quesito fornecimento de materiais de construção e materiais de apoio, como fôrmas, seja em todos os outros quesitos – capaz de possibilitar a execução de fundações e da superestrutura num nível de excelência.

Na indústria de pré-fabricação, a indústria nacional tem ainda um longo caminho a ser percorrido. Este setor não está ainda arraigado como se encontra hoje

a construção no local.

Com relação às pendências do setor, primeiramente vem a necessidade de treinamento de mão-de-obra – recursos humanos qualificados são, muitas vezes, relegados a segundo plano, com alguma justificativa já que não se trata de uma produção em série; a interrupção na seqüência de construções acaba por desmobilizar as equipes, não gerando uma qualificação continuada.

Outro aspecto que precisa ser desenvolvido no Brasil é o aperfeiçoamento do controle tecnológico, fase que precisa ser definitivamente implantada e vinculada ao projeto e à

construção da obra. Com isso, ganharemos muito em qualidade e durabilidade das construções, com necessidade de pouca manutenção, o que também contribui com a sustentabilidade, na medida em que se previne de gastar mais materiais e recursos limitados. O controle tecnológico precisa ser feito não apenas pela construtora, mas também externamente, de forma independente, para assegurar que o que está sendo feito confere com as exigências do projeto.

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

**Simão Prizskulnik** – O material continua caminhando para atender ainda mais as necessidades do ser humano. Creio que hoje em dia o foco é, além da resistência mecânica, a durabilidade das



**O controle tecnológico precisa ser feito não apenas pela construtora, mas também externamente, de forma independente, para assegurar que o que está sendo feito confere com as exigências do projeto.**



estruturas, sua capacidade de resistir à ação do meio dentro do qual ela se insere. Esta é a principal ênfase contemplada e exigida pela norma brasileira de projeto de estruturas.

Outro campo potencial de aplicabilidade e utilização do concreto refere-se à disseminação do concreto auto-adensável, aquele que não necessita praticamente de nenhum adensamento, que flui e preenche todos os vazios da fôrma sob ação de seu próprio peso, portanto, com viscosidade semelhante à da água.

Outra área bastante promissora é o da reutilização de materiais de demolição para a produção de concretos para novas obras.

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

**Simão Prizskulnik** – Sem dúvida, foi a participação nos projetos de construção de hidrelétricas. Estes projetos implantaram no Brasil, através de consultoria internacional – Roy Carlson e Lewis Tutthil – uma engenharia de concreto aplicada a usinas de barragem que é modelo em nível internacional. Esta área se desenvolveu em maior profundidade no país. Infelizmente, houve desmobilização das equipes formadas, mas, hoje, esse saber e experiência acumulados têm sido novamente mobilizados no projeto e construção de usinas hidrelétricas.

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

**Simão Prizskulnik** – Os cursos de engenharia têm uma parte formal, de currículo, que abrange de modo geral a formação do engenheiro, capacitando-o para atuar em todas as áreas da engenharia. Esta grade não necessita de muitas modificações, afinal são matérias de conteúdos básicos. Agora, complementarmente, as universidades têm oferecido várias oportunidades de aperfeiçoamento, através de cursos de extensão, de pós-graduação, de especialização, e assim por diante, garantindo a formação continuada e a especialização para quem vai se dedicar a um setor específico.

**IBRACON** – *Por que o senhor e mais um grupo de pesquisadores do IPT decidiram fundar o IBRA-*

*CON? Quais os motivos que levaram à necessidade de uma entidade que promovesse a discussão técnica sobre o concreto?*

**Simão Prizskulnik** – Na época, o IPT prestava serviços de apoio à fiscalização de obras ao antigo Fomento Estadual de Saneamento Básico (FESB), posteriormente incorporado pela SABESP, que se ocupava da construção de estações de tratamento de água e de esgoto no estado de São Paulo. Nós identificamos à época algumas falhas construtivas dessas obras. Entendemos adequado realizar o primeiro colóquio sobre permeabilidade do concreto à água, motivados pelo trabalho realizado para o FESB. Na seqüência, foi realizado outro colóquio – agora sobre a durabilidade do concreto. Neste segundo colóquio firmou-se o entendimento da necessidade de se reunir os profissionais da cadeia do concreto numa organização, que foi chamada Instituto Brasileiro do Concreto, para a troca continuada de experiências desses profissionais, visando o melhoramento das obras.

Firmou-se o entendimento da necessidade de se reunir os profissionais da cadeia do concreto numa organização, que foi chamada Instituto Brasileiro do Concreto, para a troca continuada de experiências desses profissionais, visando o melhoramento das obras.

**IBRACON** – *Quais as principais realizações de sua gestão frente ao Instituto?*

**Simão Prizskulnik** – A gestão foi de um grupo de trabalho. Realizamos reuniões semestrais entre os profissionais para essa troca de experiências e para a divulgação das atividades técnicas e tecnológicas relacionadas ao concreto. Conseguimos associar profissionais vinculados a projeto, construção, controle da qualidade e trazer as empresas fornecedoras de materiais e as voltadas à construção.

Mas, o resultado é produto de um trabalho em equipe com a colaboração da ABCP, do IPT e do mundo empresarial, com exemplos notórios de empresas que nos apoiaram desde a fundação do IBRACON.

**IBRACON** – *Como vê o Instituto hoje? Ele tem cumprido seu propósito? Tem ido pelo caminho certo?*

**Simão Prizskulnik** – O IBRACON tem hoje projeção internacional. Ele está absolutamente no caminho certo. As novas diretorias têm se empenhado em aperfeiçoar o nível das atividades, o conteúdo das discussões. Hoje a participação dos estudantes é muito mais expressiva, garantindo a continuidade do Instituto por muito e muitos anos. ♦

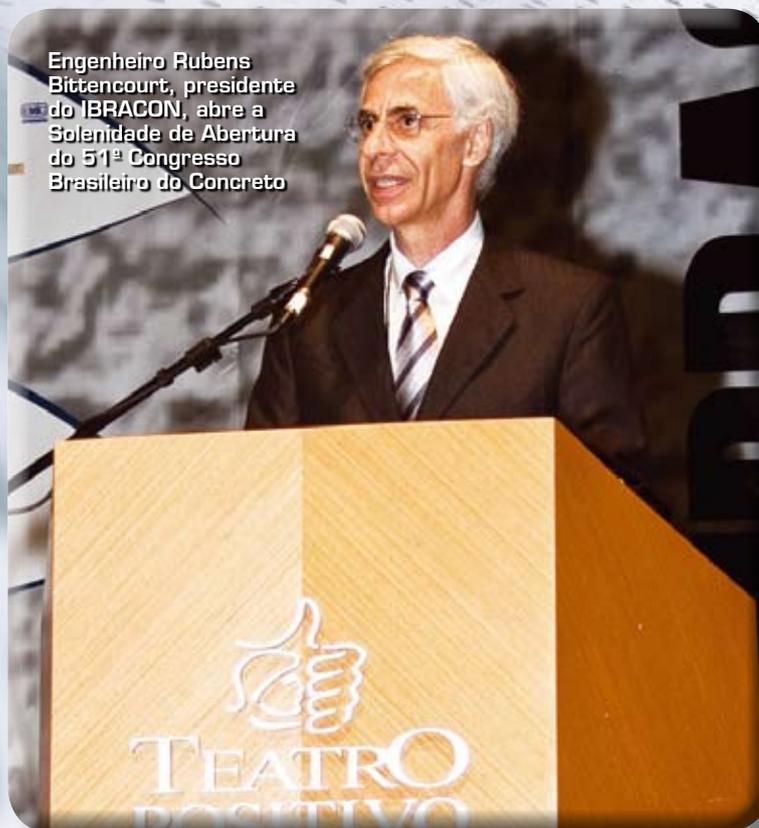
# 51<sup>o</sup> CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO IBRACON 2009

## Boas perspectivas para a engenharia civil no país nortearam os debates no Congresso Brasileiro do Concreto

FÁBIO LUÍS PEDROSO

**Estudo** do Ministério de Minas e Energia traça três cenários para o crescimento anual da economia brasileira entre 2005 e 2030. No pior cenário, chamado de ilhas, onde os países competem individualmente entre si, o PIB nacional crescerá 2,2%, igualando-se ao mundial. No cenário de arquipélagos, em que os países distribuem-se em blocos econômicos, o aumento apontado do PIB brasileiro seria 4,1%. E, finalmente, no melhor cenário – de um mundo realmente unificado e globalizado – o crescimento econômico do país seria de extraordinários 5,1% ao ano.

Um dos indicadores que sustentam essa perspectiva favorável é o consumo per capita de energia elétrica. Apesar de seu enorme potencial hidrelétrico (o país aproveita apenas 26% de seu potencial, enquanto países como Estados Unidos, Noruega, Alemanha



6 a 10 de Outubro de 2009  
Curitiba, Paraná, Brasil



Mesa da Solenidade de Abertura: (esq/dir.) Luis Cesar de Almeida (gerente de qualidade da Petrobras), Ademar Palocci (diretor de planejamento da Eletronorte), Márcio Porto (diretor de construção de Furnas), Antonio Otelo Cardoso (diretor de Itaipu), Rubens Bittencourt (presidente do IBRACON), Álvaro José Cabrini Jr (presidente do CREA PR), Marilene Zanin (diretora da Copel), Renato Giusti (presidente da ABCP), Tulio Bittencourt (diretor de eventos do IBRACON) e José Marques Filho (diretor regional do IBRACON)

e França usam mais de 60% do potencial disponível), o Brasil consome anualmente apenas 2,06MWh por habitante, patamar bem inferior aos 24,3MWh/hab da Noruega, 16,77MWh/hab do Canadá, 8,69MWh/hab dos Estados Unidos e, ainda, abaixo dos 3,21MWh/hab do Chile e 2,62MWh/hab da Argentina. Outro indicador é o consumo de energia pelo PIB per capita do país, que também coloca o Brasil bem abaixo dos 15 MWh/hab/US\$/hab, limite para os países desenvolvidos.

Para se ter idéia da dimensão desses números, para que o Brasil iguale seu consumo de energia elétrica ao Chile seriam necessárias ao país mais quatro usinas do porte de Itaipu, maior usina hidrelétrica nacional, com potência de 14 mil MW.

Por isso, o Plano Nacional de Energia projeta investimentos da ordem de 800 bilhões de dólares no setor energético brasileiro para



Julio Timerman, diretor de certificação de pessoal do IBRACON, assina convênio com a Petrobras, durante a Solenidade de Abertura

os próximos anos, até 2030. Desse montante, 48,8% será aplicado em petróleo e seus derivados, 35,6% em eletricidade, 11,8% em gás natural e 3,7% em cana de açúcar. Nada mais natural, então, do que a comunidade técnica, mais fortemente aquela formada por engenheiros civis que trabalham com concreto, material construtivo mais utilizado no país, preparar-se para os bons ventos vindouros.

Este foi o mote da palestra na Solenidade de Abertura do 51º Congresso Brasileiro do Concreto (51CBC2009), fórum nacional de debates sobre a tecnologia do concreto e suas aplicações em obras civis, promovido pelo Instituto Brasileiro do Concreto. O evento foi realizado nos pavilhões do Centro de Exposições "ExpoUnimed", no campus da Universidade Positivo, em Curitiba, de 6 a 10 de outubro. Os dados acima fo-

ram apresentados pelo palestrante convidado Márcio Porto, diretor de construção de Furnas Centrais Elétricas.

O Congresso reuniu 1010 participantes de todos os estados brasileiros e do exterior (estiveram representados países das Américas e da Europa), para se atualizarem sobre os avanços na pesquisa, desenvolvimento e inovação do concreto como material construtivo e estrutural, no Brasil e no mundo. "A finalidade principal do evento é a divulgação do conhecimento sobre o concreto e a interação entre os profissionais de diversos segmentos de sua cadeia construtiva", explicou o professor da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), Tulio Bittencourt, coordenador da Comissão Organizadora Nacional.

A marca do Congresso Brasileiro do Concreto é a diversidade de eventos técnico-científicos que compõem sua programação. "A tecnologia não pode esperar: se ela acontece hoje, ela precisa ser apresentada hoje. Por isso, a simultaneidade de apresentações e eventos dentro do Congresso. Ele é atualmente a porta de entrada para o conhecimento sobre o concreto", complementou o presidente do IBRACON, Rubens Bittencourt.

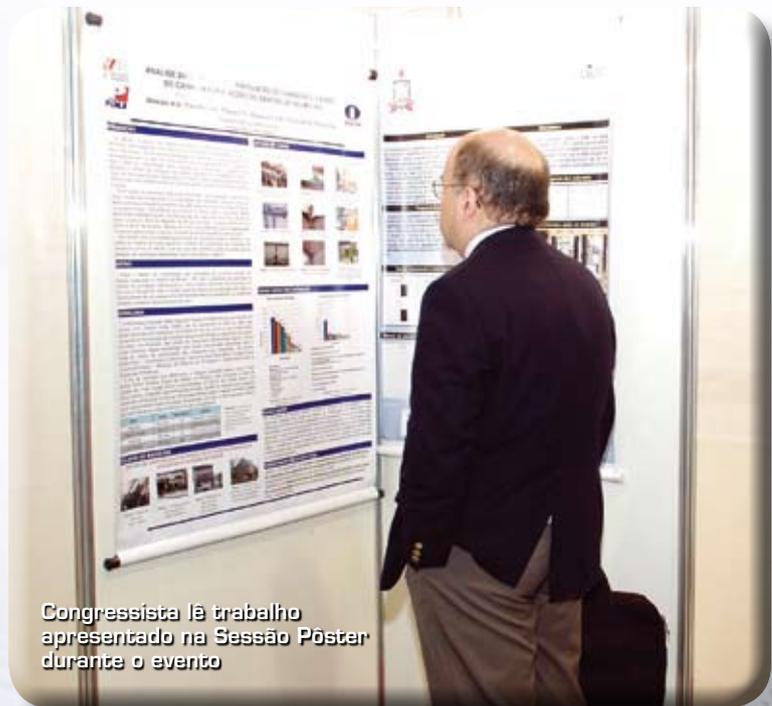
Os números não mentem. Em sua 51ª edição, foram:

### Sessões Plenárias

42 sessões de apresentações plenárias, onde os autores de 253 trabalhos técnico-científicos, desenvolvidos em institutos e núcleos de pesquisa de universidades nacionais e estrangeiras e núcleos de inovação e desenvolvimento de empresas, apresentaram seus estudos sobre os temas:

- ◆ Gestão e Normalização
- ◆ Materiais e Propriedades
- ◆ Projeto de Estruturas
- ◆ Métodos Construtivos
- ◆ Análise Estrutural
- ◆ Materiais e Produtos Específicos
- ◆ Sistemas Construtivos Específicos

"Assistimos algumas apresentações de jovens mestrandos e doutorandos; todas muito boas; são apresentações de 12 a 15 minutos,



Congressista lê trabalho apresentado na Sessão Pôster durante o evento

com debates interessantes ao final das mesmas", comentou o professor Marcelo da Cunha Moraes, participante do Congresso e um de seus homenageados, sobre o nível dos trabalhos técnico-científicos apresentados no evento.

### Sessões Pôsteres

Outros 131 trabalhos foram apresentados na forma de pôsteres, dispostos numa área no Centro de Exposições, onde os congressistas tiveram a chance de debatê-los com seus autores.

"Vi matérias interessantes, não só na área de análise e modelagem, como também na área de materiais, que estão em pleno desenvolvimento", avaliou Sandro Colonese, engenheiro de Macaé, participante do evento.

### Painéis de Assuntos Controversos

Dois painéis de assuntos controversos foram um dos chamarizes deste Congresso, reunindo um número de participantes acima do limite da capacidade do auditório, para debaterem:

- ◆ As razões, conseqüências e soluções preventivas para os concretos não conformes (veja cobertura nesta edição na pág. 58);
- ◆ Os desafios para a maior utilização no Brasil dos concretos de alto desempenho e autoadensável (cobertura nesta edição – pág. 41).



Engenheira Íria Doniak abordando os pré-moldados de concreto em curso oferecido durante o evento

### Cursos de atualização profissional

A participação dos congressistas nos cursos foi também expressiva. Dois cursos foram oferecidos:

- ◆ Pré-moldados em concreto, com os professores Íria Doniak (diretora executiva da Associação Brasileira de Construção Industrializada de Concreto – ABCIC) e Fernando



Professor José Celso da Cunha fazendo dedicatória de seu livro lançado no 51º CBC 2009

de Almeida Filho (chefe do Laboratório NETPre da Universidade Federal de São Carlos);

- ◆ Pavimentos de Concretos, com o professor da Universidade de São Paulo, José Tadeu Balbo, que lançou no evento seu mais recente livro "Pavimentos de Concreto", um verdadeiro manual sobre projeto, construção e manutenção de pavimentos de concreto, fundamentado em estudos teóricos, tecnologia do concreto, análise dimensional, estrutural e de tensões, discutindo ainda as preocupações do autor com a sustentabilidade.

### Lançamento de livros

Foram lançados também, no estande do IBRACON, dois volumes do livro "A História das Construções", do professor José Celso da Cunha, professor do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG).

A trilogia aborda a história das construções desde o início da arquitetura e engenharia na Mesopotâmia e Egito Antigos, a partir do IV milênio a.C., passando pelas conquistas obtidas no campo das construções monumentais, até seus desdobramentos, no lançamento das bases técnicas para o grande desenvolvimento da arquitetura e engenharia rumo ao futuro. O terceiro volume está previsto ser lançado no ano que vem.

Ricamente ilustrado com ilustrações, fotografias, desenhos e mapas, o livro é parte de um projeto de pesquisa institucional patrocinado pela ArcelorMittal em convênio com o CEFET-MG.

### Concursos Estudantis

Três concursos estudantis agitarão os jovens participantes do evento (cobertura nesta edição – pág. 48):

- ◆ 16º Aparato de Proteção ao Ovo, onde os estudantes são

Estudantes torcendo para suas equipes preferidas durante as competições do IBRACON



desafiados a projetar e construir uma peça de concreto armado que seja resistente a cargas de impacto que lhe são impostas; sob esse aparato é colocado um ovo, razão do nome da competição

- ◆ 6º Concrebol, competição na qual os estudantes precisam construir uma esfera de concreto simples, com dimensões pré-estabelecidas, que seja capaz de rolar em trajetória retilínea; seu objetivo é testar a habilidade dos competidores no desenvolvimento de um método construtivo e na produção de concreto com parâmetros determinados
- ◆ 5º Ousadia desafiou os estudantes de engenharia e arquitetura a elaborarem um projeto básico de uma passarela de pedestres sobre a BR 277, junto ao Parque Barigüi, em Curitiba, interligando o parque à região movimentada da Ecoville; o projeto deve harmonizar a característica paisagística do Parque e o vetor de modernidade e qualidade de vida da Ecoville, representando um marco para quem chega à capital paranaense.

### Mesa Redonda “Os Materiais Cimentícios na Indústria de Gás e Óleo”

O concreto é utilizado tanto na infraestrutura (concretos convencionais para nível III de agressividade ambiental) quanto na exploração

de gás e óleo (concretos refratários são usados na perfuração). Por isso, a pertinência da mesa redonda num fórum de debates sobre o concreto.

No evento foram abordadas as operações de cimentação em poços de petróleo, cujo objetivo é preencher o espaço entre o revestimento e a parede do poço, provendo o isolamento hidráulico, suportando a coluna de revestimento e protegendo esta contra fluidos agressivos. Na apresentação, foi dado especial destaque à pasta de cimento, no que diz respeito às propriedades demandadas desta pasta e aos materiais usados nela para obter tais propriedades. Foram apresentados também os ensaios de laboratório realizados pelo Petrobras para avaliar a qualidade da cimentação:

- ◆ Teste de tempo de espessamento
- ◆ Teste das propriedades mecânicas
- ◆ Ensaio das propriedades reológicas
- ◆ Teste de perda de fluido
- ◆ Ensaio de sedimentação
- ◆ Ensaio sobre migração de gás
- ◆ Ensaio de permeabilidade
- ◆ Ensaio da força do gel
- ◆ Ensaios de retração e expansão da pasta

Abordaram-se também as linhas de pesquisa sobre cimentação, tais como:

- ◆ Pesquisas para otimização da eficiência de deslocamentos de fluidos
- ◆ Pesquisa de novas formulações de pasta de cimento de alta compactidade
- ◆ Pesquisa sobre durabilidade de pastas de cimento frente a agentes agressivos



Professor José Marques numa de suas intervenções ao lado dos professores Michel Lorrain (esq.) e Haroldo Mattos de Lemos (dir.)

- ◆ Pesquisa sobre novos materiais (adições poliméricas; adições de fibras; nanotecnologia)

A área de exploração de óleo e gás é responsável pelo desenvolvimento de novos materiais constituintes do concreto, de novas metodologias de dosagem, pelo aumento da durabilidade dos concretos, pela otimização de custos e de execução das estruturas de concreto, aspectos contemplados pelos palestrantes da mesa redonda.

#### Seminário do Setor Elétrico de Construção e Manutenção Cívica

Diante das boas perspectivas de crescimento econômico e de investimentos continuados no setor de energia elétrica no Brasil para os próximos anos, o seminário procurou discutir os desafios que essas perspectivas colocam para a cadeia produtiva do concreto, tendo em vista o uso intensivo desse material construtivo nas obras do setor. Foram discutidas questões, tais como: formação profissional; gestão do conhecimento; sustentabilidade; e gestão da segurança de barragens (cobertura nesta edição – pág. 75).

“O investimento em infraestrutura, através do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), é um caminho longo e sustentável, que abre oportunidades para toda a cadeia da construção. Temos de nos preparar para atender esse crescimento previsto”, justificou Rubens Bittencourt sobre a oportunidade de organização de um

seminário sobre o setor elétrico no evento sobre o concreto.

#### Seminário Copel de Sustentabilidade

As boas perspectivas de crescimento da economia brasileira, especialmente no setor construtivo, não afastam, antes clamam por uma maior responsabilidade dos engenheiros quanto à questão da sustentabilidade desse crescimento. “Por ser o planeta finito, a questão da sustentabilidade deve fazer parte de todas as nossas discussões, pois o que fazemos não é para o ser humano?”, justificou o coordenador do Seminário, José Marques Filho, professor da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

O setor construtivo tem feito sua lição de casa. É o que poderá ser visto na cobertura do evento nesta edição da CONCRETO & Construções (pág. 100).

“Há o potencial enorme do concreto contribuir com o desenvolvimento sustentável, na forma da incorporação de subprodutos de outros segmentos industriais (como a escória de alto-forno, borracha de pneus, casca de arroz), inclusive na produção de cimentos”, exemplificou Tulio sobre o escopo do seminário.

#### VII Simpósio EPUSP sobre Estruturas de Concreto

Evento sobre projeto e execução de estruturas de concreto, organizado pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, realizado pela

primeira vez fora da USP, onde foram apresentados trabalhos científicos sobre os temas:

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

“O EPUSP procurou trazer um especialista estrangeiro para abordar cada um dos temas, que foram generosamente compartilhados com o público geral do 51º Congresso Brasileiro do Concreto. Isso deu dimensão nacional ao Simpósio, facilitando o acesso das pessoas e dando divulgação mais ampla aos trabalhos”, ressaltou Tulio.

Os interessados em consultar os 10 trabalhos científicos apresentados no VII EPUSP poderão fazê-lo pela aquisição dos Anais do 51º CBC 2009 na Loja Virtual do IBRACON.

### Conferências Plenárias

Palestrantes nacionais e estrangeiros apresentaram os estudos que vêm desenvolvendo sobre o concreto em suas instituições de ensino e pesquisa:

- ◆ Alberto Carpinteri, professor do Departamento de Engenharia Estrutural e Geotécnica da Politécnica de Torino, na Itália, exemplificou a aplicação da mecânica de fratura não linear na avaliação da capacidade rotacional de vigas de concreto armado.
- ◆ James Wight, professor do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da

Universidade de Michigan, nos Estados Unidos, chairman do ACI Building Code Commission 318, responsável pela redação da Norma ACI 318 (norma do American Concrete Institute), discorreu sobre a evolução histórica dessa norma: desde o método das tensões admissíveis até o método dos estados limites últimos, passando pelo significado de seus coeficientes parciais de segurança e pelas interações entre teoria e prática na normalização, para concluir pela urgência em atender os imperativos da sustentabilidade, seja pelo aumento da durabilidade das estruturas, seja pela reciclagem de materiais.

“Em suas conclusões, o professor Wight destacou que a tendência atual, que terá influência na atualização da norma, prevista para 2011, é que essa não seja exclusivamente prescritiva, nem totalmente baseada em critérios de desempenho, mas que conjugue esses dois tipos de condições de segurança”, comentou o professor da Universidade Federal da Bahia (UFBA), Antonio Laranjeiras, presente no evento, em sua comunidade virtual de calculistas da Bahia.

- ◆ Christian Boller, professor do Fraunhofer Instituto de Ensaios Não Destrutivos, na Alemanha, tratou do gerenciamento da infraestrutura civil com base no monitoramento de seu desempenho estrutural, com o uso de ensaios não destrutivos de última geração.
- ◆ Peter Marti, professor de Engenharia de Estruturas na Escola Superior Técnica Federal de Zurique, na Suíça, abordou o impacto da análise limite no projeto de estruturas de concreto. Segundo sua visão, as estruturas devem ser



Professores Tulio Bittencourt (esq.), Marino (UFPR) e James Wight, no debate das Conferências Plenárias

Professor Christian Boller  
em sua palestra no VII EPUSS



primeiramente concebidas para funções de utilização e serviço e, somente depois, complementadas com a modelagem numérica relativa à segurança à ruptura.

“Com essa visão hierárquica de prioridades, o professor teve a ousadia de propor projetos de estruturas de concreto que passem inicialmente por uma fase de concepção da estrutura, onde se busca as melhores alternativas, por meio de procedimentos simplificados, com base em valores admissíveis de tensões e deformações. Por suas idéias de que a modelagem estrutural não é a fase mais importante do projeto, mas sim a concepção adequada e criativa da estrutura, convergirem com as minhas, considerei a conferência do professor Marti como a mais significativa do Congresso”, avaliou Larajeiras.

- ◆ Michel Lorrain, professor da Universidade Paul Sabatier de Toulouse, na França, tratou dos ensaios de aderência entre o aço e o concreto, segundo as recomendações da ASTM (American Society for Testing and Materials) e da RILEM (International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, System and Structures), buscando a padronização desses ensaios para que sirvam na aferição do controle de qualidade do concreto

“Fiquei muito impressionado pelas muitas contribuições interessantes e pelo largo público de engenheiros e pesquisadores no evento. Não temos eventos como esse em nosso país e, sem dúvida, perdemos muitas oportunidades com isso”, pontuou Lorrain sobre o Congresso.

- ◆ Haroldo Mattos de Lemos, professor da Universidade Federal do Rio de Janeiro

(UFRJ), apontou os caminhos para o desenvolvimento sustentável em nível mundial (ver cobertura nesta edição)

- ◆ Kumar Mehta, professor honorário da Universidade de Berkeley na Califórnia, Estados Unidos, tomando como premissa que o aquecimento global é consequência do aumento da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera, listou as providências que a comunidade da construção e os governos em todo mundo poderiam adotar para reverter essa tendência.

As palestras apresentadas nas Conferências Plenárias encontram-se disponíveis no site [www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br).

#### V Feira Brasileira das Construções em Concreto – FEIBRACON

A V Feira Brasileira das Construções em Concreto contou com a participação de 35 empresas das áreas de energia, construção, aditivos, impermeabilizantes, produtos cimentícios, produtos pré-moldados, fôrmas e escoramentos, equipamentos, ferramentas, sistemas construtivos, entre outras. Na Feira, as empresas tiveram a chance de mostrar ao público as novidades em termos de produtos, equipamentos, serviços, tecnologias e sistemas construtivos.

“A feira tem o caráter de apoiar o Congresso, o que certamente repercute na imagem institucional das empresas expositoras. Ela é importante como forma de aproximar os congressistas das tecnologias disponíveis no mercado construtivo brasileiro, possibilitando a interação



Congressistas visitam estandes das empresas expositoras na Feibracon

em termos de produtos e serviços que estão sendo desenvolvidos”, esclareceu Túlio Bittencourt.

Aos expositores foi oferecido espaço no interior da Feibracon para apresentação de palestras técnico-comerciais, onde seus produtos e serviços puderam ser apresentados e discutidos com os congressistas.

Esta edição contou com o patrocínio de Furnas Centrais Elétricas, Grupo Camargo Correa (categoria Diamante), Centrais Elétricas do Norte do Brasil – Eletronorte, Companhia Paranaense de Energia – Copel, Construtora Andrade Gutierrez, Construtora Norberto Odebrecht, Tractebel Energia (categoria Ouro), As-

sociação Brasileira de Cimento Portland - ABCP, Associação Brasileira de Empresas de Serviços de Concretagem - ABESC, Companhia de Cimento Itambé, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes, Concrebras, Companhia Hidroelétrica do São Francisco – Chesf, Emic Equipamentos e Sistemas de Ensaio, Engemix/Votorantim Cimentos, Gerdau, Itaipu Binacional e Vedacit (categoria Prata).

“A integração entre a feira e o congresso foi perfeita: todos tiveram a oportunidade de visitar os estandes da Feibracon e usufruir das inúmeras atividades do evento. Muitos clientes de todas as regiões do país estavam presentes,



Congressistas num dos coquetéis oferecidos na Feibracon



Grupo Viola e Cantoria em sua apresentação no final da Cerimônia de Abertura do 51º CBC 2009

trocando informações técnicas, comerciais e curiosidades”, avaliou Nelson Covas, diretor da TQS Informática, empresa de softwares para engenharia, presente na Feibracon.

### Visita Técnica a Usina Hidrelétrica Mauá

Situada no rio Tibagi, a 280km de Curitiba, a usina, com potência prevista de 361MW, por ocasião do 51ºCBC2009, estava com os túneis em escavação e as estruturas em fase de concretagem (barragem em concreto compactado com rolo pelo método rampado, com 75m de altura, 775m de comprimento de crista e volume de concreto previsto de 635 mil metros cúbicos).

Os participantes foram recebidos pelo Consórcio Energético Cruzeiro do Sul, formado pelas empresas Copel e Eletrosul. A visita teve o apoio da Construtora J Malucelli.

### Homenagens

Receberam prêmios durante a Solenidade de Abertura (cobertura nesta edição – pág. 31):

- ◆ Os Profissionais de Destaque do Ano 2009, engenheiros, técnicos e arquitetos escolhidos por seus pares em cada uma das categorias homenageadas pelo IBRACON;
- ◆ Os pesquisadores vencedores do Prêmio de Teses e Dissertações: nesta edição, foram homenageados os autores de dissertações de mestrado na área de materiais e de estruturas;
- ◆ Os professores Marcelo da Cunha Moraes

e Paulo Helene, aos quais foi concedido o título de sócios honorários do IBRACON, por seu tempo de filiação e pelos serviços prestados ao Instituto;

- ◆ Os profissionais de estruturas Benjamin Ernani Diaz e José Zamarion Ferreira Diniz, promovida pelo EPUSP na Solenidade de Abertura

“A responsabilidade da engenharia recai sobre sua capacidade de conceber métodos e processos em benefício do homem. Essa é sua contribuição para mudar o mundo. E vimos isso aqui no Congresso: o Seminário do Setor Elétrico fomentou o lançamento de um livro de boas práticas em concreto para a construção de obras hidrelétricas, que será lançado na próxima edição do Congresso Brasileiro do Concreto; o Seminário de Sustentabilidade incentivou a preparação de uma Carta de intenções, onde serão colocados os pontos a serem olhados no âmbito da engenharia civil para assegurar a sustentabilidade de nosso desenvolvimento”, concluiu o professor José Marques Filho, coordenador da Comissão Regional do evento, sobre sua importância na construção da infraestrutura sustentável para o país.

Seu balanço foi corroborado por um relatório de avaliação feito pela Superintendência de Desenvolvimento e Educação da Eletronorte com seus funcionários que participaram do Congresso. Segundo o relatório, o evento foi considerado plenamente satisfatório de um modo geral, alcançando médias próximas ao valor máximo nas categorias avaliadas – instrutoria, desempenho dos participantes e programação. Diz o relatório: “Os participantes consideraram que os conhecimentos adquiridos proporcionaram melhoria em seu desempenho profissional, segurança para aplicá-los e ainda proporcionou o intercâmbio de experiências com outros profissionais da empresa”. ◆

# Pisos industriais e pavimentos com fibras: o desenvolvimento e o futuro

Msc. Eng. Paulo Bina • *Diretor Técnico*  
Monobeton Soluções Tecnológicas



Obra de centro logístico para estantes porta paletes, empilhadeiras e cargas distribuídas, em execução com fibras mistas

### Introdução

O desenvolvimento da tecnologia de concepção e execução de pisos industriais com fibras têm mostrado uma clara evidência do futuro: até que não seja alterado o atual sistema de movimentação de cargas nas indústrias e centros de logística por empilhadeiras, e nas rodovias por caminhões, a indústria de materiais para construção

estará buscando fibras de melhor desempenho e que evitem as principais ocorrências patológicas nos pavimentos construídos em concreto.

O meio técnico já entende o funcionamento do sistema de concreto com fibras, está em plena discussão de melhorias dos ensaios de controle que gerem subsídios para incremento dos modelos matemáticos para os dimensionamentos, enquanto acompanha outras utilizações de tecidos e reforços com fibras em estruturas convencionais, para verifi-



Ensaio de compressão, utilizado para controle do concreto à compressão, porém não o adequado para o estudo de desempenho das fibras. Para essas, os ensaios característicos são de avaliação de deformações e ruptura por flexão de corpos de prova prismáticos ou em placas.

cação de seu desempenho em diversas situações.

Considerando-se que, em menos de 20 anos, os pisos e pavimentos evoluíram do sistema de construção em “damas” para placas de até 70 x 70 m entre juntas, é de se esperar muito mais a cada década. Buscamos resumidamente mostrar esta evolução e sugerir uma visão do cenário neste horizonte.

Dentro da crença profissional de que:

- ◆ Nenhuma tecnologia possui valor se não for aplicada e traga benefícios para a humanidade;
- ◆ Nenhum conhecimento será utilizado se não houver clara percepção, pelo potencial usuário, de seu benefício – tecnológico, econômico, ambiental e social;
- ◆ A utilização indiscriminada de recursos naturais de fontes não renováveis migra rapidamente para o caos. A preocupação pela desconstrução das obras em execução, ao invés de sua demolição e descarte, será parte do projeto de viabilidade do empreendimento, para a continuidade da construção civil;

Apresenta-se um panorama dos conhecimentos sobre concretos estruturados com fibras, como colaboração aos colegas e leitores, para um futuro sustentável.

Os pisos industriais e pavimentos em concreto com fibras são utilizados em escala crescente no Brasil há cerca de 20 anos, e na história com registros há mais de 2.000 anos. Egípcios e Romanos já se utilizavam desta técnica – com sucesso – para a construção de vias e edificações, com os materiais e conhecimentos disponíveis na época.

Logicamente, a evolução do conhecimento dos materiais e técnicas construtivas pela cadeia de industrialização, especificação, con-

trole e utilização, propiciou a viabilidade desta tecnologia para as necessidades atuais, como no caso dos pisos industriais e pavimentos, em escala crescente, e permite a quem milita nesta cadeia de desenvolvimento sugerir uma visão de futuro.

## 1. Conceituação

Ousando tomar e repassar os ensinamentos da professora Maria Azevedo Noronha, de uma de suas palestras sobre este assunto, verifica-se que nos concretos sempre há esforços de tração, como se verifica, por exemplo, no ensaio de compressão de testemunhos, quando da formação dos cones de ruptura (Figura 1).

Tomado o elemento em destaque, verifica-se que no mesmo há tensões de compressão

Figura 1 – Esquema de tensões em peças submetidas à compressão, como os corpos de prova de verificação do concreto, pilares e outras estruturas, mostrando que para a ocorrência da ruptura, no estado limite, há formação de tensões de compressão e tração, em uma mesma unidade volumétrica do material

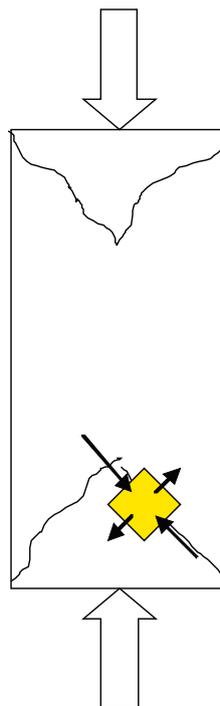
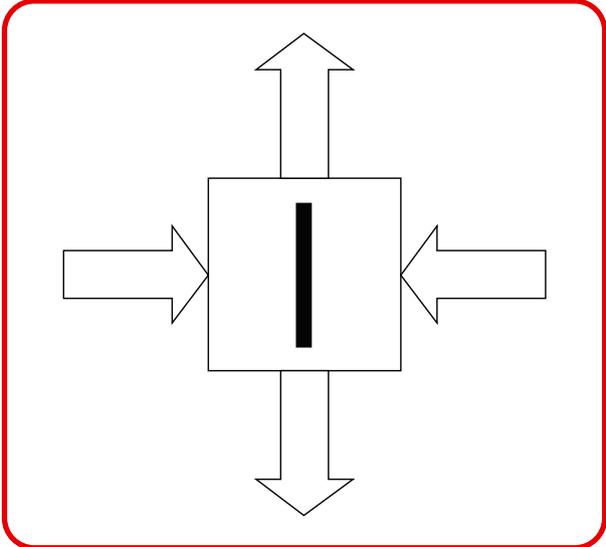


Figura 2 – Diagrama de tensões, a partir do elemento da fissura anterior, em que há uma fibra na composição do material, e para que haja equilíbrio até o limite de ruptura



e, em consequência, de tração, motivo pelo qual há a ruptura como nas linhas esboçadas, em forma de cones.

Dentro deste elemento, tomada uma única fibra da matriz, e analisado o comportamento da mesma, encontra-se demonstrado na Figura 2.

Removido o elemento de fibra desta porção de matriz, para que o sistema esteja em equilíbrio, é necessário que a fibra esteja sob a mesma tensão que o elemento composto de onde foi removida.

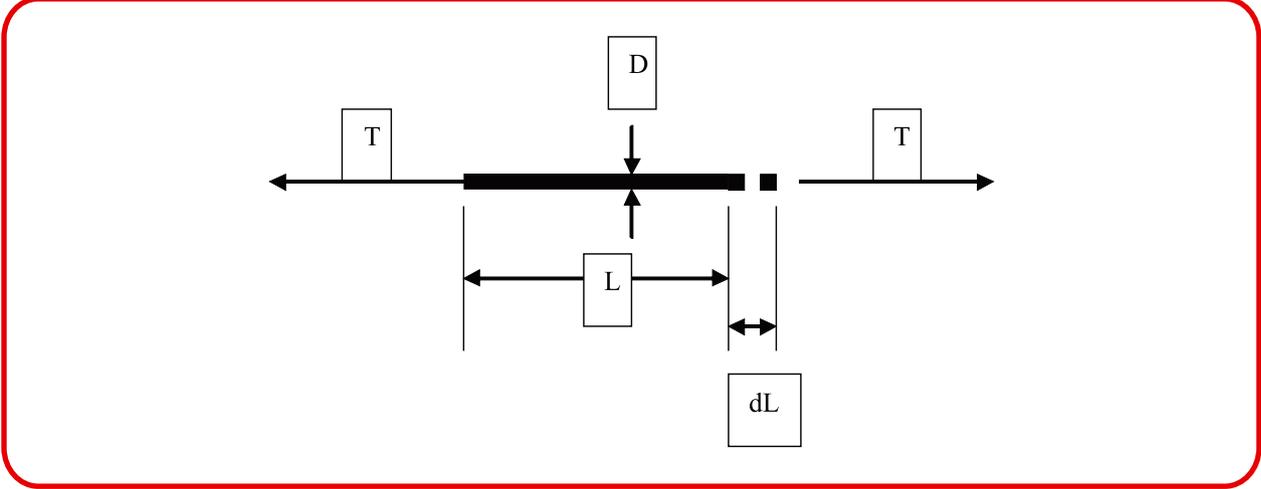
Assim, pela Lei de Hooke, se a fibra está sob tensão e sofre alongamento devido a este esforço, haverá incremento de seu comprimento e, por consequência, diminuição de seu diâmetro, como em qualquer material que esteja em seu regime elástico (Figura 3).

Por definição, da resistência dos materiais, a razão entre a tensão  $T$  e a diferença de comprimento unitária  $dL/L$  – DIFERENÇA DE COMPRIMENTO PELO COMPRIMENTO INICIAL DA FIBRA – é o Módulo de elasticidade do material (da fibra),  $e$ , em função deste alongamento e consequente redução de diâmetro, há a perda de aderência entre a fibra e a matriz cimentícia em que está contida, o que causa perda de eficiência de resistência unitária da fibra no composto e, finalmente, o rompimento do composto (surgimento da fissura).

Desta forma, é fácil entender que:

- ♦ a) Em função do maior número de fibras em uma matriz (portanto, de maior volume ou peso de uma mesma fibra), haverá maior distribuição das tensões para cada elemento unitário e, por consequência, maior eficiência no controle de fissuração;
- ♦ b) Para fibras de maior Módulo de elasticidade, com menor alongamento

Figura 3 – Tomando-se uma fibra de comprimento ( $L$ ) e diâmetro ( $D$ ) conhecidos, a partir do elemento da estrutura das figuras anteriores, a mesma estará submetida a esforços de tração ( $T$ ), para os quais haverá variação de comprimento por alongamento do material ( $dL$ ), e pela Lei de Hooke, uma redução de seção – como em qualquer material



para uma mesma tensão, haverá menor variação de seu diâmetro e, em consequência, maior controle de fissuração;

- ◆ **c)** Nas matrizes em que o concreto encontra-se nas primeiras idades e, portanto, com baixa resistência e baixa capacidade de aderência em fibras de qualquer espécie, as fibras de menor Módulo de elasticidade, mas em grande concentração por unidade de peso, possuem comportamento melhor; em concretos com maior resistência e, portanto, maior capacidade de aderência a qualquer tipo de fibra, as fibras de maior Módulo de elasticidade apresentam melhor comportamento;
- ◆ **d)** Sendo o concreto composto de agregados de diversos tamanhos envolvidos por pasta de cimento, é essencial haver fibras de diferentes comprimentos, para que as mesmas façam as ligações entre porções de pasta, argamassa e concreto, entre os diversos tamanhos dos agregados;
- ◆ **e)** Fibras de baixa densidade, como de várias composições de materiais termo-plásticos, tendem a segregar migrando para a superfície, assim como o oposto, ou seja, fibras muito densas tendem a segregação ou formação de agrupamentos (“ouriços” ou “novelos”).

## 2. Comportamento do concreto adicionado com fibras

Pelo exposto até o momento e após estudos acadêmicos e técnicos dos fabricantes, pode-se verificar que o composto de concreto com fibras é muito mais eficaz para as situações de tensões, quando comparados com os concretos simples, e dependendo do material, da quantidade e da homogeneidade das fibras adicionadas na matriz, pode-se substituir parcialmente ou até integralmente as armaduras convencionais para controle de fissuração, como em qualquer elemento de concreto armado.

É certo que em situações de peças como pilares, vigas e lajes, em que há grandes concentrações de tensões, qualquer estudo mostraria a inviabilidade de tal aplicação, pois seria necessária a alteração das dimensões

geométricas das peças ou a concentração de grandes volumes de fibras.

Para o caso específico de pisos e pavimentos, em que os esforços de tração na flexão são preponderantes, os compostos de concreto com fibras apresentam desempenho de capacidade de redistribuição das tensões e controle de fissuração elevados, modificando o comportamento de um concreto convencional para um material semi-deformável, com absorção de energia, como se pode verificar através dos diversos trabalhos publicados citados (diversos encontros do IBRACON, seminários de Pisos e Pavimentos, etc).

Os dimensionamentos têm sido realizados com base no incremento das características mecânicas destes concretos, com teorias de deformação de peças apoiadas sobre meio elástico, considerando-se que, mesmo após o início do processo de fissuração, o composto de concreto com fibras continua com capacidade de suportar os esforços a que se encontra submetido, de forma similar aos estudos da Teoria de Plastificação das Estruturas.

Temos notado que os métodos aplicados para dimensionamento de pisos atendem às exigências solicitadas pelas obras e que, durante estes quase 20 anos de desenvolvimento no Brasil, raramente se verificou patologias provenientes de falhas de considerações estruturais por carregamento ou por deficiências no dimensionamento.

### **2.1. FIBRAS, SEUS MATERIAIS, VANTAGENS E LIMITAÇÕES**

Com as fibras atualmente em utilização, de forma mais intensa e comercialmente viável, se tem verificado que:

- ◆ Para pisos, pavimentos, artefatos e alguns elementos pré-fabricados apresentam ótimo comportamento estrutural;
- ◆ As operações de dosagem das fibras pelas empresas de serviços de concretagem são corriqueiras, com sistemas de controle de dosagem simples e eficientes;
- ◆ Fibras de seção retangular em que uma das dimensões é muito superior à outra (planares) tendem a ter sua incorporação menos homogênea e apresentam maior volume de fibras na superfície do concreto;
- ◆ Para cada tipo, material e quantidade de fibra, há limites de incorporação pela matriz do concreto, com tendência à

segregação ou agrupamento; nestas condições, muitos fabricantes já comercializam as fibras em embalagens hidrossolúveis, que devem ser assim adicionadas ao caminhão betoneira: essas embalagens são sugadas pelo sistema de mistura da betoneira para a parte mais central do volume de concreto em mistura, quando são dissolvidas pela própria água da dosagem, o que permite excelente homogeneidade;

- ◆ Fibras de densidade abaixo à da água migram e tendem a aparecer mais na superfície nas operações de aplicação e acabamento do concreto;
- ◆ Para a boa homogeneização das fibras na massa do concreto, deve-se dosar a mesma em conjunto com os agregados na esteira da central dosadora do concreto, ou conforme as especificações do fabricante; fibras com densidade próxima à dos agregados (como as fibras de vidro, por exemplo) possuem boa dispersão em qualquer estágio de mistura ao concreto na betoneira;
- ◆ As fibras que tendem a ter maior presença na superfície podem ter necessidade de incremento na quantidade para compensação das fibras perdidas;
- ◆ Fibras de aço, em pisos e pavimentos externos ou locais de ambiente agressivo para armaduras (chuva ácida, solo ácido, indústrias, etc.), tendem a apresentar oxidação acentuada, tanto maior quanto maior for a presença de fibras na superfície, com prejuízo estético e estrutural;
- ◆ Fibras estruturais de compostos sintéticos – polímeros mistos, desenvolvidas para substituição de fibras de Módulo de elasticidade elevado e, portanto, para substituição de armadura, têm apresentado bom desempenho; o topo dessa cadeia são as fibras de carbono, com excelente desempenho, mas ainda economicamente inviáveis;
- ◆ Para qualquer fibra, deve-se verificar atentamente a variação de trabalhabilidade do concreto. Verifica-se que as dosagens realizadas em laboratório são mais afetadas em termos de perda de abatimento do que as dosagens em caminhões betoneira, quando as fibras são melhor homogeneizadas. Essa perda de abatimento – que é aparente, pois ocorre a interligação das porções de concreto pelas fibras – é afetada

pela quantidade de fibras na composição e, algumas vezes, há necessidade de revisão da proporção dos materiais ou a compensação com aditivos plastificantes para manutenção do abatimento inicial;

- ◆ A mistura de fibras de materiais ou comprimentos diferentes permite ganho de desempenho nas diversas condições reológicas do concreto – evolução das condições físicas do concreto ao longo do tempo – se apresentam como excelente solução estrutural, ou para controle de fissuração, com ótima viabilidade de custos.

## 2.2. PROPOSTAS PARA ESTUDOS DE MELHORIAS – A VISÃO DE FUTURO

Através do acompanhamento das inúmeras obras executadas com o uso de fibras, usamos mais uma vez para propor os seguintes desenvolvimentos:

### 2.2.1 Materiais e processos de fabricação

- ◆ Utilização de materiais para a composição das fibras mais “amigáveis”, ou seja, menos sensíveis às condições ambientais, recicláveis ou de materiais reciclados, de maior facilidade de controle, precisam ser mais difundidas e desenvolvidas;
- ◆ Fibras mistas de comprimentos e composições diferentes de materiais apresentam bom desempenho prático, devendo ser melhor estudadas em termos de desempenho estrutural e facilidade de suprimento para o mercado consumidor.

### 2.2.2 Projetos

- ◆ Melhor aproveitamento de compostos com fibras, de seu conhecimento teórico e prático, possibilitará projetos mais confiáveis, viáveis e duráveis;
- ◆ Há necessidade de melhor detalhamento e estudo de situações com pisos de pequenas espessuras, sobrepisos e sobrecamadas, em que se verifica o surgimento de empenamento e, em consequência, de quebras de quinas;
- ◆ Avanços nos estudos de comportamento de estruturas sob tensão, novos modelos de dimensionamento e, principalmente, a divulgação de detalhes para a realização de projetos, possibilitarão racionalização do sistema e a busca pela sustentabilidade.

### 2.2.3 Dosagem, execução e controle

- ◆ Fibras mais elaboradas possibilitam maiores facilidades de dosagem, controle e menor impacto nas operações de mistura, aplicação e acabamento do concreto;
- ◆ A redução de surgimento de fibras na superfície de pisos e pavimentos, além de melhoria do efeito estético, possibilita redução de volume de dosagem e redução de operações de retrabalho (caso de fibras de aço que surgem em grande quantidade, com necessidade de remoção e aplicação de agente de correção);
- ◆ A utilização de fibras (logicamente, conforme estudo de desempenho e avaliação de reciclagem) incrementa a conscientização do processo de desconstrução (ao invés de demolição), de reciclagem do concreto com fibras (ao invés de sua destinação para um “bota fora” ou aterro) e, portanto, traz benefícios para o meio ambiente e para redução dos custos sociais;
- ◆ O controle de posicionamento das barras de transferência, armaduras eventuais de reforços e insertes, devem ter especial atenção, não só para os pisos e pavimentos com fibras, mas, neste caso, apresentam patologias em prazo menor se comparados com pisos estruturados com telas ou barras de aço; porém, no caso de telas e barras, quando do surgimento de fissuras sensíveis à penetração de umidade ou agentes agressores, estes apresentam maior intensidade e extensão do dano, ao longo do tempo, devido à expansão da armadura e deterioração do concreto.

### 2.24 Juntas no piso

- ◆ Quando da execução de pisos em concreto com fibras, há maior liberdade do projetista para o posicionamento das juntas, sem necessidade de avaliação de cortes, sobras ou arranjos de armaduras com telas ou barras;
- ◆ Com fibras se pode executar placas de pisos com juntas distanciadas até 50 metros, com elevada produtividade. Com qualquer tipo estruturação – aço, fibras ou protendido - as variações dimensionais das placas por retração, variação térmica ou higroscópica são similares;
- ◆ Para pisos de pequenas espessuras,

deve-se prever, nas proximidades das juntas, elementos de controle de empenamento.

### 2.2.5 Cura

- ◆ Quanto à cura dos pisos com fibras, o que se tem observado, é que ela se mostra menos crítica se comparada com pisos estruturados com telas e barras, e muito menos crítica se comparada com pisos protendidos.

Se especifica, usualmente, a utilização de estruturação com aço (telas, barras ou protensão) e adição extra de fibras, para controle das fissuras nas baixas idades, em que ainda não há boa integração entre concreto e armaduras.

## 3. Conclusões

Por avaliação de grande número de projetos de pisos e pavimentos realizados em concreto com fibras, em várias situações geográficas, de solos com diferentes capacidades de suporte e comportamento de recalques, condições de exposição e de carregamento, diferentes dimensões geométricas, variações de culturas, capacitação dos executores, freqüências de manutenções e durabilidade, pode-se concluir:

- ◆ **1** – Os pisos e pavimentos em concreto com fibras são uma realidade, como a condição de adição de fibras para:
  - ◆ **a)** Controle de fissuração em baixas idades em concretos simples;
  - ◆ **b)** Controle de fissuração em qualquer idade em concretos simples;
  - ◆ **c)** Controle de fissuração em baixas idades em concretos estruturados com telas ou barras ou protendido de aço;
  - ◆ **d)** Estruturação de pisos e pavimentos para diversas utilizações.
- ◆ **2** – A evolução dos processos de dimensionamento e avaliação de capacidades de suporte dos solos, dos conhecimentos dos carregamentos e variações climáticas, possibilitam maior avanço nos projetos e execuções de pisos com fibras e, portanto, a sua viabilização.
- ◆ **3** – Novos materiais, misturas de fibras de materiais diferentes, de comprimentos compostos, mostram-se muito eficazes, com ganhos de produtividade e durabilidade, além das facilidades de

intervenções para alterações de lay out, e no final da vida útil, de criteriosa desconstrução e reciclagem dos materiais, com menores impactos ambientais, econômicos e sociais.

- ◆ **4** – O conhecimento das empresas de serviços de concretagem (além dos projetistas e especificadores) sobre fibras, dosagens, utilizações e controles, se tornará parte das necessidades de seus técnicos e equipes de apoio, com o crescimento da utilização deste tipo de concreto para qualquer tamanho de

obra – de uma simples calçada aos mais avançados centros de distribuição ou parques industriais, de pavimentos para estacionamento de veículos até rodovias e aeroportos.

- ◆ **5** – Fibras estruturais compostas que minimizem os inconvenientes encontrados nas fibras estruturais atuais e aditivos líquidos que, quando adicionados ao concreto, polimerizam e criam estruturas fibrilares em sua massa, formando cadeias de fibras, são as próximas evoluções das fibras.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [01] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 6118: projeto e execução de obras de concreto armado – procedimento. ABNT: Rio de Janeiro.
- [02] Barbosa, Maria T. G. – Teoria da Plasticidade Aplicada ao Estudo da Aderência Aço – Concreto, Revista de Engenharia Estudo e Pesquisa UFJF 1999.
- [03] Teutsch, Manfred – Fibre Concrete in Concrete and Precast Plants, Revista de Engenharia Estudo e Pesquisa UFJF 1999.
- [04] Maciel, Adriano da Silva, et all – Comportamento de Vigas de Concreto de Alto Desempenho com Diferentes Tipos de Fibras, 44 Congresso Brasileiro do Concreto 2002.
- [05] Bina, Paulo, et all – Estado da Arte dos Pisos Industriais e Pavimentos: do Sistema de Damas ao Protendido, 44 Congresso Brasileiro do Concreto 2002. ◆

# 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**

# 51º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO IBRACON 2009

## Premiados IBRACON em 2009

FÁBIO LUÍS PEDROSO

Na Solenidade de Abertura do 51º Congresso Brasileiro do Concreto, foram homenageados os profissionais de destaque do ano de 2009. Eles foram escolhidos por seus pares, por meio de enquete eletrônica disponibilizada no site do Instituto Brasileiro do Concreto – IBRACON. Para cada uma das categorias de prêmios estabelecidas pelo IBRACON, os profissionais indicaram um colega merecedor da homenagem. Ganha o prêmio quem atingir uma quota mínima de votos recebidos e o maior número de votos por categoria. Em razão desse novo critério, neste ano não foram contempladas todas as categorias de premiados.

Na oportunidade, o VII Simpósio EPUSP de Estruturas de Concreto, evento paralelo ao 51º Congresso Brasileiro do Concreto, prestou homenagens aos profissionais José Zamarion Diniz e Ernani Dias.

Receberam honrarias também os pesquisadores que tiveram suas dissertações de mestrado na área de estruturas e materiais em pesquisa com concreto escolhidas por uma Comissão de Avaliação composta para o Prêmio de Teses e Dissertações. Os critérios avaliados pela Comissão foram:

- ◆ Objetivos alcançados
- ◆ Qualidade e caráter inovador da estratégia de investigação
- ◆ Revisão bibliográfica
- ◆ Profundidade da abordagem
- ◆ Qualidade do texto



Professores Paulo Helene (esq) e Marcello da Cunha Moraes, mediados pelo presidente do IBRACON, Rubens Bittencourt, posam com seus títulos de sócios honorários

Congressistas presentes na Cerimônia de Abertura do 51º Congresso Brasileiro do Concreto para homenagear os premiados do ano



- ◆ Atualidade do tema
- ◆ Impacto na qualidade de vida
- ◆ Potencial de aplicação prática
- ◆ Função educativa
- ◆ Possibilidade de transferência do meio técnico
- ◆ Qualidade final

Ganharam o prêmio os pesquisadores que receberam o maior número de pontos com a somatória dos pontos atribuídos a cada quesito avaliado.

É importante ressaltar que os trabalhos avaliados receberam notas médias em torno de 4, o que caracteriza o excelente nível de produção científica dos trabalhos submetidos ao Concurso. Confira a seguir os premiados!

# Destaques do Ano de 2009

## Prêmio Emílio Baumgart Destaque em Engenharia Estrutural

Guilherme Salles S. de A. Melo



Professor Tullio Bittencourt recebe o prêmio pelo professor Guilherme Salles de A. Melo no auditório Positivo

- Engenheiro civil formado pela Universidade de Brasília (1979)
- Doutor em Estruturas pela Polytechnic of Central London, Inglaterra (1990)
- Professor da Universidade de Brasília, desde 1992, onde já assumiu os postos de chefe de Departamento de Engenharia Civil, coordenador do Curso de Mestrado em Estruturas e chefe do Laboratório de Estruturas
- Orientador de 9 teses e de 38 dissertações concluídas

- Revisor de artigos para o ACI Structural Journal, para as Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estrutural, para o Congresso Ibero Latino-Americano Métodos Computacionais para Engenharia e para o Congresso Brasileiro do Concreto
- Autor de artigos em periódicos e em congressos nacionais e internacionais
- Membro dos Comitês do American Concrete Institute 445 Shear and Torsion e 440 Fiber Reinforced Polymer Reinforcement

## Prêmio Gilberto Molinari Destaque em Reconhecimento aos Serviços Prestados ao IBRACON

Julio Timermam



Professor José Marques Filho faz a entrega do prêmio ao engenheiro Julio Timermam

- Engenheiro civil formado pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (1977)
- Professor titular da disciplina "Pontes em Concreto Armado e Protendido" na Faculdade de Engenharia de Itatiba da Universidade São Francisco
- Presidente da Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural (ABECE) na gestão 2002/2004
- Diretor de Certificação de Mão de Obra do Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON) nas gestões 2006/2007 e 2008/2009

- Delegado do Brasil no International Association for Bridge and Structural Engineering (IABSE)
- Consultor na área de Projetos de Reabilitação e Recuperação de Estruturas para diversas Concessionárias de Rodovias, com intervenções em mais de 100 mil m<sup>2</sup> de tabuleiros
- Diretor da Engeti – Consultoria e Engenharia

## Prêmio Liberato Bernardo

### Destaque em Tecnologia em Laboratório de Concreto

Eustáquio da Conceição Ferreira



Técnico Eustáquio da Conceição Ferreira recebe o prêmio na Solenidade de Abertura

experimentais do concreto; consultoria na construção Alves, 14 de Julho e Salto Pilão – Lactec – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (a partir de 2000)

- Representante de qualidade do LAME/LACTEC no INMETRO
- Membro do CB-18 – Comitê Brasileiro de Cimento, Concreto e Agregados da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)

- Técnico em Química pela Escola Técnica Vital Brasil – MG (1978)
- Supervisão e controle de qualidade do processo de fabricação do cimento e da farinha de alimentação do forno na Ciminas e Soeicom (1980-1988)
- Controle tecnológico do concreto convencional e do concreto compactado com rolo nas construções das UHE de Segredo e Salto de Caxias, na Derivação do rio Jordão e no Laboratório de Materiais e Estruturas – Cia Paranaense de Energia – Copel (1988-2000)
- Supervisão e execução de ensaios físicos do cimento, argamassa industrializadas, ensaios com agregados, reatividade potencial acelerada; dosagens da UHE de Dona Francisca, Quebra-Queixo, Castro

## Prêmio Argos Menna Barreto

### Destaque em Engenharia de Construções

Ricardo Muzzi Guimarães



Engenheiro Ricardo Muzzi Guimarães posa com prêmio ao lado do professor José Marques Filho

- Engenheiro civil formado pela Escola de Engenharia Kennedy – MG (1979)
- Superintendente de Obras, Líder de Contrato e Responsável Técnico na Construtora Andrade Gutierrez, desde 2002, empresa onde trabalha há 29 anos, tendo participado, dentre outros projetos, na construção das UHs:
  - Peixe Angical, no rio Tocantins, volume de 270 mil m<sup>3</sup> de concreto
  - São Salvador, Tocantins, volume de 200 mil m<sup>3</sup> de concreto
  - Santo Antônio, no rio Madeira, volume de 3,1 milhão de m<sup>3</sup> de concreto
  - Belo Monte, no rio Xingu, com volume previsto de 4 milhões de m<sup>3</sup> de concreto (Estudo de Viabilidade)

## Prêmio Francisco de Assis Basílio

### Destaque em Engenharia na Região do Evento

Moacir Hissayassu Inoue



Engenheiro Moacir Inoue mostra prêmio recebido na Cerimônia de Abertura

- Engenheiro civil formado pela Faculdade de Engenharia da Universidade Federal do Paraná (1971)
- Ex-professor do Departamento de Construção Civil do Curso de Engenharia de Operações da Escola Técnica Federal
- Professor aposentado do Departamento de Construção Civil do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná
- Diretor da TESC – Consultoria e Projetos Estruturais, desde 1971
- Diretor da TECNICALC – Consultoria e Projetos Estruturais, desde 2004

- Dentre seus projetos estruturais, citam-se: Edifício Sede da TELEPAR, Shopping Novo Batel, Estádio Pinheirão, Estação Plaza Show, Siderúrgica Usinor – Veja do Sul em São Francisco do Sul, Reservatório da Estação de Tratamento de Efluentes da Petrobrás - REVAP

## Prêmio Luiz Alfredo Falcão Bauer

Destaque em Engenharia no Campo das Pesquisas do Concreto e Materiais Constituintes

Romildo Dias Toledo Filho



Engenheiro Romildo Toledo Filho recebe os cumprimentos do professor José Marques Filho pela premiação

- Engenheiro civil formado pela Universidade Federal da Paraíba (1983)
- Mestre e doutor em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro  
Professor da Universidade Federal do Rio de Janeiro e Pesquisador CNPq
- Como pesquisador em projetos industriais e acadêmicos, atua nos seguintes temas : concreto, materiais compósitos, materiais de baixo impacto ambiental, durabilidade, concretos refratários, pastas para cimentação e barragens de concreto
- Seus trabalhos publicados perfazem : 3 livros, 6 capítulos de livros, 42 artigos em revistas científicas especializadas e 187 artigos em anais de eventos

## Homenageados VII EPUSP

José Zamarion Diniz



Professor Túlio Bittencourt esclarece ao público que o prêmio do engenheiro José Zamarion será entregue por ele pessoalmente, tendo em vista a impossibilidade do mesmo não poder comparecer ao evento

- Engenheiro civil pela Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais (1956)
- Ex-professor de concreto armado e protendido da Escola de Engenharia da Universidade de Minas Gerais
- Autor do livro "Manual para Cálculo de Concreto Armado e Protendido" e de trabalhos em publicações nacionais e internacionais
- Presidente do Instituto Brasileiro do Concreto nos biênios 1993/1995 e 1995/1997

• Diretor da Zamarion e Millen Consultores, onde desenvolve atividades ligadas ao projeto, execução e consultoria no campo de estruturas de concreto, principalmente pré-moldados, estruturas industriais e concreto de alto desempenho

Benjamin Ernani Diaz



Engenheiro Benjamin Diaz recebe prêmio do professor Túlio Bittencourt

- Engenheiro civil pela Escola Nacional de Engenharia da Universidade do Brasil, atual Universidade Federal do Rio de Janeiro (1959)
- Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Técnica de Hannover, Alemanha (1963)
- Professor titular e emérito da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, desde 1999
- Atuou em sua carreira profissional como consultor, diretor técnico e profissional responsável nas empresas Promon Engenharia, Companhia Brasileira de Trens Urbanos do Rio de Janeiro, Engefer – Engenharia Ferroviária, Engevix – Estudos

e Projetos de Engenharia e Antonio Noronha Serviços de Engenharia

- Dentre os projetos em que participou, destaca-se o Projeto de Ligação Rodoviária Rio-Niterói, como Chefe de Grupo de Engenheiros de Estruturas e como Gerente Geral
- Diretor técnico da Serviços de Engenharia B. Ernani Diaz

# Prêmios de Teses & Dissertações

## Área de Materiais

Ricardo Alencar



Arquiteto Ricardo Alencar posa com prêmio ao lado do professor José Marques Filho

**Título** Dosagem do concreto auto-adensável: produção de pré-fabricados

**Ano de defesa** 2008

**Nome do autor** Ricardo dos Santos Arnaldo de Alencar

**Orientador** Paulo Roberto do Lago Helene

**Universidade** Universidade de São Paulo – USP

**Tema** Materiais e propriedades

**Palavras-Chave** Concreto pré-moldado, Concreto endurecido, Concreto auto-adensável, Reologia

**Nível** Dissertação de mestrado Acadêmico

**Link:** <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-19092008-161938/>

## Área de Estruturas

Luciane Fonseca Caetano



Engenheira Luciane Caetano recebe o prêmio por sua dissertação sobre estruturas

**Título** Estudo do comportamento da aderência de elementos de concreto armado sujeitos à corrosão e às altas temperaturas

**Ano de defesa** 2008

**Nome do autor** Luciane Fonseca Caetano

**Orientador** Luiz Carlos Pinto da Silva Filho

**Universidade** Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

**Tema** Análise estrutural

**Palavras-Chave** Aderência, Corrosão da armadura, Concretos Deteriorados

**Nível** Dissertação de mestrado Acadêmico

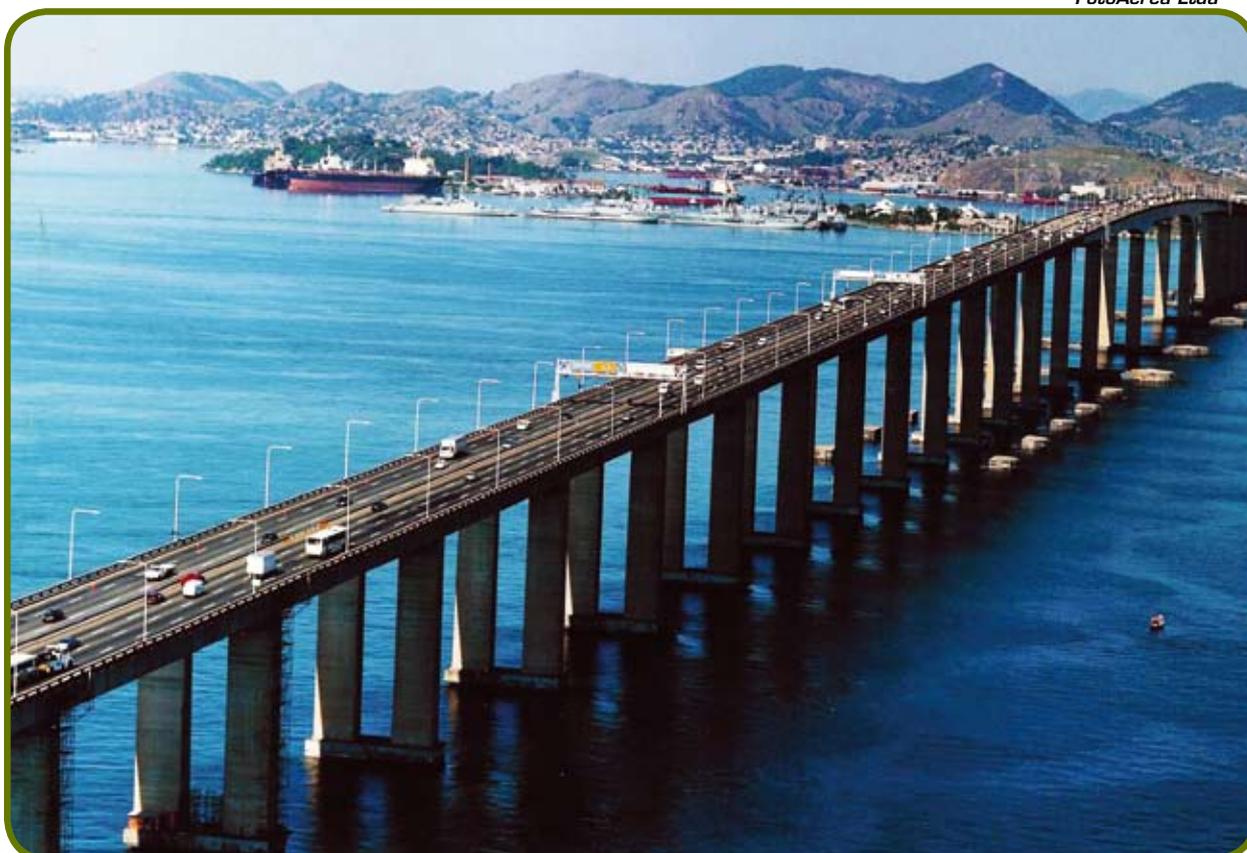
**Link:** [www.cpgec.ufrgs.br/leme](http://www.cpgec.ufrgs.br/leme)

Saiba como concorrer e participar, acessando: [www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br) ◆

# NBR-9452/86 – vistoria de pontes e viadutos de concreto – proposição para revisão e atualização

Carlos Henrique Siqueira • *Eng. Civil, D.Sc*  
Consultor da Concessionária da Ponte Rio-Niterói S/A

FotoAérea Ltda



Vista aérea da Ponte Rio-Niterói

## Resumo

Editada há 23 anos, a norma brasileira NBR-9452/86, relativa à vistoria de pontes e viadutos de concreto, não contempla todos os requisitos necessários a uma ampla inspeção das obras de arte especiais. A carência de informa-

ções acerca de como e o que observar em vários segmentos estruturais, além da ausência de um elenco de outras considerações, promovem uma limitação no seu papel de alcançar uma maior abrangência na arte de vistoriar.

Este trabalho objetiva despertar a atenção dos envolvidos com o ramo da patologia, terapia e profilaxia das pontes e viadutos, para

que se promova, junto à Associação Brasileira de Normas Técnicas, uma revisão e uma atualização da NBR-9452/86, de forma que as vistorias possam ter referências plenas às suas realizações.

## 1. Preâmbulo

As vistorias das obras de arte especiais são de fundamental importância, pois constituem o primeiro passo para as suas manutenções. Quando elas são realizadas de forma correta, abrangendo a plenitude da ponte ou viaduto, pode salvar a obra que se encontra enferma. Ao contrário, quando negligenciada e executada sem a devida honestidade técnica, pode acumular todos os predicados negativos para conduzi-la à ruína. Experiências em todo o mundo têm comprovado essas assertivas.

A cultura de vistoriar e manter o patrimônio público representado pelas pontes e viadutos no Brasil não é uma rotina ampla, quer na área federal, na estadual e na municipal. De fato, a incalculável quantia que representa essa herança rodoviária nem de longe está cercada dos devidos cuidados quanto à preservação estrutural ou de durabilidade. No máximo, quando a obra está acometida de uma grave enfermidade, aproximando-se do seu estado terminal, soluções emergenciais são deflagradas como terapia para tirá-la da UTI, dando-lhe sobrevida. A regra é essa; qualquer desvio é exceção.

Em fevereiro de 1979, após permanecer desde a sua inauguração, em 04 de março de 1974, sem qualquer manutenção de suas estruturas; portanto, cinco anos à deriva, o então DNER (Departamento Nacional de Estradas de Rodagem), hoje DNIT (Departamento Nacional de Infra-Estruturas de Transportes), deu início às vistorias e manutenções da Ponte Rio-Niterói, a maior obra de engenharia rodoviária deste país e a maior ponte do hemisfério sul. Naquela ocasião, um plano de vistoria foi elaborado especificamente para a ponte, tomando por base a experiência internacional da empresa norte-americana HNTB – Howard, Needles Tammen and Bergendoff, International, Inc., projetista dos caixões metálicos. Esse programa de vistoria contemplava todos os 200.000m<sup>2</sup> de estruturas metálicas dos vãos principais e os 1.400.000m<sup>2</sup> de estruturas em concreto dos vãos secundários.

Por ocasião do início das vistorias da Ponte Rio-Niterói, não havia norma brasileira que regesse as diretrizes concernentes a essas atividades. Por isso, houve a necessidade de se recorrer às recomendações internacionais, mais

precisamente às dos Estados Unidos. Não obstante a essa lacuna normativa brasileira da ocasião, as vistorias e manutenções levadas a efeito na Ponte Rio-Niterói representam um marco da engenharia nacional na preservação das obras de arte especiais. Com efeito, tais serviços foram tão marcantes e divulgados que motivaram a ABNT a promover a 1ª reunião para implantação da comissão de estudos visando elaborar a norma de vistorias de pontes e viadutos de concreto, a qual o autor teve a honra de presidir, fato que ocorreu em 1982, tendo a norma sido homologada oficialmente em 1986, com a identificação alfanumérica de NBR-9452/86.

Para a oportunidade, o lançamento dessa norma foi muito importante, visto que ela logo passou a ser manuseada como um referencial, fornecendo um roteiro básico às vistorias e permitindo aos órgãos públicos proprietários das obras uma orientação mínima do que observar e como proceder para vistoriar.

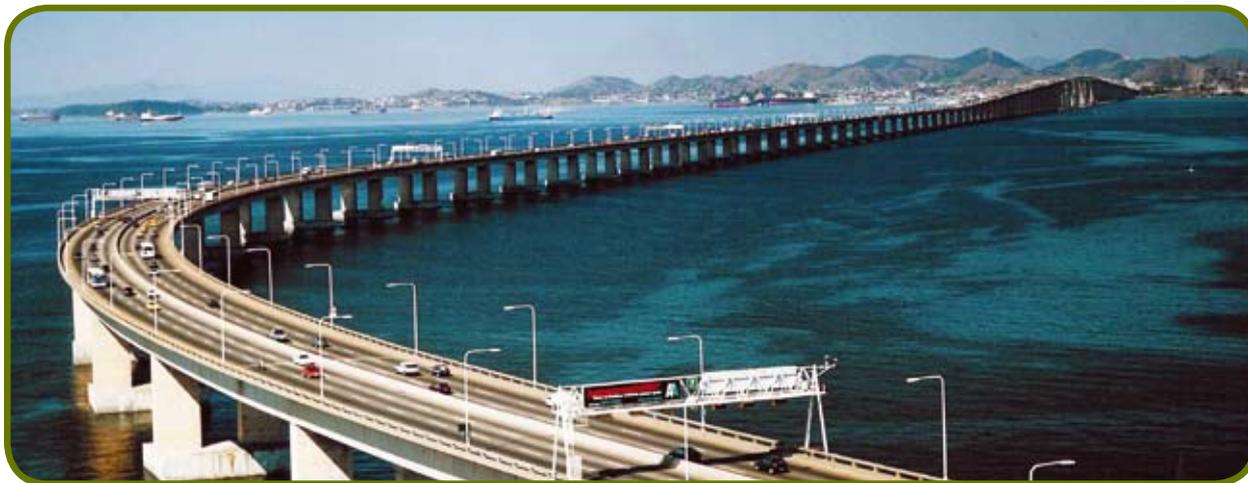
Um grande avanço em qualidade e quantidade nas vistorias das pontes e viadutos no Brasil foi dado com o advento das concessões rodoviárias, tanto no âmbito federal, quanto no estadual. Com as obras de arte especiais severamente desgastadas em virtude de anos a fio sem qualquer manutenção, a mudança desse cenário foi uma das exigências dos Cadernos de Encargos das Concessionárias. A destacar, a especificação técnica ET-0-C21/002, de 31/03/99, do DERSA – Desenvolvimento Rodoviário S/A, do estado de São Paulo, cujo conteúdo foi e continua sendo de extremo valor. Vale assinalar, também, para exibir o descaso com essas estruturas, que uma ponte teve que ser imediatamente demolida e um viaduto veio a ruir, tão logo duas distintas concessionárias assumiram, por 25 anos, a responsabilidade de manter e operar duas das mais importantes rodovias da malha brasileira.

## 2. A NBR-9452/86

A NBR-9452/86 é o procedimento técnico da Associação Brasileira de Normas Técnicas que orienta quanto às diretrizes a serem aplicadas nas vistorias de pontes e viadutos de concreto.

Como já referenciado, ela foi elaborada a partir do início dos anos 80, sendo concluída e referendada por esse órgão em 1986. Assim, há 23 anos esse procedimento está em uso sem qualquer alteração.

Por outro lado, à época em que se davam os primeiros passos à sua elaboração, a cultura de manutenção no Brasil ainda era embrionária



Vista clássica da Ponte Rio-Niterói

e os enfoques levados em conta não eram tão numerosos. De qualquer forma, para a ocasião, foi o que de melhor conseguiu agrupar a comissão de estudos formada unicamente por engenheiros do eixo Rio-São Paulo.

De maneira abreviada, é possível afirmar que a NBR-9452/86 é basicamente composta de:

- ◆ identificação de três categorias de vistoria – cadastral, rotineira e especial, com as respectivas definições;
- ◆ pormenores quanto à documentação dos antecedentes construtivos e de projeto a serem juntados à vistoria cadastral;
- ◆ alusões quanto a particularidades na execução das vistorias rotineira e especial;
- ◆ anexos A e B, atinentes ao roteiro executivo das vistorias cadastral e rotineira, e um fluxograma de vistoria especial.

Atualmente, com a experiência que se tem em vistoriar pontes e viadutos no Brasil, sabe-se que a norma NBR-9452/86 está muito aquém do que realmente se necessita, e isso tem contribuído para a restrição do seu uso por quase todos que atuam na área da patologia, terapia e profilaxia de estruturas de obras de arte especiais. O fato não causaria espanto se a opção pelo uso de normas internacionais fosse verificada. Entretanto, a prática mostra que isso não ocorre, sendo as vistorias realizadas sem um referencial técnico orientador, pelo menos no âmbito das concessões rodoviárias federais, e ainda nas obras não submetidas a esse processo, mas igualmente pertencentes a União. Prudente é esclarecer que, não obstante tal situação, a forma de inspecionar as estruturas tem se mostrado suficiente para garantir a segurança física delas. Na esfera das concessões de rodovias no estado de São Paulo, a especificação do DERSA ET-0-C21/002 é mais respeitada e utilizada, dada a exigência do poder concedente, conquanto essa especificação, embora mais abrangente que a NBR

9452/86, também careça de postulações adicionais e complementares.

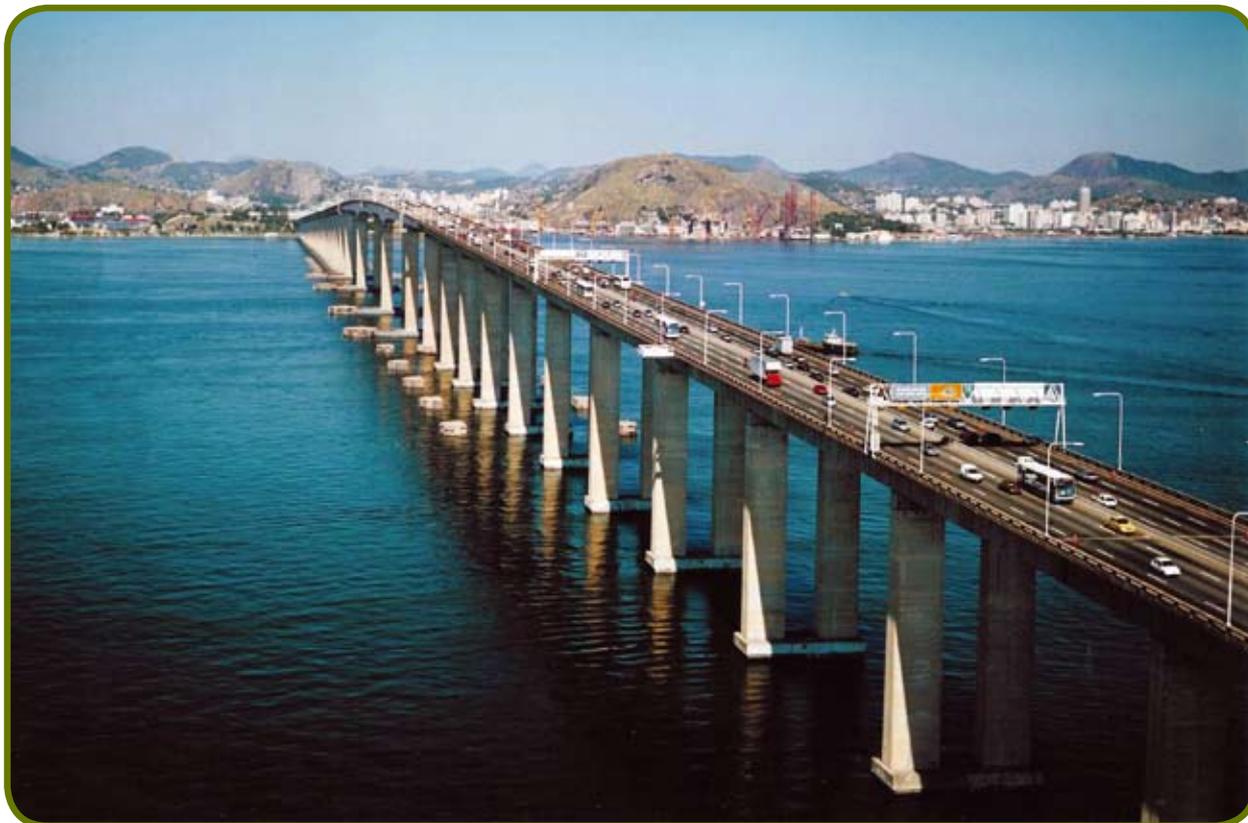
Assim, limitada pela reduzida esfera de alcance, a NBR 9452/86 é uma norma desatualizada e que não atende as necessidades de uma vistoria plena, com graves lacunas que promovem a execução de um serviço muito aquém do mínimo cabível a tão importante tarefa de vistoriar. Diante disso, é verídico afirmar que alguns engenheiros sequer sabem de sua existência, procedendo as inspeções sem um roteiro básico.

Importante é registrar, também, que não obstante a carência de completeza, a NBR 9452/86 impõe períodos máximos em que as pontes e viadutos devem ser vistoriados, como forma de garantir com segurança o patrimônio público. A vistoria rotineira, por exemplo, de acordo com a exigência desse procedimento, tem como intervalo extremo entre duas inspeções o prazo de um ano, e essa imposição dificilmente é obedecida.

Vê-se, pelo pouco aqui descrito, que, além de desatualizada, a NBR 9452/86 é simplesmente ignorada naquilo que ela prescreve.

### 3. Cenário das vistorias no Brasil

Como já mencionado, dois distintos marcos norteiam as vistorias de pontes e viadutos no Brasil. O primeiro foi cravado em fevereiro de 1979, com o início da inspeção da Ponte Rio-Niterói. O outro, em 1995/1996, com a implantação das concessões rodoviárias a nível federal e estadual, esta última no estado de São Paulo. Entre essas datas, inspeções isoladas, a cargo, principalmente, do DER-RJ, para citar o estado do Rio de Janeiro como exemplo, foram procedidas, mas em um reduzido número de obras.



Vista aérea de outra angulação

Para não se afastar do foco deste trabalho, que visa unicamente a NBR 9452/86, este item não será estendido e a sua inclusão é para alertar o quanto se negligencia quando o assunto é manutenção de obras de arte especiais. No tocante a isso, será que as seguintes questões seriam respondidas de forma correta pelos proprietários das pontes e viadutos no Brasil?

- ◆ Quantas obras de arte especiais existem no Brasil?
- ◆ Em que situação física elas se encontram?
- ◆ Quando foram vistoriadas?
- ◆ Qual a norma que regeu as vistorias?
- ◆ Quais as prioridades de recuperação?
- ◆ Quantas necessitam reforço?
- ◆ Qual o valor deste patrimônio?
- ◆ Quanto custa mantê-lo?

Se, por um lado, as concessões de rodovias federais e estaduais trouxeram um novo alento para as pontes, viadutos, passarelas e passagens de nível, por outro, mostraram a face da banalidade, na medida em que a acirrada disputa pelos serviços tem levado a preços aviltantes. Lógico que as concessionárias não são as culpadas por isso se verificar, visto que ponderável parcela, senão total, é imputada às empresas vistoriadoras, que se arvoram por qualquer valor à realização dos serviços. Isso é muito mal, porque uma vistoria executada

por um preço vil pode conduzir a obra a conseqüências negativas. Fica, aqui, registrado o alerta para uma questão muito importante e que merece reflexão

#### 4. O que pode ser melhorado

No que tange ao item anterior, uma melhor conscientização por parte das concessionárias, juntamente com as empresas que executam as vistorias, pode redundar em melhores serviços por valores mais justos, sem disparates para cima ou o inverso.

Relativa a NBR 9452/86, muita coisa há que ser feita. De início, a ABNT deve ser notificada quanto à pobreza da atual norma, através do CB-02 – Comitê Brasileiro de Construção Civil. Como presidente da CE-02-008.08-Comissão de Estudo de Vistorias de Ponte de Concreto – por ocasião da elaboração dessa norma, farei chegar àquele comitê a necessidade premente de revisão e atualização desse procedimento.

A continuidade dos trâmites legais para efetivação do processo cabe à ABNT, inclusive os convites aos novos membros formadores da atual comissão de estudos. Anseia-se que a velocidade na implantação da revisão desse

procedimento seja tão grande quanto à sua atual carência de completeza.

Quanto às novas abordagens que o procedimento deverá incluir, segundo critério do autor, algumas são a seguir relacionadas:

- ◆ aparelhos de apoio;
- ◆ juntas de dilatação;
- ◆ concreto protendido;
- ◆ sinalização horizontal, vertical e aérea;
- ◆ vistoria submersa;
- ◆ pavimento rígido e flexível;
- ◆ relatórios patológicos e terapêuticos;
- ◆ equipamentos;
- ◆ ensaios especiais;
- ◆ qualificação dos inspetores.

É o que se entende como o mínimo necessário a crescer ao procedimento NBR 9452/86, para que ele se encorpe das condições orientadoras fundamentais na condução de uma vistoria satisfatória.

## 5. Conclusões

A norma NBR-9452/86, da forma atual, não atende a plenitude que se deseja para a condução de uma vistoria satisfatória. Ela não aborda itens capitais constantes das pontes e viadutos e, por tal, restringe e empobrece a inspeção, quando não omite informações preciosas à estabilidade das obras.

A alteração desse quadro urge que seja feita, e a atualização e a complementação da norma são a única forma disso prosperar.

Com a experiência vinda das rodovias concedidas, a NBR-9452/86 poderá ser amplamente enriquecida em seus meandros. As opiniões oriundas desse contingente de técnicos serão cruciais à elaboração de um procedimento mais abrangente e completo.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [01] Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 9452/86
- [02] Desenvolvimento Rodoviário S/A - ET-0-C21/002
- [03] FHA – Federal Highway Administration – Bridges Inspector's Training Manual/90

# 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)

## Painel expõe os desafios para disseminar o uso do CAD e do CAA

**FÁBIO LUÍS PEDROSO**



Integrantes da Mesa do Painel de Assuntos Controversos: (esq./dir.) Carlos Campos, André Geyer, Denise Dal Molin, Moacir Inoue, Paulo Helene e Arcindo Vaquero y Mayor

O concreto de alto desempenho (CAD) e o concreto autoadensável (CAA) são tecnologias recentemente introduzidas na indústria da construção civil. Devido às suas características especiais, esses concretos têm enormes potencialidades ainda a ser exploradas pelo mercado construtivo brasileiro e mundial.

Segundo o American Concrete Institute (ACI), o concreto de alto desempenho são aqueles que combinam propriedades especiais de uniformidade e de desempenho que não podem ser alcançadas rotineiramente com os materiais convencionais e as práticas de dosagens normais. Entre essas propriedades, citam-se: a facilidade de lançamento e compactação do concreto sem que ele segregue; as altas resistências mecânicas de longo prazo; a alta resistência à compressão de curto prazo; a dureza; a baixa permeabilidade; a estabilidade volumétrica; e a durabilidade. Pode-se, na dosa-

gem, visando uma aplicação específica, almejar algumas dessas propriedades em detrimento das outras.

O concreto de alta resistência pode ser considerado de alto desempenho. Ele é definido como o concreto com resistência à compressão superior a 40MPa. Uma referência mundial de uma estrutura de concreto de alta resistência é o edifício Petronas Tower, em Kuala Lumpur, na Malásia. Construído em 1997, seus pilares alcançaram a resistência recorde à época de 80MPa. No Brasil, o concreto de alta resistência já era empregado quando da construção do Museu de Arte de São Paulo (MASP: fck de 45MPa). Uma obra emblemática brasileira com o uso do concreto de alto desempenho foi o e-Tower, edifício comercial com 162 metros de altura, na Vila Olímpia, São Paulo. Para atender a proposta arquitetônica, a resistência à compressão nos pilares foi elevada para valores

nunca antes especificados em projetos de estruturas de concreto: 80MPa. A resistência foi atingida e superada pelo concreto de alto desempenho feito quase exclusivamente com tecnologia nacional: com exceção dos aditivos, que foram importados, os agregados, o cimento, a microsilica, a usina de concreto, as betoneiras, a empresa de serviço de concretagem, os engenheiros tecnologistas, os técnicos, os projetistas, os laboratórios de controle tecnológico e a construtora foram brasileiras. O valor de fck de 125MPa é o mais elevado já obtido para projeto de pilares de uma estrutura de concreto no país, caracterizando o concreto como único produzido em central dosadora de concreto e executado em obra brasileira.

Além da elevada resistência à compressão da estrutura, outras vantagens citadas pelo consultor Paulo Helene, que participou do projeto de concreto do e-Tower, são a facilidade de execução sem falhas de concretagem (o que se traduz em maior rapidez na execução da obra), a durabilidade elevada, a fluência reduzida, as deformações menores (o que implica menores gastos com manutenção) e as dimensões reduzidas das peças estruturais que propiciam maior espaço útil (economicamente, essa vantagem é se reflete na diminuição da quantidade e metragem das fôrmas). Tudo isso obtido num concreto dosado numa moderna usina de concreto convencional, transportado e amassado num caminhão betoneira típico, lançado em obra



Auditório lotado assiste à exposição dos palestrantes sobre o assunto controverso

com gruas e caçambas usuais, adensado por vibradores comuns e curado pela manutenção de fôrmas de madeira usualmente utilizadas nas obras de construção nacionais.

Diante de tantas vantagens, pergunta-se: por que ainda seu uso é tão pouco disseminado na construção civil nacional?

Já, o concreto autoadensável é uma mistura especial capaz de preencher todos os espaços no interior da fôrma, passando através de pequenas aberturas entre as barras de ferro da armadura, com seu próprio peso, e ainda permanecer uniforme e coeso durante seu processo de transporte e lançamento (resistência à segregação). Este tipo especial de concreto foi desenvolvido no Japão, no final da década de 80, para resolver a dificuldade de adensamento do concreto convencional em estruturas com alta taxa de armadura, muito comuns no país devido à alta frequência de terremotos.

Em virtude de suas vantagens competitivas, como a possibilidade de concretagens mais rápidas, sem o uso de vibradores, com menor emprego de mão de obra, e melhor qualidade de acabamento final, o concreto autoadensável tem despertado o interesse da comunidade técnica nacional, sendo uma das vedetes em debates e reuniões técnicas, simpósios e congressos. Porém, sua aplicabilidade é ainda muito tímida no país. "O Brasil ainda usa pouco esses concretos, numa escala ainda pequena. Em algumas cidades, porém, o uso é mais disseminado, como Goiânia e Porto Alegre", contextualizou o professor da Universidade Federal de Goiás, André Geyer, coordenador do Painel de Assuntos Controversos "Concretos de Alto Desempenho e Auto-Adensável: desafios para sua maior utilização no Brasil", onde se procurou debater os motivos da pouca disseminação



Engenheiro André Geyer coordenando os debates no Painel

desses concretos em obras de infraestrutura e em edificações pelo país.

O Painel foi realizado no dia 7 de outubro, integrando a programação do 51º Congresso Brasileiro do Concreto, ocorrido em Curitiba, de 6 a 10 de outubro. Participaram da mesa de debates profissionais de diferentes setores do mercado da construção civil: a professora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Denise Dal Molin; o professor da Universidade de São Paulo e consultor tecnólogo, Paulo Helene; o consultor da Associação Brasileira

de Empresas de Serviços de Concretagem, Arcindo Vaquero y Mayor; o diretor da empresa Tecnicalc, de Consultoria e Projetos Estruturais, Moacir Inoue; e o diretor do Laboratório Carlos Campos, Carlos Campos. A convite do coordenador, o professor da Universidade da Califórnia, Kumar Mehta, interveio num dos momentos do Painel.

O interesse pelo tema pôde ser comprovado pelo auditório lotado por congressistas interessados nos debates. Veja a seguir uma sinopse do que foi discutido.”

### **O concreto autoadensável apresenta necessariamente módulo de elasticidade inferior?**

**Denise Dal Molin:** “Quando começamos a estudar o concreto autoadensável, fizemos um levantamento dos traços utilizados no mundo. Observamos que os teores de argamassa variavam de 60 a 81%. Naturalmente, isso reflete numa queda de módulo. Porém, a perda de módulo é mais uma questão de dosagem do que uma característica do concreto autoadensável. Nos estudos que fizemos variando os teores de argamassa, verificamos que o módulo cai a partir dos 65%. Até esse valor, o módulo é compatível ou até superior ao módulo do concreto convencional”.

**Paulo Helene:** “Nos meus tempos de faculdade e de engenheiro de obras, no começo de minha carreira profissional, era preceito básico no meio técnico evitar usar o concreto ‘mingau’, aquele concreto com muita água e, conseqüentemente, poroso e com baixo módulo de elasticidade. Mas, hoje em dia, é possível fazer concreto com pouca água e muito fluido, porque o conhecimento e a tecnologia avançaram. É preciso, então, não se acomodar, estar atualizado com as novidades, ao mesmo tempo tomar maiores cuidados com a dosagem do concreto, conforme a tecnologia avança”.

### **Quais são os requisitos para o uso do concreto autoadensável?**

**Moacir Inoue:** “Do ponto de vista estrutural, utiliza-se o concreto autoadensável ou o concreto com slump elevado toda vez que se tem uma estrutura com taxa de armadura elevada, justamente para se prevenir das falhas de concretagem, como os ninhos de concretagem. No Japão, país em que o concreto autoadensável tem grande

penetração, a quantidade de armaduras nas estruturas não tem nada a ver com o que a gente encontra no Brasil, porque lá a incidência de terremotos é bastante elevada”.

### **O consumo de cimento é maior nos concretos autoadensáveis?**

**Denise Dal Molin:** “Atualmente vemos o uso cada vez maior de pozolanas para melhorar a qualidade do concreto. O uso de pozolanas implica diminuir o consumo de cimento e aumentar a durabilidade do concreto. Dessa forma, o uso de pozolanas no concreto autoadensável diminui o consumo de cimento e reduz a penetração de cloretos”.

**Paulo Helene:** “O Brasil é pioneiro e referência no uso de adições. Elas são usadas desde a década de 60. Mas, seu uso na construção precisa ser normalizada no país, para assegurar um bom controle tecnológico do concreto autoadensável, que tem necessidade de uma uniformidade maior do que os concretos convencionais”.

**Kumar Mehta:** “A prioridade para as construções futuras é assegurar a sustentabilidade e o caminho para isso é aumentar a durabilidade das estruturas de concreto. A incorporação de adições ao concreto possibilita, além de reduzir o consumo de cimento, aumentar a vida útil das estruturas, a despeito da pega demorar um pouco mais do que o concreto convencional”.

### **Como controlar e rastrear o concreto autoadensável?**

**Carlos Campos:** “Na década de 50, a introdução do aço com ranhuras (CA-50) foi muito bem vinda. Mas, o concreto não acompanhou aquela evolução. Utilizou-se o mesmo concreto para um aço diferente. O resultado foi desastroso: houve uma intervenção grande em Goiana para reabilitar

as estruturas, pois se descobriu que o CA-50 era dez vezes mais corrosível que o ferro doce, comumente utilizado até aquele momento. Teve-se, então, que desenvolver um concreto de melhor qualidade, que protegesse o aço.

É uma coisa maravilhosa pegar um mangote, soltar num canto da laje e ver o concreto se espalhar como água. Mas, isso exige maior controle tecnológico. Por que fazemos rastreadibilidade com o concreto? Por causa da insegurança. Porque não estou confiando naquilo que estou pondo ali e preciso saber onde está o concreto para tirá-lo depois, se precisar. Isso é um conceito da década de 50. Acredito que devemos mudar esse conceito, confiando mais no que estou colocando. O concreto autoadensável é um concreto de setores ou um concreto de camadas? Eu preciso assegurar uma produção boa, confiável. É preciso assegurar que o que eu pedi é o que eu comprei. Em relação ao controle tecnológico, à resistência do corpo de prova, é possível confiar nas casas decimais depois da vírgula? Como diz o professor Vasconcellos, em Engenharia 10% é número exato. Será que a gente tem essa competência toda para falar qual a resistência exata de um caminhão tirando apenas 5 litros de um total de 8 mil?"

**Arcindo Vaquero y Mayor:** "Quando partimos para a produção de concretos especiais, precisamos tomar um cuidado ainda maior. Principalmente com aditivos tão sensíveis e caros. A dosagem deve ser muito precisa. E feita geralmente na obra. Numa cidade como São Paulo, com tráfego intenso, perde-se o efeito da plasticidade do concreto pelo caminho, antes de chegar à obra, porque ele dura uns 40 minutos. Além disso, é preciso equipamentos calibrados, profissionais capacitados, que conheçam os materiais e que participem de eventos técnicos".

### **Por que Goiânia é a 'capital' brasileira do concreto autoadensável?**

**André Geyer:** "Muitos fatores levaram ao emprego em larga escala do concreto autoadensável em Goiânia. Em primeiro lugar, a cidade é relativamente nova (tem 70 anos). Em segundo, o projeto da cidade foi encomendado por um gestor iluminado (Pedro Ludovico). A distância e o isolamento fazem as pessoas interessadas em novidades, conectadas com outras partes. Quando os construtores ouviram falar que os preços dos aditivos caíam internacionalmente,

eles nos perguntaram: 'Nós podemos fazer concreto autoadensável aqui em Goiânia?'. Empresas de concreto, construtores, universidade, laboratórios se uniram para fazer os testes. Uma construtora se dispôs a usar o autoadensável em suas obras: topou fazer ao mesmo tempo dois prédios um com concreto autoadensável e outro com concreto convencional. Assim, os setores da cadeia estavam envolvidos com a idéia de fazer concreto autoadensável em escala real, não só em laboratório. Hoje, em algumas empresas prestadoras de serviço de concretagem, o concreto autoadensável corresponde a 50% do concreto fornecido no mercado".

### **O concreto de alto desempenho é recomendado em quais aplicações?**

**Paulo Helene:** "O uso de concreto de alto desempenho no Prédio CENU (Centro das Nações Unidas), com resistência de 50MPa, possibilitou que se eliminasse um dos pilares da fachada. Além disso, o concreto de alta resistência emite menos CO<sub>2</sub> e gasta menos energia".

**Arcindo Vaquero y Mayor:** "A pista descendente da rodovia dos Imigrantes, que usou o concreto de alto desempenho, possui o dobro do espaçamento entre pilares da pista ascendente, construída com concreto convencional. Consegue-se também minimizar o impacto da construção na Serra do Mar".

### **É verdade que o concreto de alto desempenho possui menor aderência do que o concreto convencional?**

**Denise Dal Molin:** "Sim, há problemas de aderência no concreto de alta resistência, devido à queda da tensão em função da diminuição da porosidade do concreto. Como reparar este problema é algo ainda em estudo".

### **Por que em obras de infraestrutura o concreto de alto desempenho e o concreto autoadensável não são tão disseminados?**

**Paulo Helene:** "A questão econômica é imediata. O preço do metro cúbico do concreto convencional é mais barato do que os preços do metro cúbico do concreto de alta resistência e do concreto autoadensável. Some-se a isso a mentalidade equivocada do subempreiteiro que cobra o mesmo preço por metro cúbico de concretagem

para o concreto convencional e para o concreto autoadensável. A facilidade de executar a obra com autoadensável é muito maior que com concreto convencional! O subempreiteiro, infelizmente, ainda não domina as novas tecnologias.

Além do mais, os projetistas têm a visão equivocada de que usar o concreto de maior resistência implica em riscos maiores. Para mim, é o contrário: o concreto de alto desempenho não compromete a segurança, mas é preciso um cuidado maior na concretagem”.

**Denise Dal Molin:** “Um método de dosagem precisa ser desenvolvido para aumentar a rentabilidade e a competitividade desses concretos. Por outro lado, há de se levar em conta a redução de custo de até 10% com mão de obra, no caso do concreto autoadensável. É preciso uma mudança de postura dos empreiteiros, de forma a que seja cobrado menos por metro cúbico numa concretagem com concreto autoadensável. Creio que seja uma questão de tempo para vermos essa mudança. Hoje, vemos que o concreto autoadensável é mais aceitável na indústria de pré-moldados. Existe uma dificuldade maior para implementá-lo nas construtoras”.

### **É possível fazermos um concreto de alto desempenho que seja também autoadensável?**

**Denise Dal Molin:** “Quanto mais alta a resistência do concreto, fica mais fácil transformá-lo em autoadensável. Existe uma tendência hoje para agregar as duas tecnologias. Na obra de Iberê Camargo em concreto branco, o concreto de alta resistência (para que a obra fosse durável) foi transformado em concreto autoadensável (para se evitar os efeitos negativos da vibração, como as manchas nas camadas)”.

### **No balanço feito pelo coordenador:**

“O que notamos é que o fator limitante para um maior emprego do concreto de alto desempenho e do concreto autoadensável – e dos dois conjuntamente – não é econômico nem técnico, mas diz respeito à necessidade de uma maior divulgação dessas tecnologias. Penso que fazer reuniões regionais sobre o tema que foi discutido aqui, repetir essa experiência nos estados, nas Regionais do IBRACON, é o caminho para superarmos essa barreira”. ♦



## 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



## Análise sobre o setor de construção civil

Paulo Macena  
All Consulting



Assim como ocorreu com diversos outros setores da economia brasileira, a construção civil sentiu os efeitos da crise financeira mundial iniciada no final de 2008, período em que uma série de incertezas recaía sobre o mercado como um todo.

Dessa forma, muitas construtoras frearam os lançamentos e ficaram na espera de melhorias no cenário macroeconômico.

Em vista do cenário econômico nacional que era preocupante, o governo tomou uma série de medidas visando conter os efeitos da crise, onde um dos grandes beneficiados foi o segmento da construção. Uma das ações do governo foi aumentar o crédito destinado à aquisição de imóveis, além de promover con-

secutivas quedas na taxa básica de juros – Selic, que se encontra atualmente em 8,75% ao ano e é utilizada no crédito imobiliário oferecido pelos bancos públicos e privados que operam no Sistema Financeiro de Habitação (SFH).

A redução do IPI para materiais de construção foi outra medida adotada pelo governo que contribuiu com a redução dos custos da construção. Mas a principal medida, no entanto, foi a criação do programa de moradia popular “Minha Casa, Minha Vida”, que prevê a construção de 1 milhão de moradias para famílias com renda até 10 salários mínimos.

Estas intervenções foram determinantes para que o setor de construção civil desse um

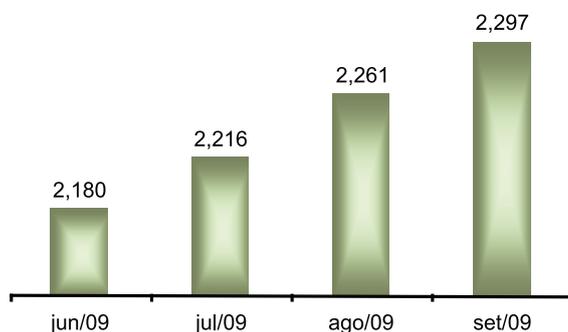
importante passo para deixar para trás a crise econômica e retomar o bom desempenho, intensificando seus investimentos e registrando consecutivos saldos positivos na mão de obra. A demanda voltou a se aquecer e o segmento da construção passou a vivenciar o mesmo período pré-crise.

Atualmente, o setor conta com 2,26 milhões de trabalhadores registrado no País e as perspectivas são de que o ritmo das contratações siga

em elevação até o final deste ano por conta do crescimento contínuo no número de canteiros de obras, o que reforça o fato do setor de construção ser um dos principais setores a gerarem empregos no Brasil.

A recuperação da conjuntura macroeconômica tem sido fundamental para a nova fase de melhora que vive o setor. Os índices econômicos que medem o nível de emprego no País e a renda do trabalhador seguem apresentando taxas de crescimento positivas, e são esses os principais indicadores que exercem forte influência sobre o desempenho da maioria dos setores econômicos, inclusive a construção civil.

**Gráfico 1 – Emprego na construção civil (em milhões de empregos)**



Fonte: Sinduscon  
Elaboração: All Consulting

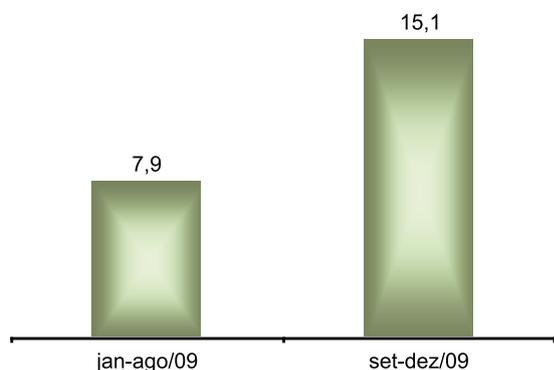
Nesse contexto, o fato do País ter sido escolhido para sediar os Jogos Olímpicos de 2016 também contribuiu para delinear excelentes tendências para o setor de construção a curto e médio prazo, favorecendo tanto o segmento de construção quanto o de construção pesada.

O reaquecimento do mercado de construção por conta do programa “Minha Casa, Minha Vida”, fez com que as construtoras que atuam

nesse segmento intensificassem o número de lançamentos neste segundo semestre. Inclusive, muitas construtoras que atuavam mais voltadas ao segmento de alto padrão, passaram a realizar lançamentos mais populares, o que irá impactar de maneira positiva nas vendas dessas empresas.

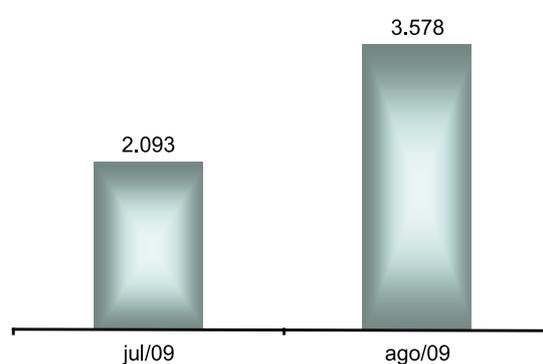
Além de incentivar novos investimentos por parte das empresas atuantes, a recuperação da economia aumentou a confiança do trabalhador, e isso trouxe novo ânimo ao setor de construção civil ao impulsionar as vendas de imóveis e manter a tendência de que o setor encerrará este ano de 2009 apresentando um desempenho bastante favorável. ♦

**Gráfico 2 – Lançamento de Habitações Populares na Grande São Paulo em 2009 (em mil unidades)**



Fonte: Embraesp  
Elaboração: All Consulting

**Gráfico 3 – Imóveis comercializados na Grande São Paulo (em unidades)**



Fonte: Embraesp  
Elaboração: All Consulting

## Concursos entre estudantes agitam Congresso



No 51<sup>o</sup> Congresso Brasileiro do Concreto, de 6 a 10 de outubro de 2009, em Curitiba, os estudantes de engenharia e arquitetura participaram de disputadas competições nas três modalidades de concursos promovidos pelo Instituto Brasileiro do Concreto – IBRACON. O objetivo das competições é que os alunos aprendam na prática com a aplicação dos conhecimentos que adquirem na sala de aula.

Nesta edição do evento, as competições contaram com uma arquibancada, especialmente construída, com o patrocínio da *Engemix*, para que os congressistas acompanhassem e torcessem pelas suas equipes preferidas.

Confira a seguir os vencedores!

# 6º CONCREBOL

O Concurso demanda conhecimento e técnica para a construção de uma bola de concreto simples. A competição faz a bola rolar sobre um equipamento dotado de um contrapeso, que arremete a bola, fornecendo-lhe o impacto necessário para que atinja a outra extremidade, onde está posto um gol. Caso acerte o gol – para isso, precisará rolar em trajetória retilínea – a próxima etapa é submeter a bola a um apa-

relho de compressão, para medir sua resistência. Ganha bola esférica de maior resistência.

## COORDENAÇÃO

Engª Janaína Araújo

## PARTICIPANTES

21 instituições

39 bolas

## 1º Lugar

### Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Bruno Roberto Cunha,  
Diego Scharmann Ribeiro  
Eduardo Tochetto  
Rodolfo Silveira  
Romulo Parizotto Machado

#### ORIENTADOR

Luiz Roberto Prudêncio Jr.

Equipe vencedora comemora o prêmio recebido



## 2º Lugar

### Escola de Engenharia de Piracicaba (EEP)

Carlos César Dalava  
César Ricardo C. Bresciani  
Cristiano Zonta  
Daniel Fieri Rodrigues Machado  
Douglas de Andreza Couto  
Evandro Vieira Gonçalves  
Patrícia Prezotto Ribeiro  
Wesley Vieira Gonçalves

#### ORIENTADOR

Prof.Ms. Antonio Carlos S. Coelho

Eng. Selmo Kuperman faz a entrega do Prêmio para a equipe segunda colocada



## 3º Lugar

### Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Anderson Augusto Müller  
Camila Viviane Lopes  
Josué Argenta Chies  
Mauro Mario  
Muriel Scopel Froener

#### ORIENTADORES

Denise Carpena Dal Molin  
Ana Paula Kirchheim  
Abrahão Bernardo Rohden

Janaína Araújo faz a entrega do prêmio a equipe terceira colocada



## 16º Concurso Aparato de Proteção ao Ovo (APO)

O Concurso desafia os estudantes de engenharia a elaborar um projeto e construir um pórtico em concreto armado. A competição consiste em colocar sob o pórtico um ovo cozido e em submetê-lo a impactos progressivos de uma carga. Vence a equipe que construir o pórtico mais resistente.

#### COORDENAÇÃO

Engª Janaína Araújo

#### PARTICIPANTES

15 instituições  
24 aparatos

## 1º Lugar

### Escola de Engenharia de Piracicaba (EEP)

Carlos César Dalava  
César Ricardo Camargo Bresciani  
Cristiano Zonta  
Douglas de Andreza Couto  
Evandro Vieira Gonçalves  
Patrícia Prezotto Ribeiro  
Wesley Vieira Gonçalves  
Daniel Fieri Rodrigues Machado

#### ORIENTADOR

Prof.Ms. Antonio Carlos S. Coelho



Equipe vencedora reunida para o registro na entrega do prêmio

## 2º Lugar

### Faculdades Integradas Einstein de Limeira

Daniel Carlos Remédio Mani  
Marcelo Ricardo Corroqué  
Ricardo Capeletti  
Heber Kiiller  
Anderson Marcelo Lima  
Tiago Bacarin Custódio  
Willian Rodrigues de Souza

#### ORIENTADOR

Profº Luciano Passos

Equipe comemora a segunda colocação no Concurso APO



## 3º Lugar

### Centro Universitário da Fundação Educacional Inaciana Padre Sabóia de Medeiros (FEI)

Augusto Stolai  
Eduardo Cherutti  
Vítor Esteves

#### ORIENTADOR

Kurt A. P. Amann



Equipe posa para foto durante o Jantar de Confraternização do 51º Congresso Brasileiro do Concreto

## 5º Ousadia

O Concurso desafia os estudantes de arquitetura e engenharia a trabalharem em equipe, promovendo a integração desses campos do saber. A cada ano a comissão organizadora escolhe um local na região que

sedia o evento e propõe uma obra arquitetônica para melhorar a convivência, o trânsito e a ocupação daquele espaço. Os estudantes têm, então, que elaborar um projeto arquitetônico e mostrar sua viabilidade técnica, em

termos de segurança e durabilidade. Ganha o projeto que seja a melhor solução em termos de acessibilidade, adequação ao entorno, durabilidade, estabilidade, funcionalidade, originalidade, plasticidade e de escolha do método construtivo.

Para esta edição, o Concurso desafiou os estudantes de engenharia e arquitetura a elaborarem um projeto básico de uma passarela de pedestres sobre a BR 277, junto ao Parque Barigüi, em Curitiba, interligando o parque à

região movimentada da Ecovile; o projeto deve harmonizar a característica paisagística do Parque e o vetor de modernidade e qualidade de vida da Ecovile, representando um marco para quem chega à capital paranaense.

#### **COORDENAÇÃO**

Eng<sup>a</sup> Janaína Araújo

#### **PARTICIPANTES**

8 Equipes

## 1<sup>o</sup> Lugar

Univates, Lajeado – RS

Renata Rahmeier  
Marcos Britto  
Márcio Braun  
Juliana Gasparotto

#### **ORIENTADOR**

Bernardo F. Tutikian



Eng. José Marques posa ao lado de membros da equipe vencedora

## 2<sup>o</sup> Lugar

Gheller Engenharia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Jonatas Ferri Dariva  
Lorenzo Campello Beneduzi  
Pablo Brum Moreles  
João Heineck Kruse

#### **ORIENTADORES**

Gilberto Palma Gheller  
Diego de Azambuja Lopes



Luiz Rodrigues entrega prêmio a membro da equipe segunda colocada

3º Lugar

Universidade Federal do  
Mato Grosso do Sul

Adan Davi Baccin  
Gabriel de Lima Gonçalves  
Rodrigo Anderson Makert  
Erick Capeletti Carboné

**ORIENTADORES**

Ricardo Nakao  
Sandra Regina Bertocini ♦



Equipe posa para  
registro na premiação  
Ousadia



## 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)

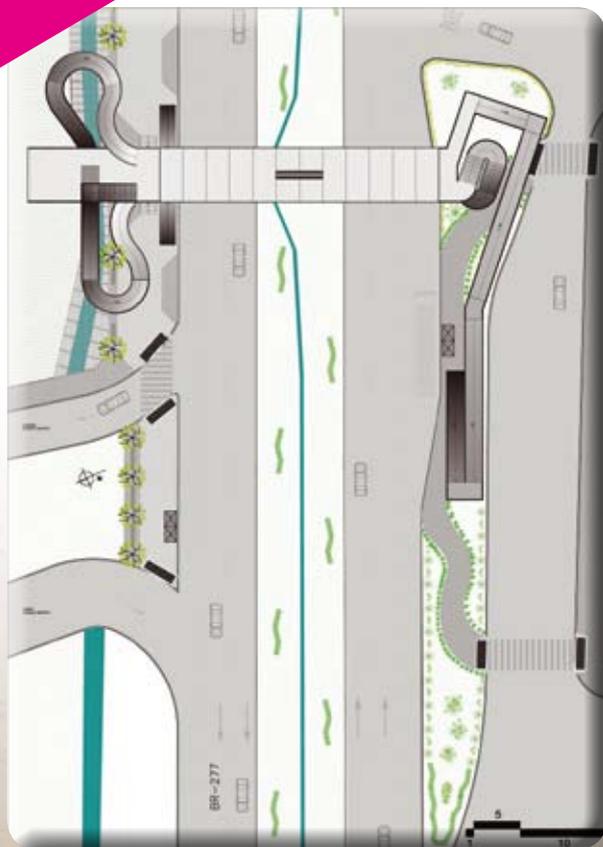


Figura 1: Implantação

## A passarela do grimpeiro

Grimpeiro, protegendo um símbolo da cidade, se torna um elemento importante para a natureza local.

No lado do Parque Barigui, as rampas foram projetadas de forma sinuosa remetendo ao traçado orgânico do parque; além de ser projetado um mirante para que o turista possa observar a cidade de outro ângulo. Ainda deste lado criou-se um platô que servirá como espaço cultural.

No lado comercial do shopping, as rampas e escadarias receberam formas mais simples e regulares, dando aos usuários a idéia de chegar a um espaço comercial, concentrado para o trabalho, não mais para o lazer, como no lado oposto.

O objetivo do 4º Concurso Ousadia, promovido pelo Ibracon (Instituto Brasileiro do Concreto), era projetar uma passarela viável técnica e economicamente para a cidade de Curitiba. A passarela deveria se tornar, um marco arquitetônico para a região, sendo um atrativo turístico.

### O PROJETO

A passarela unirá duas áreas importantes da cidade: uma zona densamente comercial com um dos mais movimentados shoppings da cidade e outra com grande potencial ecológico e residencial, onde se encontra o Parque Barigui. Para representar a proteção ambiental da cidade, a obra se chamará **Passarela do Grimpeiro**.

O nome dado a passarela faz referência a um passarinho que se alimenta de parasitas, como insetos e larvas encontradas nas folhas do pinheiro-do-paraná. Assim, considera-se que o



Figura 2: Imagem mostrando mirante e platô



Figura 3: Imagem aérea mostrando diferenças de acessos e marco central



Figura 4: Vista do acesso a Curitiba

Para marcar o acesso à cidade, o pilar central está projetado para se tornar um marco, visível à longa distância. Nele estará ressaltado o desenho da árvore araucária e do passarinho, em forma de baixo relevo na superfície do concreto.

Em toda a extensão das rampas e escadarias se embutirá iluminação na parte inferior das paredes dos peitoris, com foco para o piso. No guarda-corpo de vidro da passarela, a iluminação será embutida no corrimão de alumínio, também com foco para o piso, delimitando o espaço e tornando a passagem dos pedestres mais "leve" diante da estrutura de concreto.

Além da função de iluminar, o projeto luminotécnico terá grande importância para a socialização da passarela. A cada evento de relevância para cidade, a iluminação do marco terá uma nova cena, cuja cor da iluminação poderá ser alterada. O simples fato da cor do marco ser diferente da cor diária alertará os pedestres e motoristas que na cidade está ocorrendo um evento de importância. Essa informação será complementada pelos painéis informativos que estarão inseridos na estrutura das rampas e escadas e no platô cultural.

As luminárias utilizadas serão lineares, de embutir, e projetores compostos de LEDs, fáceis de instalar. Os LEDs são de alta potência para criar uma iluminação com efeitos destacando a arquitetura da passarela.

Permite a programação de RGB (vermelho, verde e azul), que fará as cenas na passarela através da iluminação diversificada.

Projetada dentro dos padrões do Departamento Nacional de Infra - Estrutura de Transportes (DNIT), a inserção da passarela privilegia a visibilidade dos pedestres e motoristas. Nas proximidades da pista foram inseridas plantas arbustivas com variação de altura, volume, textura e cores, contribuindo na condução ótica e melhorando as condições de segurança dos usuários. Segundo o DNIT, a altura mínima de vãos em rodovias estaduais deve ser de 5,50 m, na situação mais desfavorável. A diferença de cota entre o pavimento da rodovia e o infradorso da viga da superestrutura é 5,60 m.

Já os critérios de acessibilidade adotados no projeto foram baseados na NBR 9050 - Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. As rampas possuem inclinação máxima de 10%.

## A ESTRUTURA

As rampas foram projetadas em estrutura de concreto protendido, permitindo vencer maiores vãos. Este sistema estrutural



Figura 5: Imagem noturna mostrando possíveis trocas de cenário luminotécnico

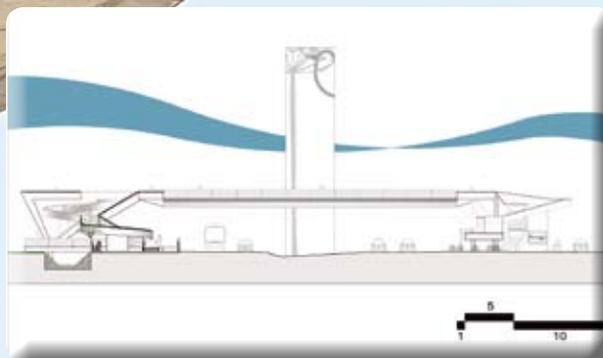
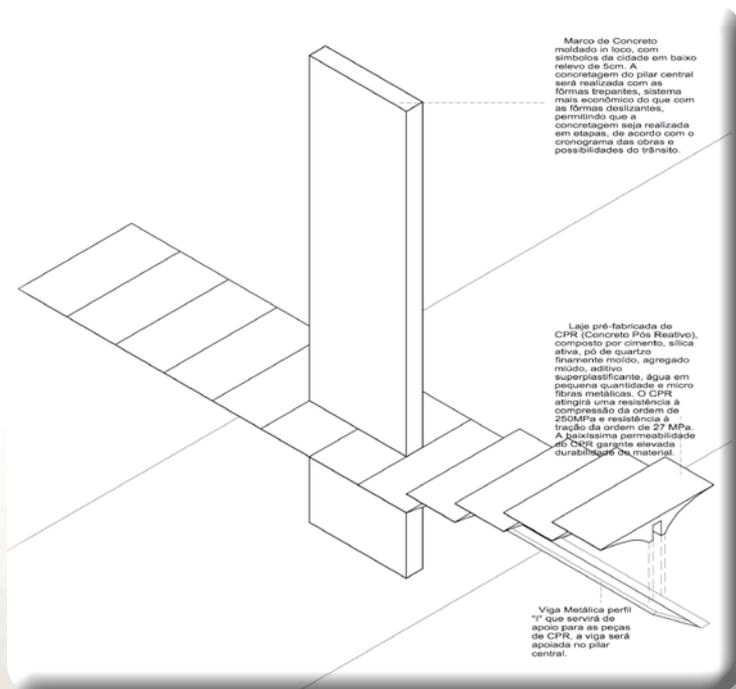


Figura 6: Corte mostrando altura de vãos



**Figura 7:** Esquema de encaixe das peças pré-fabricadas de CPR

permite que a construção seja econômica e rápida, sem prejudicar a estética e funcionalidade de acesso ao tabuleiro central. A rampa do lado do Shopping Center Birigui possui a forma reta, já a rampa do lado do Parque Birigui possui a forma curva, sendo o apoio inicial no solo e três pilares ao longo das curvas para a absorção dos esforços atuantes.

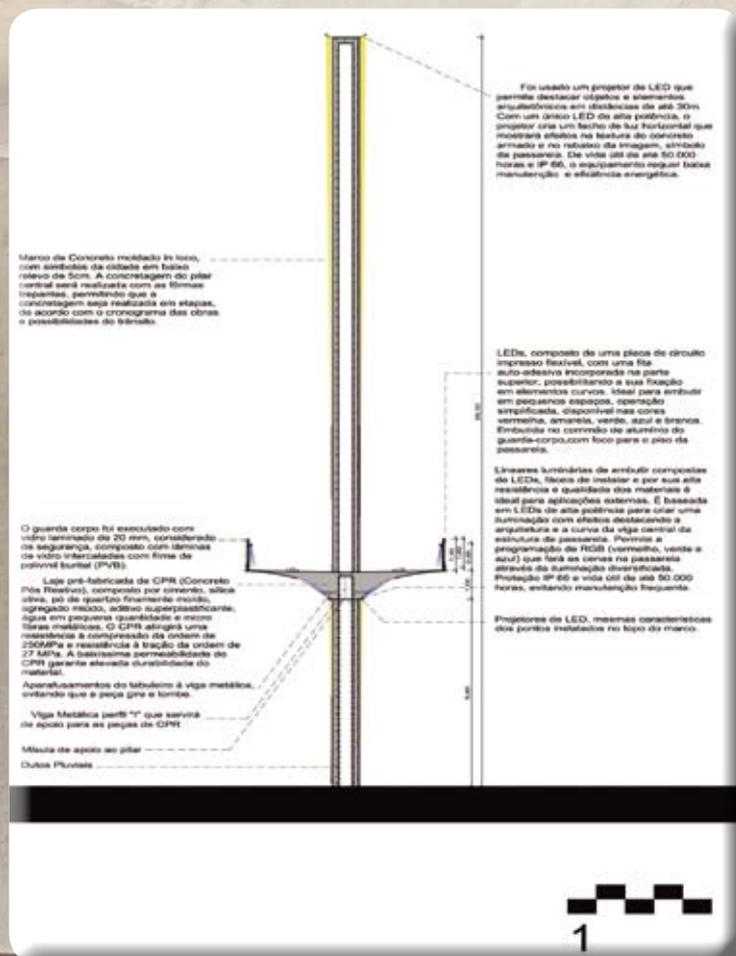
Para passar aos usuários a sensação de flutuação, o último trecho das rampas estará em balanço, ou seja, não serão apoiados no tabuleiro central da Passarela.

Toda a estrutura de concreto armado obedece a NBR 6118 – Estruturas de concreto armado – Procedimento – que especifica a resistência à compressão mínima, a relação água/cimento máxima e o cobrimento mínimo para cada tipo de elemento (pilar e lajes ou vigas), de acordo com a agressividade do ambiente e tipo de concreto. O local onde está inserida a passarela pode ser classificado como ‘Urbano’, oferecendo um pequeno risco de deterioração da estrutura. Porém, uma obra de arte, como no caso a passarela, é uma estrutura de difícil construção, causando transtornos à

população e custo elevado. Assim, deve-se projetar este tipo de estrutura com elevada vida útil e que exija o mínimo de manutenção.

A relação água / cimento usado no concreto das rampas é de 0,50 e resistência à compressão de 35 MPa. O cobrimento dos elementos será de 45 mm. Para atender a estes requisitos e aos de resistência às solicitações, foi especificada a espessura das lajes em 12 cm, a seção das vigas com 20 X 50 cm e o pilar menor com 25 X 230 cm.

As escadarias ao tabuleiro central, em concreto armado tradicional, são apoiadas em um pilar central e em duas vigas, uma no solo e outra na parte em nível das rampas. A resistência à compressão é de 30 MPa, com relação água / cimento de 0,55 e cobrimento da laje de 35 mm e das vigas e do pilar de 40 mm.



**Figura 8:** Detalhamento do pilar central

Já o tabuleiro central foi projetado de forma ousada. Consiste em um grande pilar de concreto armado localizado no canteiro central da BR 277, que transmite toda a solicitação do tabuleiro e da viga para a fundação. O pilar é vazado e possui as dimensões totais de 600 X 100 cm, com as paredes de 25 cm de espessura. Neste espaço de 50 X 550 cm descem as tubulações de água pluvial que escoam do tabuleiro central, sendo ligadas nas redes públicas.

A concretagem do pilar central será realizada com as fôrmas trepantes, sistema mais econômico do que com as fôrmas deslizantes, permitindo que a concretagem seja realizada em etapas, de acordo com o cronograma das obras e possibilidades do trânsito.

No centro do pilar será apoiada a viga metálica com seção em 'I', com largura de 50 cm, fixada no vazio interior do pilar, e altura de 80 cm. Para aumentar a área da base da viga metálica no pilar, foram projetadas duas mísulas de cada lado do apoio, fixadas no pilar. A viga possui um balanço duplo de 15 metros.

O tabuleiro central será composto por peças pré-fabricadas de RPC (Reactive Powder Concrete) ou concreto pós reativo (CPR), composto por cimento, sílica ativa, pó de quartzo finamente moído, agregado miúdo, aditivo superplastificante, água em pequena quantidade e micro fibras metálicas. A relação água / cimento foi especificada em 0,12, com um teor de 30% de sílica ativa na composição, em relação à massa de cimento. O volume de fibras na composição será de 2,5%. Observa-se que a utilização deste material extremamente resistente propicia a execução de peças leves e esbeltas, auxiliando as questões estruturais e estéticas da passarela.

A empresa de pré-fabricados aplicará um sistema de cura térmica (cura a vapor durante 72 horas com uma temperatura pico de 65°C). O CPR atingirá uma resistência à compressão da ordem de 250 MPa e resistência à tração da ordem de 27 MPa. A baixíssima permeabilidade do CPR garante elevada durabilidade do material.

As peças pré-fabricadas do tabuleiro serão apoiadas sobre a viga metálica no centro, com as abas em balanço para os dois lados, todos os elementos serão aparafusados em quatro pontos na viga metálica, conferindo rigidez ao sistema. Os tabuleiros ainda serão executados com um caimento de 2% da parte externa para a interna, para o escoamento das águas de chuva.

Em função do transporte com carretas

comerciais, as placas foram projetadas com um comprimento de 7 metros, totalizando 12 unidades na passarela. Entre as placas deve ser previsto um espaço de 10 mm, para junta de dilatação. Esta junta permite que o material dilate e comprima, sem fissurar o tabuleiro. A junta de dilatação deve ser executada com um material compressível no interior.

O guarda-corpo foi executado com vidro laminado de 20 mm, composto com lâminas de vidro intercaladas com filme de polivinil burital (PVB). A aderência da película às chapas e sua elasticidade fazem com que, em caso de rompimento ou quebra acidental, os fragmentos fiquem retidos e a lâmina permaneça íntegra, não caindo pedaços nos automóveis e pessoas que poderão estar transitando no local. Os vidros laminados foram fixados em perfis de alumínio, mesmo material dos corrimãos, evitando, assim, a oxidação do elemento.

## CONCLUSÃO

O projeto apresentado da Passarela do Grimpeiro é econômico e tecnicamente viável por utilizar tecnologia construtiva e de materiais de ponta, como o concreto pós reativo, o sistema de iluminação em LED e as fôrmas trepantes, a Passarela do Grimpeiro pode ser considerada um marco e portal de entrada para a Cidade de Curitiba.

Por todos estes motivos, a Passarela do Grimpeiro, projetada pelos alunos da UNIVATES, obteve a primeira colocação no Concurso, superando todas as expectativas de um grupo de alunos de cursos recentes na Instituição, como o curso de Arquitetura e Urbanismo, com 5 anos, e o curso de Engenharia Civil, com 5 meses. ♦

### Equipe Vencedora

UNIVATES, LAJEADO – RS

- Renata Rahmeier
- Marcos Britto
- Márcio Braun
- Juliana Gasparotto

### ORIENTADOR

Bernardo F. Tutikian

Painel recomenda:  
solução para  
conformidade  
do concreto é  
focar no controle  
tecnológico

**FÁBIO LUÍS PEDROSO**

O concreto é o material construtivo mais utilizado no mundo. Podemos encontrá-lo desde em obras de grande porte – nos edifícios mais altos do mundo e nas obras de infraestrutura em geral, como as barragens de usinas hidrelétricas, rodovias, pontes, obras de saneamento – até nas casas de alvenaria que abrigam a maioria da população mundial. Estima-se uma produção mundial de 11 bilhões de toneladas anuais, perfazendo um consumo médio anual de quase duas toneladas

por habitante/ano, valor apenas inferior ao consumo de água.

Três propriedades do concreto destacam-se para que ele ocupe a primeira posição entre os materiais construtivos: sua versatilidade, sua resistência e seu preço acessível. A primeira é a capacidade de 'moldabilidade' do material, que possibilita sua modelagem em formas e tamanhos os mais variados, tornando-o pertinente à enorme inventividade construtiva do homem. A segunda é a capacidade do concreto em resistir aos esforços a que pode ser solicitado

Professor Luiz Carlos Pinto faz exposição das questões a serem discutidas no Painel de Assuntos Controversos realizado no 51º Congresso Brasileiro do Concreto





Público atento às discussões desenvolvidas nas quase quatro horas de debates

enquanto estrutura, principalmente às tensões de compressão. Qualquer estrutura tem que ser estável no sentido de resistir às cargas permanentes (como seu próprio peso) e às cargas variáveis (veículos, pessoas, vento, ondas), não colapsando ou não apresentando quadro intenso de deformação ou de fissuração. Some-se a isso sua grande durabilidade e resistência a incêndios. Recorde-se que por ocasião de sua patente na Suíça em 1892, seu descobridor o promovia como "...nunca mais colapsos por incêndio..." A terceira é ser um material nobre de construção obtido e disponível a preços baratos e acessíveis à população em geral.

A resistência mecânica do concreto pode ser definida, de forma simples, como a quantidade de carga – mais freqüentemente de compressão – necessária para que o material se rompa. É uma medida que garante que até aquele limite o material resistirá às forças a que pode ser submetido, desempenhando seu papel estrutural. Mas, ao contrário do que parece, determinar a resistência efetiva do concreto numa peça estrutural não é assunto simples. "Existem 60 fatores que influenciam a resistência do concreto, todos eles aleatórios", afirma o Prof. Paulo Helene, ex-presidente do IBRACON, alertando para a natureza aleatória das variáveis que podem afetar a medida da resistência do concreto. Dentre esses fatores, destacam-se as variabilidades das características dos compo-

nentes que entram na mistura – água, cimento, agregados finos e grossos, adições, aditivos – assim como suas proporções, o que, em linguagem técnica, é dito dosagem ou traço do concreto. Dada a variação natural dos materiais e meios de dosagem, esta mistura jamais é exatamente a mesma de uma betonada a outra na produção do concreto. Impõe-se, portanto, uma preocupação com o controle tecnológico da produção do concreto. Será necessário medir cada lote para assegurar, para cada um, que o concreto produzido atende a resistência requerida por uma estrutura? Qual é a resistência de estruturas de uma obra formada por uma multiplicidade de lotes de concretagem, com sua distribuição probabilística de valores de resistências?

Um fator adicional que incrementa a complexidade do problema de definir a resistência provável do concreto de uma obra é que ela varia no tempo: as reações de hidratação do cimento, que o transformam paulatinamente em um aglomerante, são rápidas no início, mas se desenvolvem até idades elevadas, de modo que o material continuamente se modifica com o passar dos dias. Em teoria, quanto mais velho for o concreto, maior será sua resistência à compressão. Mas a exposição precoce a cargas ou ambientes agressivos pode modificar esta tendência.

Independentemente da complexidade, a questão é que a resistência à compressão é o

parâmetro de controle mais conhecido e utilizado em todo o mundo. Isto explica porque existe uma grande preocupação com as situações onde a resistência especificada pelo projetista não é atingida nos controles de obra. Um dos painéis de assuntos controversos do 51º Congresso Brasileiro do Concreto, fórum nacional de debates sobre o concreto, ocorrido de 6 a 10 de outubro, em Curitiba, Paraná, se debruçou sobre esta questão, resultando numa ampla e interessante discussão.

O painel, denominado “Quando não se atinge o  $f_{ck}$  especificado em obra: razões, conseqüências e prevenção”, foi coordenado pelo professor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Luiz Carlos Pinto da Silva Filho, e teve participação de especialistas representantes dos diferentes setores interessados na questão, tais como: o professor Paulo Helene; Inês Battagin, superintendente do Comitê Brasileiro de Cimento, Concreto e Agregados da Associação Brasileira de Normas Técnicas (CB-18 ABNT); Egidio Hervé Neto, consultor em tecnologia do concreto da Ventuscore Soluções em Concreto; o engenheiro Rubens Curti, consultor da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP); Arcindo Vaquero y Mayor, consultor da Associação Brasileira de Empresas de Serviços de Concretagem (Abesc). A relevância do tema foi evidenciada pela participação massiva de congressistas no debate, que lotaram a sala, a ponto de alguns permanecerem em pé durante quase quatro horas de discussões.

### A resistência característica ( $f_{ck}$ )

A solução encontrada pelos engenheiros para poder comparar concretos diferentes foi a criar um ensaio de compressão padronizado, capaz de atribuir uma medida de resistência ao concreto, a partir de alguns critérios consensuados na comunidade técnica como relevantes para garantir a estabilidade estrutural. Este ensaio é aplicado em corpos de prova moldados com o mesmo concreto usado na obra, que são rompidos em uma idade padrão de controle, sendo possível ter ensaios adicionais em outras idades.

No Brasil, quem padroniza esse ensaio é a norma técnica ABNT NBR 12655. Como as normas norte-americana (ACI 318) e européia (EN 206-1), ela arbitra que a resistência característica será aquela obtida aos 28 dias. A norma estabelece lotes de vários tamanhos

para o concreto recebido ou produzido na obra, determinando que se moldem um número mínimo e máximo de exemplares cilíndricos com a altura valendo o dobro do diâmetro. Determina, também, que estes sejam acondicionados, durante 28 dias, em condições controladas de umidade e temperatura. Após esse prazo, a amostra é colocada em prensas, devidamente calibradas, que rompem os corpos de prova à compressão.

Os valores das tensões de ruptura de cada corpo de prova são anotados. Sua distribuição forma caracteristicamente uma curva de Gauss. A resistência característica do lote será o valor mínimo acima do qual se encontram 95% das resistências medidas. Este valor que estatisticamente será superado pela grande maioria das amostras é o propalado  $f_{ck}$ .

Quando se testam poucos exemplares, a norma estipula valores padrão para o desvio padrão a ser considerado, no sentido de assegurar que o concreto testado possua uma variabilidade de resistências dentro dos níveis de tolerância aceitos pela comunidade técnica.

“A norma técnica é a tentativa de colocar no papel a experiência da comunidade técnica em determinado local e momento”, esclareceu a debatedora Inês Battagin sobre os valores e procedimentos para o ensaio de compressão adotados pela norma brasileira.

A importância desta medida é muito grande. Como explicou o debatedor Egidio Her-



Professor Luiz Carlos Pinto, coordenador do Painel, em uma de suas intervenções

Engenheira Inês Battagin fazendo a apresentação do tema segundo as normalizações



vé Neto: “o fck é o parâmetro do projeto que representa a resistência esperada para o concreto da estrutura. Ele é diretamente proporcional à capacidade resistente, ao desempenho em serviço e à durabilidade e, na maioria dos casos, é o único parâmetro medido para atestar a qualidade do concreto”. Mais ainda, por ser o de mais fácil determinação, é muitas vezes o único parâmetro medido diretamente. A resistência à tração, o módulo, a permeabilidade e outras propriedades que influenciam fortemente o desempenho e estabilidade geral da obra são freqüentemente estimadas com base no valor do fck.

Por ser o parâmetro por excelência de controle da qualidade do concreto no quesito de sua resistência mecânica, o fck é especificado em todo projeto de estruturas de concreto. Atender esta especificação implica que:

- ◆ o concreto tem grande probabilidade estatística de possuir a capacidade resistente esperada, sendo adequado para suportar os esforços estáticos e móveis aos quais poderá estar submetida a estrutura;
- ◆ o concreto muito provavelmente possui a durabilidade esperada, ou seja, será capaz de resistir às intempéries do clima e, dessa forma, chegar à vida útil estipulada em projeto para as condições de agressividade ambiental do local da obra

O controle das propriedades do concreto comumente é efetuado em três momentos:

quando de sua produção; no momento de sua entrega no canteiro de obras; e aos 28 dias após a concretagem, como estabelece a norma.

Os modelos de controle tecnológico do concreto de cada uma dessas fases são diferentes, com critérios e procedimentos específicos, sendo denominados controles de produção, de aceitação e de qualidade da estrutura. As amostras para o controle da resistência são normalmente moldadas no momento da entrega, após eventuais ajustes finais de dosagem. Muitas vezes são feitos controles paralelos pelo produtor (concreteira) e pelo cliente (construtora ou empresa de controle tecnológico contratada para este fim). Os produtores mais avançados tendem a efetuar moldagens adicionais no momento da mistura, para controle de seu processo produtivo.

Segundo Arcindo Vaquero y Mayor as usinas dosadoras de concreto possuem equipes treinadas para gerir o controle tecnológico do concreto, medindo a resistência e o desvio padrão de cada lote produzido. “Os corpos de prova são moldados e ficam descansando por 24 horas em condições ambientes; em seguida, são identificados, curados e testados”, afirmou.

O controle tecnológico na produção não elimina a necessidade do controle de aceitação do concreto, pois os modelos de controle são diferentes e complementares.

O problema é que a comunidade técnica brasileira do concreto tem se deparado com

casos onde as amostras de concreto, testadas após os 28 dias, não atingiram a resistência característica especificada em projeto.

Dependendo da frequência e da intensidade destes desvios da resistência alvo podem surgir problemas importantes. Desvios elevados são, naturalmente, indesejados.

A questão é que, embora raros, desvios são esperados, pela filosofia da norma. "As normas incorporam as incertezas associadas ao projeto e à construção de uma nova obra, buscando um equilíbrio entre segurança e economia. A conformidade com as normas técnicas, portanto, significa que existe uma pequena, ainda que aceitável, chance de que não se atinjam os valores esperados", explica a professora Sofia Carrato Diniz.

### Painel de Assuntos Controversos

Os conceitos expostos acima embasaram a discussão da questão proposta para a edição 2009 do já tradicional Painel de Assuntos Controversos do CBC: "Quando o concreto não atinge o fck especificado em projeto, concreto, o que é necessário fazer?"

O debate ficou polarizado entre opiniões divergentes. De um lado, projetistas, em sua

grande maioria, reclamavam da frequência com que atualmente as amostras moldadas com o concreto recebido em obra não têm atingido o fck especificado em projeto e reclamavam que os desvios padrão não atendem os limites preconizados pela norma brasileira: "A realidade que estamos vendo é a de obras com reforço na estrutura, principalmente nos pilares, porque o concreto entregue na obra não está em conformidade com a resistência característica especificada em projeto", alertou Minos Trócoli, diretor da Concreta Engenharia, empresa baiana que realiza controle tecnológico do concreto.

De outro, especialistas em concreto argumentavam que nem sempre os corpos de prova representam adequadamente a resistência de uma estrutura, especialmente quando moldados e armazenados em condições inadequadas. Além disso, defenderam a idéia que, na maioria dos casos, as ocorrências de concreto não conforme não geravam situações preocupantes, seja porque o efeito de um lote com resistência menor se dilui em estruturas grandes, seja porque muitos desvios de resistência são pequenos, facilmente absorvíveis pela margem de segurança total existente no procedimento de projeto. Nestes casos, a não conformidade passa a ser mais uma questão negocial (não receber pelo que se pagou) do que técnica.



Engenheiro Egydio Hervé Neto em momento de sua palestra no Painel



Momento de intervenção da professora Sofia Diniz

Certeza absoluta de que a resistência especificada vai ser atingida não é possível a um custo econômico, de acordo com a filosofia de norma vigente. Como enfatizou o Prof. Paulo Helene, a própria definição estatística do fck acarreta que 5% das amostras podem estatisticamente atingir valores menores que o especificado: "O problema somente aparece em maior intensidade hoje porque temos realizado um controle tecnológico mais rigoroso. As normas, atualmente, têm melhor definido seus critérios de amostragem. E está previsto em norma que 5% da produção pode estar abaixo da resistência característica de projeto. É um problema que sempre vai existir. O que está em discussão aqui é o que fazer com esse concreto não conforme, pois não existe meio de aumentar a resistência, a não ser com desonestidade".

A esta questão acrescenta-se a crítica feita por alguns de que os dados que têm aparecido sobre o concreto não conforme não são suficientemente confiáveis, tendo em vista que são resultados de um controle tecnológico não auditado, feito por laboratórios não acreditados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). No Brasil, temos apenas 18 laboratórios de controle tecnológico do concreto que são acreditados. No Nordeste, segunda região que mais consome concreto atualmente, existe apenas um laboratório acreditado, informou Curti.

Questionada sobre qual a porcentagem de concreto que não atende o fck encomendado pelo cliente produzido por suas filiadas, a ABESC disse que ainda não é possível efetuar esse le-

vantamento estatístico setorial: "O Brasil atingiu o número histórico de 17% de todo o concreto produzido anualmente ser proveniente de Centrais Dosadoras de Concreto. Esses 17% são rigorosamente controlados, mas não sei como é feito o controle tecnológico do concreto restante que é produzido", adicionou Mayor.

### Problema real ou aparente?

Em resumo, a polêmica se estabeleceu entre dois pontos de vista divergentes:

Os concretos têm sido fornecidos, em sua grande maioria, sem o fck e o desvio padrão preconizados pelo projeto e pela norma brasileira, o que se reflete num maior número de obras que precisam ser reforçadas ou refeitas? Nas palavras do congressista Marcello da Cunha Moraes, "os concretos estão ruins em sua qualidade?"

Ou, na verdade, os desvios observados nas resistências características estão dentro dos limites toleráveis pela norma brasileira, sendo os desvios em sua maioria, exceto em casos excepcionais, inerentes ao próprio material?

Ao longo do debate não houve uma convergência de opiniões, reiterando a natureza controversa do tema escolhido para este painel. Certamente a discussão irá continuar em outros fóruns.

Mas, nem tudo foi discórdia. Houve consenso entre os congressistas quanto às causas do concreto não atingir o fck especificado em

projeto e quanto às medidas a serem tomadas preventiva e corretivamente.

“O que ficou do intenso debate é que se deve buscar concretos que atendam a resistência característica de projeto; mas, eventualmente, vamos ter concretos não conformes; e devemos proceder com cautela nesses casos, diferenciando situações de risco real de situações onde os efeitos são absorvíveis pela margem global de segurança”, resumiu Luiz Carlos.

Em outras palavras, é necessário determinar se um concreto com fck abaixo do especificado atende aos limites de sua aceitabilidade estrutural, que, para o eminente congressista Augusto Carlos de Vasconcelos, pode ser estendido até cerca dos 10%.

Reconheceu-se, também, que uma das causas principais do concreto não atingir as especificações do projeto é justamente o controle deficiente, derivado do reduzido interesse e do parco investimento dos clientes de concreto destinado a estabelecer um sistema de controle tecnológico eficiente para sua obra.

Segundo a intervenção de uma congressista, a engenheira Sueli Bueno do Escritório de Projetos JKMF, “a maior parte das obras não têm projeto de concreto”. Ao seu comentário somou-se a recomendação do consultor Egidio Hervé, de que o engenheiro de obra visite a Central de Concreto para ver como é feito o controle de qualidade e peça o relatório de controle dos últimos três meses de produção.

O cliente deve buscar as informações com a concreteira para assegurar-se de que terá um produto de qualidade, fabricado conforme o especificado”, alertou.

A estes cuidados pode-se acrescentar a recomendação geral de que se contratem laboratórios de controle tecnológico acreditados, com equipamentos aferidos e mão de obra qualificada.

A não observância dessas medidas preventivas pode levar a uma realidade marcada pela falta de tempo para estudos criteriosos do concreto; ao erro na dosagem do concreto na usina, às deficiências de moldagem e armazenagem na central ou na obra; ao uso de cimentos ‘piratas’ e de materiais de baixa qualidade; ao erro nos ensaios; à má interpretação dos resultados; ao não mapeamento criterioso dos lotes de concretagem; entre outros que conduzem ao problema aparente ou real dos concretos não conformes.

A mensagem mais importante é que as consequências da existência de concreto não conforme, especialmente se as diferenças de resistência forem elevadas, não são boas para nenhum dos envolvidos na construção.

Ocorrências deste tipo podem significar despesas para verificar/refazer o projeto, considerando as novas resistências; atrasos no cronograma de entrega da obra; perdas de materiais; gastos com demolição ou reforço da estrutura; diminuição do carregamento em relação ao previsto inicialmente em projeto; e eventuais prejuízos à imagem.



Engenheiro Rubens Curti (esq.) ao lado de Paulo Helene, Egidio Hervé e Inês Battagin

Arcindo Vaquero y Mayor intervém para defender seu ponto de vista no polarizado debate



Mesmo em casos mais simples, a redução de resistência pode gerar fissuração que afeta a durabilidade e aumento gastos com manutenção. Nos casos extremos, temos até risco de colapso.

Estes custos são divididos entre clientes, construtores e concreteiras, podendo gerar um clima de confronto e atrito desnecessário

e desgastante. "Prevenção é a melhor medida. A melhor forma de assegurar que o concreto da estrutura esteja conforme com o fck especificado em projeto é fazer um rigoroso controle tecnológico do concreto, o que contribuirá para evitar que ocorram desvios importantes da resistência desejada", sentenciou o final do painel o Eng. Luiz Carlos. ♦



Participante do Painel intervém num dos momentos acalorados do debate

# Ensaio de fluência: aprimoramento de suas técnicas

Ana Carolina Marques

Luciana Tiemi Kataoka

Doutorandas da Escola Politécnica da USP

## 1. Introdução

A fluência no concreto é caracterizada pela deformação ao longo do tempo sob carga mantida e tem sido estudada por diversos pesquisadores. Nos últimos tempos, esta propriedade tem sido apontada como uma das principais causas de patologias pós obra, principalmente devido à deformação excessiva dos elementos estruturais. Esta deformação excessiva tem ocorrido, pois os projetos estruturais têm sido elaborados com parâmetros que subestimam a deformação por fluência, já que não consideram os avanços no campo de materiais e produtos voltados à construção civil, as decorrentes mudanças nas seções transversais de elementos estruturais e a imposição de um acelerado ritmo de construção.

Neste sentido, a caracterização da fluência em corpos de prova pode trazer informações relevantes para projetos estruturais, principalmente no campo da diversidade de concretos, tanto devido ao tipo de material quanto devido às novas tecnologias. Entretanto, o ensaio de fluência é de longo prazo e utiliza equipamentos e materiais de alto custo. Portanto, sua repetibilidade, muitas vezes, é inviável tendo em vista o cronograma de obras. Assim, é imprescindível garantir que os procedimentos adotados para realização deste ensaio sejam detalhados, a fim de assegurar a eficiência dos resultados experimentais.

Embora existam normas (NBR8224 e ASTM C512) na literatura que prescrevam os métodos de ensaio de fluência, dificilmente há especificações dos materiais e das técnicas de algumas etapas fundamentais que podem induzir a erros, por exemplo, a má vedação dos corpos de prova e o posicionamento incorreto dos extensômetros.

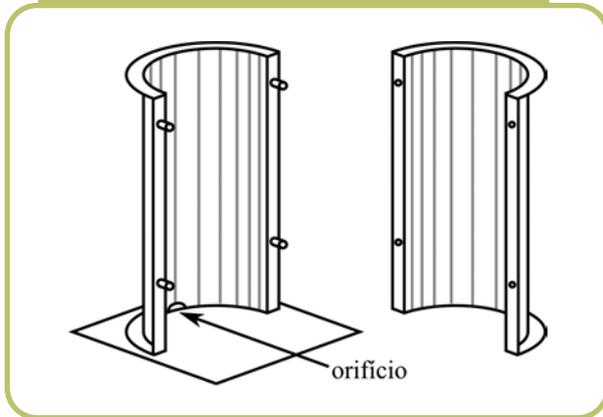
Os procedimentos para este ensaio podem ser subdivididos nas seguintes etapas: instrumentação, moldagem, selagem, carregamento e monitoração dos corpos de prova. Estas etapas estão detalhadas no artigo publicado nos anais do 50º IBRACON, intitulado "Procedimentos de ensaio de fluência para corpos de prova de concreto com extensômetro elétrico de deformação". Aqui são discutidas apenas as dificuldades encontradas em algumas etapas do ensaio e sugeridas informações essenciais para o seu aprimoramento, baseadas em técnicas utilizadas em Furnas Centrais Elétricas S. A. (FURNAS) e Laboratório CESP de Engenharia Civil (LCEC).

## 2. Ensaio de fluência

Existem dois tipos de ensaio de fluência: fluência básica e fluência por secagem. O ensaio de fluência básica é realizado sem troca de umidade com o ambiente. O ensaio de fluência por secagem é conduzido para obter a deformação adicional observada quando o concreto é submetido a um ambiente com umidade relativa inferior a 100%.

A NBR8224 prescreve a quantidade mínima de quatro corpos de prova por ensaio: dois carregados e dois de controle. Os corpos de prova de controle representam as deformações devidas a outras causas diferentes do carregamento. No ensaio de fluência básica, os corpos de prova de controle apresentam apenas deformações devido à retração autógena, ou seja, àquelas provenientes do processo de hidratação do cimento. No ensaio de fluência por secagem, os corpos de prova de controle apresentam deformações devido à retração autógena e por secagem (redução volumétrica decorrente da variação de umidade do concreto).

Figura 1 – Sugestão de molde bipartido



É indispensável que os corpos de prova de controle sejam mantidos nas mesmas condições de ensaio dos corpos de prova carregados. Apesar da NBR8224 prescrever, no item 3.2.5, que estes corpos de prova devam ser submetidos às mesmas condições de cura dos carregados (admitindo ensaios de fluência básica e por secagem), no item 1.1.2, está definido que a deformação por fluência é determinada pela diferença entre a deformação total e as deformações imediata (deformação elástica) e autógena. Portanto, o termo “autógena” prescrito no item 1.1.2 sugere que deve ser feito apenas o ensaio de fluência básica. Entretanto, diversas estruturas apresentam fluência por secagem, ressaltando a necessidade da avaliação desta propriedade. Portanto, para abranger ambos os ensaios, a deformação por fluência deve ser definida pela diferença entre a deformação total e as deformações imediata e a dos corpos de prova de controle respectivos.

Em relação às etapas do procedimento de ensaio da fluência básica e por secagem, estas diferem apenas na selagem, uma vez que os corpos de prova submetidos à secagem não recebem proteção contra a perda de umidade.

### 3. Materiais específicos para ensaio

O ensaio de fluência requer materiais específicos para sua realização, tais como: moldes diferenciados e discos metálicos. Apesar da norma brasileira especificar os requisitos exigidos para estes materiais (espessuras das chapas), não há um detalhamento que facilite a execução do ensaio.

A partir da experiência adquirida, o molde, além de satisfazer os requisitos da NBR5738, deve ser bipartido e destacável da base em ambas as partes, facilitando o desmolde e o processo de centralização do extensômetro. Além disso, este deve possuir um orifício para a passagem do

fio do extensômetro. A figura 1 apresenta uma sugestão de projeto do molde.

Em relação aos discos metálicos (inferior e superior), são detalhados na NBR8224 apenas a espessura mínima e o posicionamento do orifício e da ranhura para a passagem do fio do extensômetro do disco inferior. No entanto, há necessidade de especificar um dispositivo de fixação do disco inferior ao concreto e de reduzir 1mm o diâmetro do disco superior em relação ao diâmetro interno do molde. A fixação do disco inferior pode ser feita utilizando um grampo, como pode ser visto na figura 2.

Recomenda-se a redução do disco superior para permitir que este acompanhe a redução do volume do corpo de prova devido às deformações causadas pela deformação autógena, evitando seu destacamento durante a desmoldagem. Caso ocorra o destacamento do disco superior, este pode ser fixado com gesso e nivelado.

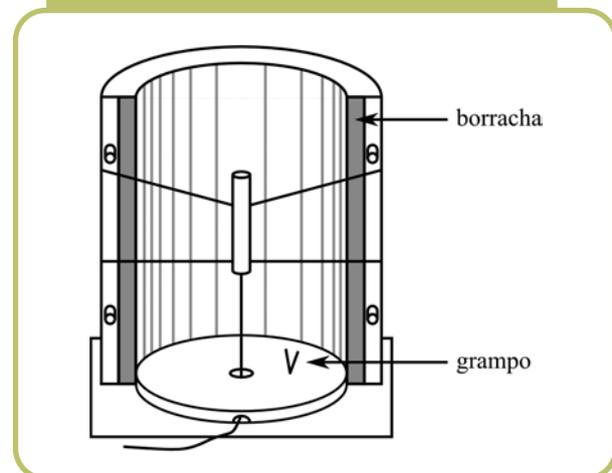
### 4. Instrumentação

Esta etapa é de extrema importância para o sucesso do ensaio, pois através da centralização do extensômetro, pode-se garantir que os resultados de deformação são referentes à movimentação longitudinal do corpo de prova.

Apesar da NBR8224 ilustrar o posicionamento do extensômetro e sugerir que deverão ser utilizados dispositivos que assegurem sua correta localização, não é apresentado um detalhamento indicando como esta deve ser executada. Verificou-se que um método eficiente é a fixação do extensômetro utilizando cordão tensionado em quatro pontos, de acordo com a figura 2.

Durante o processo de instrumentação, é feita a vedação do orifício do disco metálico inferior com fita adesiva, que é também utilizada

Figura 2 – Centralização do extensômetro



como marcação para o posicionamento do extensômetro no centro do eixo longitudinal do molde. Além disso, para evitar perda de argamassa nas junções do molde, é colocada uma fita de borracha (ilustrado na figura 2).

## 5. Selagem

A selagem é um procedimento adotado para o ensaio de fluência básica. Este procedimento deve evitar a perda de umidade do corpo de prova para o ambiente.

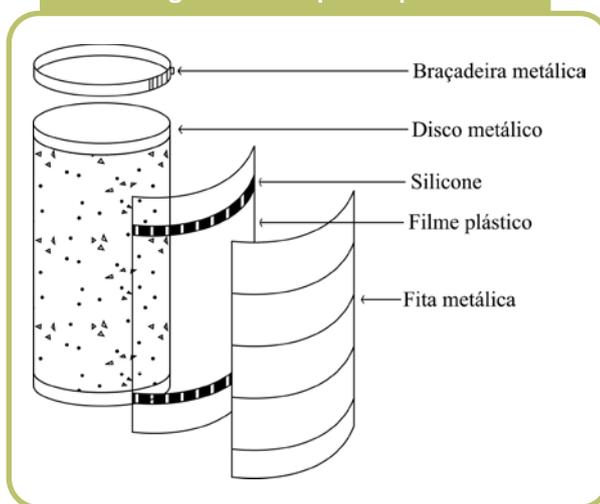
A NBR8224 sugere o uso de borracha ou filme plástico para a vedação do corpo de prova. Entretanto, verificou-se que um procedimento eficiente é o envolvimento do corpo de prova com filme plástico associado à fita metálica. Além disso, para reforçar a vedação na região entre o corpo de prova e o disco metálico, são utilizados silicone (sobre o filme plástico) e braçadeiras metálicas (sobre a fita metálica). O esquema com o procedimento da selagem pode ser visto na figura 3.

## 6. Condições de ensaio (umidade e temperatura)

A umidade e a temperatura são fatores que afetam significativamente as deformações por fluência. Portanto, é fundamental o controle tanto da temperatura quanto da umidade relativa para a fluência por secagem e somente da temperatura para a fluência básica em laboratório.

A padronização destas condições de ensaio de fluência permite que resultados provenientes de diferentes concretos possam ser comparados. A ASTM C512 estabelece como condições de ensaio padrão temperatura e umidade relativa de  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $50 \pm 4\%$ , respectivamente. Entretanto, a NBR8224 apenas determina, no item 6.2, que a

Figura 3 – Esquema do processo de selagem do corpo de prova



temperatura ambiente durante o ensaio deve ser especificada pelo solicitante e rigorosamente mantida no intervalo de variação de  $\pm 2^\circ\text{C}$ . Em relação à umidade relativa, a NBR8224 prescreve, no item 4.3, que a condição de estocagem pode ser especificada em função das necessidades do projeto e da obra. Neste sentido, além das especificações sugeridas pela NBR8224, é indispensável indicar uma condição padrão de ensaio. As condições de ensaios utilizadas

pela ASTM C512 podem ser tomadas como referências, uma vez que são muito difundidas na literatura, permitindo, desta forma, a comparação entre resultados experimentais.

## 7. Conclusões

Neste artigo foi realizada uma análise das prescrições do procedimento de ensaio de fluência da NBR8224 e foram feitas sugestões visando complementar informações essenciais para o aprimoramento deste ensaio.

Consideram-se como aprimoramento sugestões para definir os tipos de ensaios de fluência, facilitar sua execução, especificar técnicas adquiridas com a experiência de laboratórios renomados e padronizar as condições de ensaio.

## 8. Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio oferecido pelo Laboratório CESP de Engenharia Civil – LCEC e por Furnas Centrais Elétricas S.A. por disponibilizarem pessoal capacitado que permitiram o uso de informações fundamentais para este artigo.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [01] ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Determinação da fluência – Método de Ensaio: NBR 8224. Rio de Janeiro, 1983.
- [02] ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Creep of Concrete in compression. ASTM C512 In: Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, 2002.
- [03] MARQUES, A. C.; KATAOKA, L. T.; BARBOSA, M. P.; BITTENCOURT, T. N. Procedimentos de Ensaio de Fluência para Corpos-de-Prova de Concreto com Extensômetro Elétrico de Deformação. Anais do 50º Congresso Brasileiro de Concreto, 2008. Bahia. ◆

# Itambé e Concrebras apresentam curiosidades do concreto no 51<sup>o</sup> Congresso Brasileiro do Concreto

Eng<sup>o</sup> Jorge Aoki  
Gerente de Assessoria Técnica Itambé

Eng<sup>a</sup> Naguisa Tokudome  
Assessora Técnico Comercial Itambé



### CAREPA

Resíduo resultante da oxidação do aço em seu processo de produção.

**Local da Produção:**  
CHARQUEADAS/RS

**Utilização:** Substituição de parte da areia para a fabricação de piso intertravado (Paver)

**Densidade:** 2.451 kg/m<sup>3</sup>

**Massa Específica:** 5.410 kg/m<sup>3</sup>



### CIMENTO PORTLAND CP III (NBR 5735)

Cimento Portland obtido pela mistura homogênea de clínquer Portland com escória granulada de alto-forno.

**Local da Produção:**  
EM TODO BRASIL, EXCETO NA REGIÃO SUL.

**Utilização:** Concreto e argamassa em geral.

Com adição de escória de alto-forno, resultante do tratamento de minério de ferro em siderúrgicas, tem teores compreendidos entre 35% e 70% da massa total. Oferece ótima proteção em ambientes agressivos e na mitigação das reações álcali-agregado.

**Densidade:** 1.120 kg/m<sup>3</sup>

**Massa Específica:** 3.030 kg/m<sup>3</sup>



### CIMENTO PORTLAND CP IV (NBR 5736)

Cimento Portland obtido pela mistura homogênea de clínquer Portland com materiais pozzolânicos.

**Local da Produção:**  
REGIÃO SUL DO BRASIL

**Utilização:** Concreto e argamassa em geral.

Com adição de cinza pozzolânica, resultante da queima de carvão em usinas termoelétricas, tem teores compreendidos entre 15% e 50% da massa total. Oferece ótima proteção em ambientes agressivos e na mitigação das reações álcali-agregado.

**Densidade:** 1.400 kg/m<sup>3</sup>

**Massa Específica:** 2.820 kg/m<sup>3</sup>



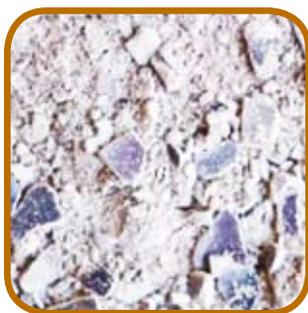
### MICA XISTO

Mineral de silicato de potássio hidratado que é britado e com boa resistência para uso no concreto.

**Local da Produção:**  
GOIÂNIA/GO

**Utilização:** Como material componente

do concreto, agregado graúdo e miúdo.



### PÓ DE CONCHAS DE MARISCO E OSTRA

Pó resultante da moagem de conchas de moluscos lavados e secos.

**Local da Produção:**

BIGUAÇU/SC

**Utilização:** Substituição de parte da areia para a fabricação de blocos e

pisos intertravados (Paver)

**Densidade:** 1.390 kg/m<sup>3</sup>



### SEIXO BRITADO

Material obtido pela britagem de seixo de rio.

**Local da Produção:**

JOINVILLE/SC

**Utilização:** Em concreto de forma geral, inclusive com altas resistências.

**Densidade:** 1.300 kg/m<sup>3</sup>

**Massa Específica:** 2.600 kg/m<sup>3</sup>



### AGREGADO LEVE DE CINZA POZOLÂNICA

**Reino Unido (Inglaterra)**

A matéria prima deste agregado é a cinza pozzolânica, resíduo das termoelétricas. O material é produzido por meio de peletização. São colocados água e cinza na "panela

de peletização", especialmente projetada para este processo e são formados péletes redondos (grãos). Estes são aquecidos numa fôrma sintética à temperatura entre 1000°C e 1250°C. O resultado é um material granular duro com estrutura interna alveolar, o que o torna um agregado leve. Os péletes são processados para adquirir a classificação requerida de acordo com a utilização final. Este agregado leve possui aproximadamente metade do peso de um agregado natural e quando aplicado no concreto, pode reduzir mais de 25% do peso morto enquanto mantém a performance estrutural requerida. Permite a fabricação de longas vigas em balanço ou peças com seções menores.



### CASAS TEMPORÁRIAS EM FIBROCIMENTO

**África do Sul**

Em 15 de janeiro de 2005, um incêndio se espalhou rapidamente na comunidade de Joe Slovo na Cidade do Cabo e deixou cerca de 3.800 pessoas desabrigadas.

As famílias foram relocadas para o Delft TRA – Área de Realocação Temporária, onde casas de diferentes materiais foram construídas. O principal material utilizado foi uma placa de fibrocimento (sem amianto) e cerca de 60 unidades foram entregues por dia. Uma pesquisa foi realizada com 41 moradores relocados e 54% se mostraram satisfeitos com as novas casas. Nos depoimentos, relataram que proporcionam melhor proteção contra intempéries, incêndios e são melhores construídas se comparadas com as casas antigas. A insatisfação é em função do baixo isolamento térmico, principalmente, no inverno. Estas novas habitações respeitam uma organização que limita a distância de 2 metros entre uma construção e outra.



### CONCRETAGEM EM LOCAL QUENTE

**Qatar**

O projeto de ampliação de porto de Ras Laffan contemplou a construção de 21 km de quebra-mar com aproximadamente 18 milhões de toneladas de rochas e 2.5 milhões

de metros cúbicos de concreto. Uma particularidade de trabalhar no Golfo, são as condições climáticas com altas temperaturas e grandes variações durante o dia. Isto exigiu medidas preventivas para a concretagem como a limitação da influência do calor sobre a resistência. Foi estabelecido que o diferencial de temperatura da massa do concreto não poderia ser maior que 25°C no momento da concretagem. Para atender esta exigência, foram criados sistemas de refrigeração para o agregado graúdo, água e cimento (resistente a sulfatos – moderado). O cimento foi resfriado através da utilização do gás nitrogênio, a brita com água gelada e ao invés de substituir a água de amassamento por flocos de gelo, foi optado usar água gelada.



### CONSTRUÇÃO DE ESCOLA EM CONCRETO COM BAMBU

**Ghana**

De acordo com estudos do Inbar – International Network for Bamboo and Rattan, é estimado que, ao redor do mundo, mais de 1 bilhão de

peças vivem em casas de bambu. Estas construções são baratas, fáceis de aplicar e, se receberem tratamento adequado são duráveis. Para a construção da escola, o bambu foi empregado primeiramente como pilarete. Parte dele foi preenchido com concreto e fixado no piso com o auxílio de barras de aço previamente instalados. Depois, foi utilizado como "armadura" em toda as paredes para dar sustentabilidade. Uma tela hexagonal galvanizada foi colocada na parte externa das paredes para evitar a retração da argamassa. Após chapar a parede dos dois lados, o desempenho e acabamento foram realizados de forma convencional.



### PAVIMENTO RÍGIDO RUGOSO PARA LOCAIS COM NEVE

#### Bélgica

Trata-se de um procedimento para tornar o concreto do pavimento rígido mais áspero ou rugoso. A idéia é evitar derrapagens de veículos

por ocasião de nevascas que ocorrem em boa parte do ano. O projeto e a execução do pavimento são feitos de forma convencional, bem como o tipo de concreto utilizado neste tipo de obra e a forma de aplicação com máquina pavimentadora. A primeira diferença ocorre já na fase de acabamento com a aplicação de um aditivo retardador de pega na superfície lisa do concreto. O objetivo é retardar o endurecimento apenas superficial. A aplicação em seguida de filme plástico para a cura do concreto também é feita normalmente. No dia seguinte, ainda com o concreto com pouca resistência devido à ação do retardador, um equipamento de texturização remove a camada superficial, criando uma superfície áspera e antiderrapante.

Este processo também é utilizado na Áustria, mas com o objetivo de reduzir o ruído causado pelo atrito entre pneu e pavimento.



### REINSTALAÇÃO DO PAVER

#### Holanda

Woonerfs ou woonerven é uma rua ou grupo de ruas onde pedestres e ciclistas possuem preferência legal ao invés dos carros.

Muitas destas ruas na Holanda são de paver e algumas estão localizadas abaixo do nível do mar. Consequentemente, o subleito assenta e cria a necessidade de elevar a base entre 15 a 30 centímetros no período de 5 a 10 anos.

O processo consiste na remoção dos pavers, adição de uma nova camada de areia e reinstalação dos mesmos pavers.

Texto originalmente publicado no Informativo Massa Cinzenta. ◆



## 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\$
2º Capa + Página 3	42,0 x 28,0 cm	9.050,00
Página Dupla	42,0 x 28,0 cm	8.020,00
4º Capa	21,0 x 28,0 cm	6.130,00
2º, 3º 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

## Passarela Barigui

Desde o princípio a participação no Concurso Ousadia transmitiu à equipe 3 a necessidade de um trabalho que mostrasse conhecimento técnico, criatividade e inovação. Além de atender os requisitos de avaliação, também foi necessário conceber a prova, uma estrutura diferenciada que se adequasse à região e à cidade de Curitiba, conhecida por sua beleza e preocupação com o meio ambiente.

O ponto de partida da equipe foi a análise e definição de um local apropriado para a passarela. Existia a necessidade de conectar o parque à cidade, atendendo



Figura 1: Região proposta para passarela

de forma adequada e atraente o fluxo de pedestres. A figura 1 ilustra a região na qual a passarela foi inserida. A passarela deveria funcionar conectando o parque à cidade de maneira natural e, ao mesmo tempo, associada ao fluxo de pessoas que precisam atravessar a BR-277, que corta uma porção de tecido urbano contínuo, que possui fortes relações entre as partes, agora separadas. Ao mesmo tempo, propõe-se uma curva como resposta ao problema, conforme a figura 2, criando uma temática orgânica. Dessa forma a passarela funde-se ao Parque, criando um passeio contínuo: Parque – Passarela – Cidade.

A intenção foi de dar força à passarela reduzindo-a a



Figura 2: Lançamento da passarela

### DIMENSIONAMENTO DOS VÃOS

A \_ 35m  
B \_ 27m  
C \_ 35m  
D \_ 35m  
E \_ 27m  
F \_ 27m

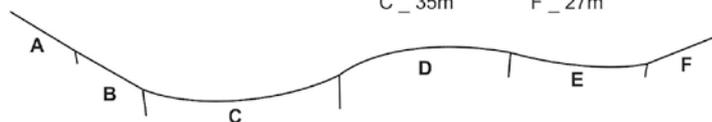


Figura 3: Distribuição dos vãos

sua essência: um passeio que se eleva com a finalidade de superar algum obstáculo, mas que, quando o faz, se torna algo à parte do todo, é um caminho aéreo, é um lugar que conecta outros lugares e que deve ser útil ao maior número de usuários, da maneira mais cômoda possível, encontrando aí, o verdadeiro motivo para sua existência. Quanto à questão do marco arquitetônico para a

4), que contemplavam o espaço necessário para passagem dos cabos de protensão e a inserção da armadura passiva. A figura 5 apresenta uma perspectiva da seção transversal, onde se pode verificar o posicionamento do espaço para publicidade.

### Técnica Construtiva

Ainda precisávamos definir uma técnica construtiva que permitisse à obra não interferir no fluxo da rodovia, reduzindo assim os transtornos causados por sua construção. Devido aos grandes vãos sobre a pista da BR-277 (35m),



Figura 4: Seções transversais, no vão e apoio

cidade, optou-se por uma imagem mais sutil; entretanto marcante. A idéia foi de criar uma imagem tão leve e despreocupada, que chama a atenção, causa curiosidade e antes de tudo, não cria ruído visual, pois se funde à paisagem, se integra com a cidade, fazendo parte da mesma.

### Projeto estrutural

O próximo passo foi definir uma solução estrutural que permitisse vencer os vãos de 27 e 35 metros, utilizando a mesma seção transversal ao longo de toda a passarela. A figura 3 mostra a disposição dos vãos. Para viabilizar uma seção esbelta foi necessária a utilização da tecnologia de concreto protendido. Após algumas verificações, chegamos às seções ideais no vão e no apoio (figura

decidimos que utilizaríamos a tecnologia de avanços sucessivos com aduelas pré-moldadas. As aduelas seriam fabricadas no próprio canteiro, sendo, posteriormente, lançadas por guindaste.

A resposta à sustentabilidade da proposta encontra-se na resposta direta, através da utilização de uma estrutura pré-moldada, com uma seção projetada visando



Figura 5: Perspectiva da seção transversal

o máximo de economia de material, e da recomendação de cimentos com adições. Escória de alto forno ou cinza de casca de arroz, por exemplo, ajudariam a reduzir a porosidade, aumentando a durabilidade e resistência do concreto, e ainda dariam um destino nobre a estes resíduos sólidos. Como resposta indireta, através dos efeitos secundários gerados, com sua inserção adequada, sua utilização por pedestres será otimizada, fazendo com que esses sejam convidados a realizar a travessia em questão a pé, ao invés de utilizarem seus automóveis.

Após extensa análise, concluímos que os pilares poderiam ser suficientemente esbeltos para acentuar o destaque na superestrutura da passarela, onde engastaríamos os mesmos na alma da viga, garantindo assim a estabilidade da estrutura.

Finalmente, após a definição da técnica construtiva e de todos os outros materiais a serem utilizados, efetuamos a análise de viabilidade econômica da passarela. Sabe-se da importância do custo em obras de arte especiais, especialmente no caso de passarelas, visto que o valor da implantação normalmente é alto. Os quantitativos da obra mostraram que com-

parativamente apresentamos baixos consumos de aço e concreto quando analisados frente a modelos padrões de passarelas de pedestres.

Os autores agradecem ao IBRACON pela oportunidade e pela criação desse evento, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, ao escritório de projeto Gheller Engenharia e ao Eng. Gilberto Gheller pelo apoio financeiro, técnico e por nos incentivar a inovar e projetar com ousadia. ♦

### Equipe 2ª Colocada

#### GHELLER ENGENHARIA / UFRGS

- João Kruse
- Jonatas Ferri Dariva
- Lorenzo Beneduzzi
- Pablo Morales

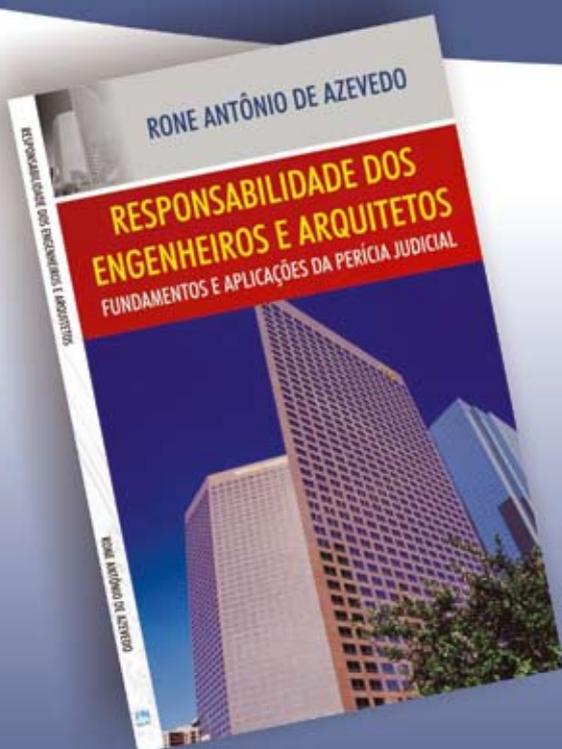
#### ORIENTADOR

Eng. Douglas Finger de Lemos

#### CO-ORIENTADOR

Arq. Diego de Azambuja Lopes

## 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

Tels.: (62) 3212-2492 • 9178-6100

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

# 51<sup>o</sup> CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO IBRACON 2009

Setor elétrico debate suas expectativas, boas práticas e carências e faz sua lição de casa

FÁBIO LUÍS PEDROSO

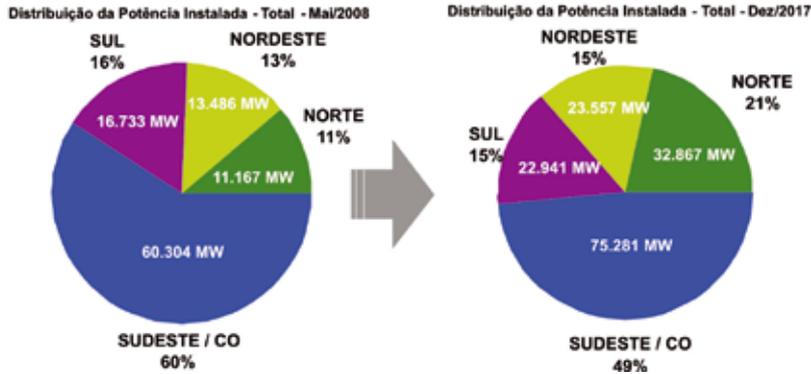
A Oferta Interna de Energia (OIE) atingiu 252,2 milhões de tep (toneladas equivalentes de petróleo) em 2008, montante 5,6% superior ao de 2007, acompanhando o crescimento da economia naquele ano (5,1%). Contribuíram para essa oferta o petróleo e seus derivados (representando 36,7% do montante), a biomassa – lenha, carvão vegetal, etanol, bagaço, caldo e melaço (31,5%), a hidroeletricidade (13,8%), o gás natural (10,3%), o carvão mineral (6,2%) e o urânio e seus derivados (1,5%). Os dados foram retirados do Balanço Energético Nacional 2009, publicado pela Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE), do Ministério de Minas e Energia, ainda com dados preliminares.

Dois fatores contribuíram para esse crescimento acentuado por energia: os bons resultados alcançados pelos setores exportadores, especialmente os intensivos em energia (aço, celulose, álcool) e o bom desempenho da demanda interna de bens e serviços, até setembro de 2008, no período anterior à crise



Integrantes da Mesa composta inicialmente no Seminário do Setor Elétrico: (esq.p/dir.): Fábio de Gennaro Castro, José Bernardino Botelho, Fernando Krempel e Danielle Bueno de Andrade

econômica mundial, que veio a desacelerar o ritmo de desenvolvimento econômico brasileiro e mundial. Mas, apesar do expressivo avanço, o consumo brasileiro por energia está ainda abaixo da média per capita mundial (1,8 tep/hab) e é muito inferior à média dos países da Organização para a Cooperação Internacional e Desenvolvimento Econômico (OCDE), que reúne os países mais industrializados do mundo (4,7 tep/hab). Em 2008, ela foi de 1,3 tep/hab. O que demonstra que o país tem ainda um potencial

**PLANO DECENAL DE ENERGIA 2008**
**Evolução da Oferta de Energia**


enorme de crescimento econômico pela frente, assim como de sua área energética.

Por sua vez, a oferta de energia elétrica em 2008 cresceu apenas 2,4% relativamente ao ano anterior, atingindo o montante de 497,4 TWh. O valor é atípico, pois nos últimos cinco anos o crescimento anual médio tem ficado acima dos 5%, acompanhando o bom desempenho da economia do país. Para oferta total de energia elétrica, a supremacia da energia hidráulica na matriz energética brasileira é inquestionável, representando 73,1% do total de 2008. As outras fontes de energia elétrica

dividem-se em: biomassa (4,8%); gás natural (6%); petróleo e derivados (3%); nuclear (2,8%); carvão e derivados (1,6%); e eólica (0,1%), sem contar o montante de energia importado (8,6%).

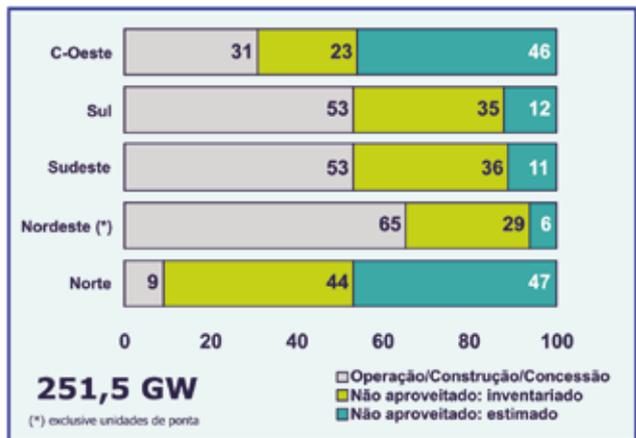
Com a retomada do crescimento econômico já a partir deste semestre de 2009, a expectativa do governo é que a demanda por energia volte aos patamares pré-crise. Em seu Plano Decenal de Energia elaborado em 2008, a EPE projeta uma evolução da potência instalada de 101.690 MW, em 2008, para 154.646 MW, em 2017, crescimento anual de 6,5%).

Estão previstos investimentos de R\$ 142 bilhões, dos quais R\$ 67 bilhões referem-se a usinas já concedidas e autorizadas. A premissa do Plano é que essa expansão da geração se dará majoritariamente através de hidrelétricas, tidas pela EPE como a forma mais sustentável de atendimento à demanda elétrica no país (renovável, baixa emissão de gases do efeito estufa; construção e operação 100% nacional; baixo custo de investimento; além dessa modalidade de geração ser abundante no país).

Potencial o país tem. A estimativa é que, somando-se o potencial hidrelétrico em operação, em construção, em concessão, o inventariado e o estimado, chega-se a 251.500MW, dos quais aproximadamente apenas 30% estão sendo utilizados, a maior parte no Sul e Sudeste do país.

Diante desse cenário, colocam-se as questões:

- 1 – A formação hoje do engenheiro civil no país atende quantitativa e qualitativamente a demanda por profissionais habilitados para projetar e construir barragens de usinas hidrelétricas?

**SITUAÇÃO DO POTENCIAL HIDRELÉTRICO BRASILEIRO**

**251,5 GW**

(\*) exclusive unidades de ponta

**BRASIL**


Danielle Bueno de Andrade apresenta as estimativas da EPE para o setor elétrico no Seminário do setor, ocorrido durante o 51º Congresso Brasileiro do Concreto



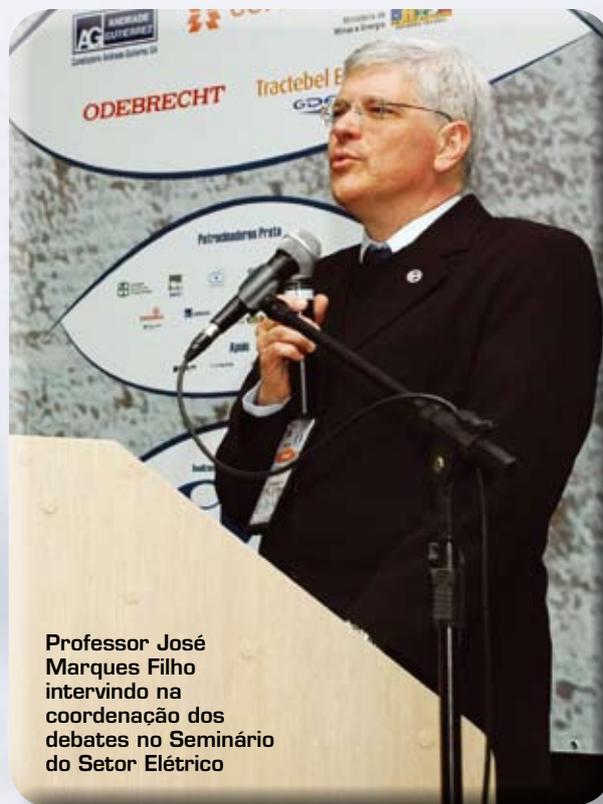
- 2 – A gestão do conhecimento no setor elétrico brasileiro, que demanda o uso intensivo de saber acumulado, foi afetada pela estagnação de planejamento no setor e pela interrupção de construção de barragens no país por um longo período? As equipes foram desfeitas? O conhecimento acumulado tácito tem sido eficientemente transformado em saber explícito nos projetos e na construção de barragens em andamento?
- 3 – Como a questão da sustentabilidade é tratada pelo setor elétrico e incorporada nos projetos de construção de barragens?
- 4 – Quais regulamentações existem para a gestão da segurança de barragens no país? Elas são suficientes? O que pode e deve ser feito para assegurar o mínimo risco para a sociedade com a construção e a operação de barragens?

Para respondê-las, o Instituto Brasileiro do Concreto – IBRACON e o Comitê Brasileiro de Barragens (CBDB) organizaram, dentro da programação do 51º Congresso Brasileiro do Concreto, o Seminário do Setor Elétrico de Construção e Manutenção Cívica, ocorrido no último dia 8 de outubro. Participaram do Seminário como debatedores um conjunto de profissionais representando todos os segmentos envolvidos com a construção e operação de barragens.

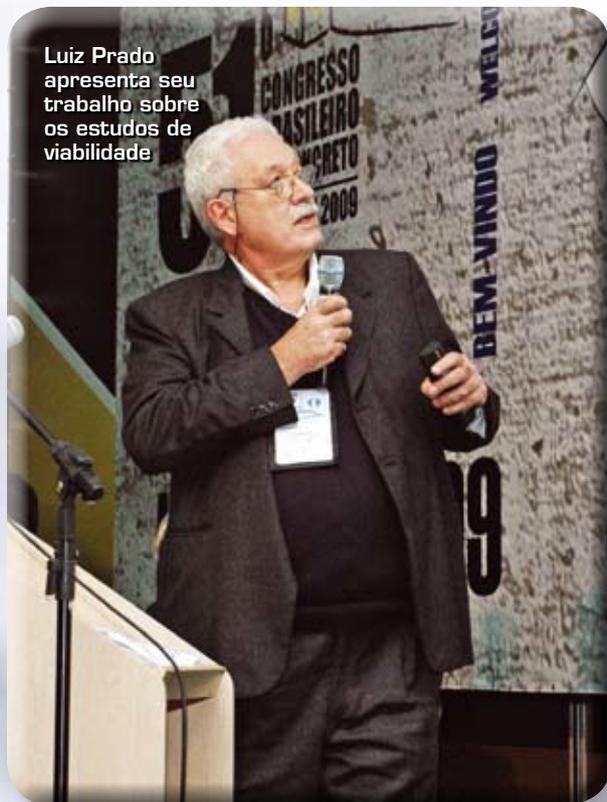
“A motivação foi no sentido de que o IBRACON possa contribuir, em termos de melhorar a formação de profissionais, de melhorar as práticas construtivas e de discutir os problemas e fazer recomendações, para o futuro parque gerador que vamos precisar. O IBRACON tem essa característica: de representar a comunidade técnica e fazer conhecer suas colaborações”, pontuou sobre os objetivos do Seminário seu coordenador, José Marques Filho, professor da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

### Planejamento do Setor Elétrico

Atualmente, o Ministério de Minas e Energia formula os princípios e define as diretrizes da política energética brasileira. Dentro desse processo, a Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE) subsidia esse planejamento energético com a realização de estudos e pesquisa de longo, médio e curto prazo, possibilitando a programação do aproveitamento energético nacional, materializado no Plano Decenal de Energia. “Esse planejamento energético é o que possibilita que a energia que vai ser leiloadada hoje seja entregue daqui a cinco anos”, arrematou Danielle Bueno de Andrade, assessora da Superintendência de Planejamento da Geração da EPE.



Professor José Marques Filho intervindo na coordenação dos debates no Seminário do Setor Elétrico



Luiz Prado apresenta seu trabalho sobre os estudos de viabilidade

O ciclo de implantação de projetos hidrelétricos passa pelas seguintes fases: estudos de inventário (2 anos); estudos de viabilidade (1,5 ano); processo licitatório (6 meses); projeto básico (1 ano); construção (4 anos); e operação (mais de 50 anos).

“Os estudos de inventário objetivam determinar o potencial hidrelétrico da bacia hidrográfica, estabelecendo a melhor divisão de quedas que, no conjunto, propiciará o máximo de energia, ao menor custo e com mínimo impacto ambiental”, explicou Paulo Amaro, assessor da Diretoria de Estudos de Energia Elétrica na EPE, sobre a primeira fase de implantação de uma hidrelétrica. Nesses estudos se definem a localização e as características da bacia hidrográfica (área, perímetro, comprimento, diferença de cotas e potencial estimado de geração de energia elétrica), assim como as áreas protegidas (terras indígenas; unidades de conservação federais e estaduais).

Já, nos estudos de viabilidade define-se a concepção de um determinado aproveitamento hidrelétrico, com vistas à sua otimização técnico-econômica e socioambiental: são estabelecidas a área de drenagem, a área do reservatório, a queda bruta máxima e a vazão do rio; a localização e o tipo das estruturas da usina hidrelétrica (ensecadeiras; barragens; tomadas de água; vertedouro; casa de força); além da potência a ser gerada. Com este estudo

obtêm-se os benefícios e os custos do empreendimento hidrelétrico, assim como sua Licença Prévia, autorização para a continuidade do processo, tendo em vista sua viabilidade.

No estudo de viabilidade o projetista define as estruturas – na maioria das vezes, de concreto – que farão parte do aproveitamento hidrelétrico, com base em investigações preliminares de topografia, hidrologia, geologia e geotecnia. “Esses estudos interessam sobremaneira aos projetistas de estruturas e aos tecnologistas, pois significam o conhecimento do material de fundação e das ombreiras das estruturas e a ocorrência de materiais naturais de construção, passíveis de emprego no concreto que será usado”, comentou em sua apresentação Luiz Prado, diretor da Lumans Engenharia.

Exemplificando, para as jazidas de cascalho e areia, Prado propôs o seguinte programa de ensaios de caracterização a ser realizados nos estudos de viabilidade:

- ◆ Percentual de cada dimensão máxima característica (Dmax)
- ◆ Análise petrográfica e mineralógica/Dmax
- ◆ Massa específica e absorção/ Dmax
- ◆ Reatividade potencial – RAA/Dmax
- ◆ Granulometria e pulverulentos/Dmáx
- ◆ Teor de cloretos e sulfatos/Dmax
- ◆ NBR 7211/ fração areia
- ◆ Abrasão Los Angeles/fração cascalho
- ◆ Índice de Forma
- ◆ Ciclagem natural, água estufa e ao etilenoglicol/cascalho (muito raramente)
- ◆ Outros, a critério do geólogo e do tecnologista

No caso de pedreiras e material de fundação, o programa de ensaios típico é:

- ◆ Análise petrográfica e mineralógica
- ◆ Massa específica e absorção
- ◆ Reatividade potencial- RAA
- ◆ Teor de cloretos e sulfatos
- ◆ Abrasão Los Angeles
- ◆ Ciclagens natural, água estufa e etilenoglicol
- ◆ Resistência à compressão
- ◆ Módulo de elasticidade
- ◆ Outros, a critério do geólogo e do tecnologista

Na fase do Projeto Básico, todas as informações que afetam o custo da obra devem ser detalhadas e fornecidas, tais como:

- ◆ **Caderno de desenhos do projeto:** dimensionamento de estruturas, suficientemente detalhado para permitir orçamento;
- ◆ **Relatório Básico:** com informações relativas às sondagens efetuadas e aos materiais de construção; neste caso importam:
  - indicação de fontes de agregados
  - caracterização detalhada dos materiais
  - tipos de aglomerantes adequados

- ◆ Eventuais dosagens e estudos térmicos para caracterizar se o concreto necessitará ou não de refrigeração, o que importa custos
- ◆ Especificações: onde se aborda
  - Aspectos térmicos considerados
  - Classes de concreto a empregar
  - Métodos construtivos

Com base no Projeto Básico é que se dá o processo licitatório, ao final do qual se concede a Licença de Instalação ao ganhador. A partir daí, o empreendedor elabora o Projeto Executivo, onde são produzidos e detalhados os documentos para a construção da usina hidrelétrica, assim como para sua operação. Com base nele o governo concede, então, a Licença de Operação, que deve ser renovada de tempo em tempo.

“Apesar da Lei 8666 prescrever que o Projeto Básico deve conter as especificações técnicas de serviços, materiais e equipamentos, fundamentadas em levantamentos quantitativos e estudos técnicos, o que se observa é uma tendência de se licitar obras civis com informações derivadas de investigações incompletas, o que implica a transferência de responsabilidade para o empreiteiro”, ressaltou Prado quanto ao não cumprimento, na prática, das premissas básicas de uma das etapas do ciclo de implantação.

### Práticas correntes x Práticas recomendadas

Os contratos de concessão de geração de energia hidrelétrica têm vigência de 35 anos, que pode ser renovado por igual período, segundo as leis 8987/1995 e 9074/2005. As leis definem que o concessionário assume todas as responsabilidades e encargos com a execução de projetos, das obras e dos serviços necessários para a conclusão integral do empreendimento hidrelétrico, devendo ainda executá-lo com observância das normas técnicas. Diz a Cláusula Sétima do Contrato para a exploração do Aproveitamento Hidrelétrico que o concessionário tem o direito de contratar livremente, mediante decisão própria e sob seu próprio risco, os estudos, os projetos, o fornecimento de equipamentos, a construção, a montagem e tudo o mais que se fizer necessário para o cumprimento deste Contrato’.

Para o debatedor Francisco Rodrigues Andriolo, diretor da Andriolo-Ito Engenharia, essa nova modalidade de gerenciamento de

construção de usinas hidrelétricas, decorrente das privatizações ocorridas na década de 90, necessita de mudança de atitudes de todos os grupos envolvidos com o empreendimento:

- ◆ Do empresário exige-se uma atitude para maximizar as oportunidades do negócio e para minimizar as incertezas; por isso, a análise das incertezas é indispensável e deve ser feita por uma equipe multidisciplinar.
- ◆ Dos projetistas e consultores se requer projetos básicos mais detalhados, contendo definições de jazidas, qualificação dos materiais, condições das fundações, entre outras providências; as responsabilidades e os custos decorrentes devem ficar claros e devem ser assumidos pelas partes cabíveis. “A descrição da disponibilidade de materiais de construção tem sido apresentada em menos de uma página no relatório do projeto”, alertou em tom de reprovação.
- ◆ Dos tecnologistas espera-se o controle rigoroso de qualidade do concreto; tal controle permeia, todavia, as responsabilidades das outras partes envolvidas na construção: o empreiteiro precisa verificar se o concreto está atendendo às especificações de projeto; e o contratante tem o direito de auditar o sistema de qualidade.





- ◆ Dos empreiteiros, além de dominarem as técnicas construtivas necessárias, requer-se que conheçam suficientemente as propriedades básicas do concreto. “Observa-se que, mesmo com todas as conquistas tecnológicas e metodológicas, conceitos e procedimentos básicos precisam ainda serem esclarecidos”, apontou Andriolo.
- ◆ Da comunidade técnica espera-se a reciclagem contínua dos padrões estabelecidos nas especificações técnicas, no sentido de que acompanhem a evolução das tecnologias; definição mais clara das responsabilidades; e melhoramento do processo de gerenciamento construtivo.
- ◆ Da sociedade clama-se para que exija a análise do erro, para dele tirar uma lição: o que importa não é buscar culpados, mas as causas que levaram ao problema.

Atualmente, a modelagem de uma barragem de concreto é feita com recursos sofisticados de informática. É possível criar modelos em três dimensões das superfícies do terreno e das estruturas, obter as cargas decorrentes da aplicação das estruturas ao local, obter o volume de escavação em rocha e em solo, modelar em três dimensões as instalações mecânicas e elétricas, entre outros recursos. Eles foram apresentados pelo diretor da Intertechne Consultores Associados, Fernando Krempel.

Todavia, em razão das necessidades mercadológicas serem postas, muitas vezes, acima das necessidades de segurança e qualidade, o controle de qualidade do concreto, etapa fundamental para assegurar a boa execu-

ção de empreendimento hidrelétrico, tem sido feito com orçamentos cada vez mais apertados e prazos cada vez mais reduzidos.

O concreto-massa usado em barragens, devido às reações químicas exotérmicas em seu processo de pega e endurecimento, pode apresentar quadro fissuratório crítico, provocado pelas tensões de origem térmica em seu interior. Por outro lado, desde 1981, conhece-se o efeito deletério da formação de etringita tardia no interior do concreto: a formação do

mineral pode começar após meses ou anos e se prolongar continuamente por longos períodos causando tensões expansivas em seu interior, o que leva também à sua deterioração. Para o palestrante Walton Pacelli de Andrade, diretor da Engeconsol, tais peculiaridades do concreto-massa exigem que se dê uma ênfase ainda maior ao controle de qualidade desse concreto. Segundo ele, a simples observância dos limites estabelecidos para a relação água/cimento na norma NBR 6118/2003, segundo a agressividade do ambiente onde será construída a obra, pode não atender adequadamente o problema do controle térmico, que requer, em contrapartida, o uso de menor quantidade de cimento, para evitar a fissuração. Quanto ao problema expansivo da formação de etringita tardia, ele pode ser mitigado com a adição de cinzas volantes e de escória de alto-forno, assim como com o uso de calcário como agregado, em dosagens adequadas do concreto. Pacelli citou outros fatores que influenciam o fenômeno e que podem ser controlados com a dosagem bem feita são: tipo e granulometria do agregado; teor e composição química do cimento; tipo e quantidade de adições minerais; relação água/cimento; teor de ar e porosidade do concreto. A necessidade de criar uma norma específica para a execução e controle de qualidade de estruturas hidráulicas torna-se evidente com a exposição dessas peculiaridades do concreto-massa”, ponderou.

Com ele pareceu concordar Prado ao expor a série de requisitos físicos, mecânicos

e químicos que o concreto empregado numa usina hidrelétrica (UHE) deve atender:

- ◆ Resistência à compressão
- ◆ Permeabilidade
- ◆ Resistência à abrasão (devido à passagem de água em velocidade e à presença de sedimentos em suspensão)
- ◆ Controle das deformações
- ◆ Controle de fissuração térmica
- ◆ Controle de fissuração provocada por reações álcali-agregado
- ◆ Durabilidade (resistência aos agentes agressivos, como a acidez da água)

O atendimento a esses requisitos não é uniforme, mas varia segundo a localização do concreto na UHE e, por conseguinte, às ações as quais será submetido:

- ◆ **Concreto-massa:** empregado na barragem; o que mais importa no controle tecnológico desse concreto é a sua massa específica, justamente pelo seu lançamento em grandes volumes que requer o controle térmico (geralmente, feito pela metodologia do concreto compactado com rolo - CCR)
- ◆ **Concreto impermeável:** empregado em paramentos, em contatos com solo e rocha
- ◆ **Concreto estrutural armado:** usado em estruturas comuns; aqui a resistência característica à compressão aos 28 dias é o que conta no controle de qualidade
- ◆ **Concreto protendido:** usado em vigas de pontes e na viga munhão

- ◆ **Concreto resistente à abrasão:** em locais de fluxos d'água
- ◆ **Concreto projetado:** para revestimentos de túneis e canais e para estabilização de taludes
- ◆ **Concretos pré-moldados:** utilizados em formas de galerias e como pré-laje

### Gestão do conhecimento

O setor elétrico, pela complexidade dos empreendimentos hidráulicos, muito contribuiu para os avanços tecnológicos verificados na engenharia civil brasileira. A primeira usina hidrelétrica no país foi instalada no Ribeirão do Inferno, em 1883, na bacia do Jequitinhonha, Minas Gerais. As companhias energéticas nasceram em função da necessidade de expansão do parque energético nacional. A Companhia Hidrelétrica do São Francisco (Chesf) foi criada, em 1945, para a construção da UHE Paulo Afonso (concluída em 1955); a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), que conta com 56 anos, foi constituída para construção da hidrelétrica de Três Marias; Furnas Centrais Elétricas, criada em 1957, com o objetivo de construir e operar no rio Grande a Usina Hidrelétrica de Furnas. Com elas, foram impulsionados os segmentos da construção civil ligados ao projeto e construção de barragens. " Algumas dessas empresas fizeram escola, como é o caso da Canambra, que estabeleceu o padrão referencial para projetos



Walton Pacelli de Andrade abordando o controle de qualidade do concreto em obras de barragens

de barragens, com seus manuais de procedimentos, sua metodologia, seus profissionais competentes e a decorrente transferência de conhecimento”, afirmou o diretor do Comitê Brasileiro de Barragens, engenheiro Fábio de Gennaro Castro.

Esses avanços tecnológicos podem ser constatados em termos:

- ◆ Do detalhamento dos projetos;
- ◆ Da dosagem do concreto, com a incorporação de ar, o emprego de materiais pozolânicos, a padronização dos diversos tipos de cimento, a redução do aglomerante no concreto, o uso de agregados de maior diâmetro e o uso de areia artificial e do pó de pedra
- ◆ Do desenvolvimento de novos materiais, como é o caso do veda-juntas de PVC
- ◆ Da aquisição de equipamentos para a produção, o transporte, a concretagem, o adensamento e a refrigeração do concreto
- ◆ Da aplicação de técnicas de construção em larga escala
- ◆ Do desenvolvimento profissional, com a formação de engenheiros com visão de planejamento das atividades dos empreendimentos e com a transferência de conhecimento junto às empresas de projeto e de consultoria, aos empreiteiros



Miguel Zydan Soria no início de sua apresentação sobre gestão do conhecimento no setor elétrico

às escolas de engenharia

- ◆ Do monitoramento das estruturas com vista ao aprendizado sobre o comportamento da estrutura e à gestão da segurança das barragens, acompanhando seu desempenho estrutural
- ◆ Da implantação de laboratórios de controle de qualidade, cujos sistemas de controle tecnológico foram transferidos para a produção de agregados, para as centrais de concreto e para o transporte e lançamento do concreto

“Todo esse conhecimento desenvolvido permitiu ao país ser o único a utilizar concreto-massa convencional com menos de 100kg/m<sup>3</sup> de aglomerante”, destacou Andriolo.

Porém, houve uma descontinuidade na transferência e avanço de todo esse saber acumulado, com o longo período de estagnação econômica no Brasil (décadas de 80 e 90) e de falta de investimentos em infraestrutura no país, especialmente em empreendimentos hidrelétricos. Quadro que tem mudando com os altos investimentos contratados e anunciados pelo governo federal. A nova situação exige mudança de paradigmas e coloca novos desafios ao setor. “O que é produzido científica e tecnologicamente pode ser prejudicado se não houver a gestão do saber”, alertou o engenheiro Miguel Zydan Soria, consultor da Diretoria Geral Brasileira da Itaipu Binacional.

A gestão do conhecimento é o processo sistemático de identificação, criação, renovação e aplicação dos conhecimentos estratégicos na gestão de empreendimentos. Consiste basicamente em converter o conhecimento que está tácito em conhecimento explícito, de modo que possa ser utilizado onde é requerido. Segundo Soria, implica primeiramente a mudança na cultura organizacional do setor, no sentido de gerir a informação disponível e em desenvolvimento (organização e integração dos repositórios de dados e dos sistemas de informação); de incentivar a aprendizagem empresarial e dar suporte à sucessão de empregados (capacitações dinâmicas); de realizar pesquisa, desenvolvimento e inovação; de organizar um sistema normativo setorial; e de realizar benchmarking interno e externo. Secundariamente, o papel das entidades do setor, como o IBRACON e o CBDB, é fundamental, para a divulgação das boas técnicas, para a constituição de fóruns de debates, para oferecer esclarecimentos à sociedade, para cativar e formar os profissionais.

Um elemento adicional nessa gestão é a questão da sustentabilidade, que tem sido considerada pelo setor elétrico, com os estudos de



Professor Vladimir Antonio Paulon abordando o ensino de engenharia civil no Brasil

aproveitamento hidrelétrico com alagamentos mínimos (menor impacto ao meio ambiente) e com o uso de fontes alternativas de energia (pequenas centrais hidrelétricas, usinas eólicas e biomassa). Dados da EPE apontam, atualmente, a participação das fontes renováveis na oferta interna de energia é de 45,3%.

### Ensino de Engenharia

Nesse quadro de gestão do conhecimento, uma questão impreterível é: o currículo das faculdades de engenharia civil é suficiente para que o recém-formado possa desempenhar as funções de engenheiro de uma obra de grande porte, como é o caso de uma barragem?

A resposta do professor da Universidade de Campinas (Unicamp), Vladimir Antonio Paulon, foi não. Segundo sua argumentação, o ensino de engenharia hoje no Brasil é meramente contemplativo e o currículo das escolas sempre foi dirigido para o cálculo de estruturas. Problema adicional é que o software é entregue pronto, de forma que o aluno não tem idéia da teoria que o gerou. O aluno desconhece a teoria sobre os elementos finitos. Diria que atualmente estamos formando operadores de computação, relatou.

Para ele, um bom ensino de engenharia deveria ser basicamente interdisciplinar, passando ao aluno uma visão holística da obra, versando sobre seu planejamento, projeto básico

e executivo, construção, manutenção, operação e recuperação. "Todo professor deveria ter experiência profissional. Não ser avaliado apenas pelo número de artigos publicados em periódicos científicos internacionais", argumentou.

Complementarmente à formação universitária, o estágio remunerado deveria ser obrigatório e promover o trabalho conjunto do estagiário com os engenheiros experientes da empresa, iniciando-se com o desenvolvimento de tarefas relativas às estruturas simples e passando progressivamente para tarefas relativas às obras de maior complexidade. "O processo de aprendizado e treinamento deve ser contínuo. O estágio deve ser remunerado para despertar o interesse e para manter o estagiário alerta para o negócio da empresa. Deve gerar a efetivação do engenheiro. A empresa deve também incentivar seus profissionais a participar de cursos de extensão e especialização", destacou o diretor da VLB Engenharia, engenheiro José Bernardino Botelho.

### Gestão da Segurança de Barragens

Por ser um empreendimento de grande porte e, conseqüentemente, com fortes impactos econômicos e sociais, as barragens em geral (além das que são utilizadas para produzir energia elétrica, existem barragens construídas para abastecimento da população e da agropecuária; regularização do

curso de água e proteção contra inundações; contenção de rejeitos minerários e industriais; e navegação) requerem uma atenção especial quanto à gestão de sua segurança. Justamente, em razão do Brasil não ter uma legislação específica sobre gestão da segurança de barragens, temos visto ultimamente diversos acidentes com essas obras. Essa é a opinião do engenheiro Rogério Menescal, diretor de infraestrutura portuária da Secretaria Especial de Portos da Presidência da República. “Nos últimos oito anos, tivemos mais de 800 acidentes e incidentes com barragens”, informou.

Acidentes são eventos de grande porte, como a ruptura parcial ou total de uma obra ou sua completa desfuncionalidade, com graves conseqüências econômicas e sociais. Incidentes são eventos físicos indesejáveis de pequeno porte que prejudicam a funcionalidade ou inteireza da obra e podem levar aos acidentes, se não corrigidos a tempo. Para evitá-los, as partes envolvidas com o projeto de construção e operação de uma barragem precisam estar submetidas um rigoroso programa de gestão de segurança, que contemple o planejamento da obra, seu projeto, sua construção, as fases de primeiro enchimento e primeiro vertimento, sua operação e, finalmente, sua desativação ou remoção.

Como se vê a gestão vai além da entrega da obra, devendo se manter durante sua operação e, inclusive, quando de sua desativação. É preciso realizar inspeções e manutenções periódicas, para verificar o desempenho estrutural e corrigi-lo onde for necessário, com equipes treinadas e habilitadas para isso; ter um plano de ação de emergência, para o caso de ocorrência de incidentes ou acidentes; além de um plano de ocupação e uso do solo à montante e à jusante da barragem.

Menescal disse haver uma estimativa de mais de 300 mil barragens espalhadas por todo território nacional, ‘com idades variadas, cujas operações são as mais díspares, sem que o poder público saiba a situação de risco que cada uma possa oferecer’. Sua visão foi corroborada pelo engenheiro Selmo Kuperman, diretor da Deseq, ao abordar o monitoramento dessas obras. “O plano de instrumentação de uma barragem de concreto começa com problemas em sua fase de projeto: quem faz é o estagiário; quem deveria fazê-lo é o engenheiro especialista”, ressaltou.

O problema do monitoramento continua com a seleção dos instrumentos mais baratos, com sua conservação e proteção precárias, com equipes despreparadas para fazer a instalação e a leitura dos instrumen-



Selmo Kuperman é assistido pelos membros da Mesa do Seminário do Setor Elétrico em sua apresentação



Rogério Menescal faz a apresentação do projeto de lei sobre gestão da segurança de barragens

tos (por vezes, é feita a leitura antes da devida calibração do aparelho), com análises deficientes ou seus resultados não passados aos operadores. “Os resultados, segundo Kuperman, são problemas não reconhecidos ou relegados à posteridade”.

Sua aposta é justamente que o governo dê encaminhamento ao projeto de lei 1181/2003, proposto pelos deputados federais Arnaldo Jardim e João Magalhães às comissões especiais da Câmara dos Deputados. O projeto estabelece uma política nacional de segurança de barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais.

Atualmente, o proprietário da barragem é responsável pela gestão de sua segurança, segundo o Código Civil. O conteúdo dos planos, estudos, projetos e relatórios solicitados pelo proprietário são de responsabilidade do técnico que os produziu. O que se pretende é que esse regime de responsabilidades funcione, ao atribuir ao Estado a função de órgão fiscalizador, responsável pela supervisão desse processo. Segundo Menescal, hoje, a regulamentação da gestão de segurança de barragens está presente em 28 países, mas a preocupação é antiga, remontando à época de Hamurabi, na Mesopotâmia Antiga, em cujo código é possível

ler: “Se alguém for preguiçoso demais para manter sua barragem em condições adequadas, não fazendo a manutenção desta: caso a barragem se rompa e todos os campos forem alagados, então aquele que ocasionou tal problema deverá ser vendido por dinheiro, e o dinheiro deve substituir os cereais que ele prejudicou com seu desleixo”.

O projeto discrimina fatores técnicos, sociais, ambientais e econômicos de avaliação do dano potencial, para estabelecer prioridades na ação preventiva da gestão de segurança de barragens. Define claramente as atribuições e responsabilidades. Prevê mecanismos de atuação descentralizada, transparente e participativa. Respeita o pacto federativo entre os estados da Nação. E é suficientemente detalhista para cobrir os aspectos essenciais. Ele estabelece uma Comissão Federal de Segurança de Barragens, composta por representante de instituições interessadas no tema, tais como: Agência Nacional de Águas (ANA); Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (IBAMA); Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM); Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL); Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), entre outros. Suas atribuições são: articular, padronizar e melhorar o Programa Nacional de Gestão da Segurança de Barragens. Estabelece também o Comitê Técnico de Segurança de Barragens,



Mesa com palestrantes do Seminário do Setor Elétrico durante os debates finais

responsável por ditar as diretrizes gerais aos órgãos fiscalizadores, em nível federal, estadual ou municipal (ANA, responsável pela fiscalização de barragens para acumulação de água; IBAMA, na fiscalização de resíduos industriais; DNPM, para fiscalização de resíduos minerários; CNEN, para fiscalização de resíduos nucleares; ANEEL, para fiscalização da segurança de barragens para fins de geração hidrelétrica). Os órgãos fiscalizadores teriam a autoridade para renovar autorizações, concessões, outorgas e licenças de operação aos empreendedores públicos e privados, além de aplicar sanções e penalizações, baixar portarias, resoluções e instruções normativas.

Por que o projeto de lei não sai? Menescal atribui a lentidão no processo de promulgação da lei ao imbróglio político de como os assuntos de interesse do país são conduzidos, dentre eles: as indefinições institucionais, principalmente as relacionadas ao pacto federativo; à falta de sensibilização dos tomadores de decisão; à falta de mobilização da sociedade, não devidamente conscientizada quanto aos riscos associados à construção e operação de barragens.

Para ele, enquanto o projeto de lei não sai, o programa de segurança de barragens precisa ser discutido e disseminado na comunidade técnica, por meio de suas instituições representativas, promovendo a conscientização e sensibilização para o problema; além disso, essas entidades devem treinar e capacitar mão de obra, editar manuais e práticas recomendadas e incentivar a pesquisa relacionada ao tema.

Na avaliação do coordenador José Marques, o IBRACON e o CBDB já deram esse passo ao organizar o seminário do setor elétrico. Já temos atividades concretas programadas: vamos criar uma comissão sobre o assunto, para que as informações circulem e para que o debate não morra; vamos publicar um livro com as boas práticas na construção e operação de barragens daqui a um ano; vamos criar cursos e certificações profissionais; e vamos disponibilizar no site do IBRACON o Manifesto de Curitiba, com as sugestões feitas no seminário com relação às carências do setor elétrico, seja em termos das investigações preliminares, do projeto, construção, manutenção e operação de barragens no país, seja em termos do ensino e do aprendizado". ♦

# Substituição das mantas asfálticas pela utilização de resinas de poliuretano na impermeabilização de estruturas de concreto armado

Fábio Sérgio da Costa Pereira • *Diretor*  
Engecal-Engenharia e Cálculos Ltda

## 1. Introdução

As mantas asfálticas são classificadas como produtos flexíveis, ou seja, aqueles que tem propriedades de alongamento acima do nível do concreto. Podem ser também classificadas como sistemas pré-fabricados, pois saem da fábrica prontas para o uso, não necessitando de multicamadas ou mono camadas, sendo geralmente aplicadas a quente com maçarico a gás de cozinha ou com sistema de fusão elétrica. Geralmente estes sistemas são aplicados em grandes áreas, embora, tenham um grande histórico também em áreas internas.

A sua aplicação em áreas internas diminuiu em decorrência da necessidade de se realizar muitas emendas e cortes na manta para sua aplicação em pequenas áreas, facilitando a ocorrência com maior intensidade de infiltrações de água. Outro problema da aplicação das mantas asfálticas são as emendas necessárias para se realizar a impermeabilização de acabamentos em

tubulações, tanto nos ralos como nas emergentes, propiciando novamente a possibilidade maior de falhas no sistema. Outros fatores que interferem na qualidade das mantas asfálticas são a inexistência de projeto de impermeabilização, proteção mecânica de péssima qualidade – resistência da argamassa, aplicações de telas furando a manta (paredes de piscinas) e espessura inferior ou superior a indicada – e a mão de obra desqualificada (aplicação de pouco primer asfáltico antes da manta causando uma perda de aderência manta/concreto – Figura 1).

Vale salientar, ainda, que a preparação das áreas corresponde a 80% do sucesso total de uma impermeabilização, pois se precisa de áreas bastante arredondadas para que as mantas se moldem adequadamente no substrato de concreto. Outro dado importante é que o custo de uma impermeabilização é de 1,5% do custo da obra em construção, subindo para 8% o

**Figura 1 – Manta asfáltica aplicada em laje de piso do último pavimento de condomínio após colapso estrutural da laje da cobertura**



Figura 2 – Aplicação de manta asfáltica em lajes de piso (garagens) e rampa de acesso do condomínio



custo de recuperação da manta por falhas como infiltração de água, podendo a situação ser agravada ainda mais com a corrosão das armaduras de concreto armado, além do desgaste com o cliente.

Portanto, a cadeia da construção civil está procurando alternativas para minimizar ou eliminar essas patologias, em razão do progresso da engenharia civil. Para tanto, estão se realizando pesquisas como esta, para apontar as novas diretrizes a serem seguidas, como utilização de novos materiais, conscientização e atualização das construtoras e fabricantes, bem como a cobrança da qualificação geral dos aplicadores (figura 2).

## 2. Sistemas impermeabilizantes testados

A manta asfáltica tradicional é um sistema pré-fabricado de impermeabilização estruturado à base de asfalto elastomérico SBS (estireno-butadieno-estireno), com véu de poliéster resinado e protegido em ambas as faces com filme de polietileno de alta densidade. É comercializada com 3 e 4 mm de espessura final. Utiliza o primer asfáltico ou emulsão asfáltica (NBR 9952), formulada com asfaltos especiais, plastificantes e cargas minerais (NBR 9687-ABNT), como gerador da aderência manta/concreto. É aplicada com uso de maçarico a quente.

O consumo da manta tradicional é, para o primer, de 0,25-0,35 l/m<sup>2</sup> e, para a manta, de

1,15 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>, sendo comercializada a manta em rolos de 10 m<sup>2</sup> e a resina de poliuretano em baldes com 20 kg ou tambores. Na aplicação da manta, deve-se realizar os transpasses de 10 à 15 cm, aumentando as possibilidades de patologias (infiltrações) (figura 3).

A resina de poliuretano é um sistema moldado no local de impermeabilização à base de resina de poliuretano e elastômeros especiais (SBR-SBS), com espessura final de 1,5 mm, com um consumo de 1,8 kg/m<sup>2</sup>. Lançada, recentemente, para ser aplicada ao substrato de concreto, sem o uso de maçarico, através de rolos de espuma, rolos de lã de carneiro, broxas ou sistema de pulverização com air-less, não sendo utilizado nenhum primer asfáltico.

Como as mantas asfálticas, existe a resina de poliuretano que necessita de proteção mecânica após a sua aplicação e a que não precisa de proteção mecânica após sua aplicação. Neste trabalho, para se fazer um comparativo real da aderência atingida entre os dois sistemas, foi utilizada a resina de poliuretano que precisa de proteção mecânica igual a manta asfáltica tradicional.

Antes da aplicação da resina de poliuretano é prudente realizar um hidrojateamento na superfície do concreto, para eliminar as impurezas presentes no substrato. Normalmente, após a aplicação da resina de poliuretano, é feita a aspersão de areia na resina para aumentar ainda mais a sua aderência ao substrato de concreto, já que precisa de proteção mecânica obviamente.

A escolha deste novo tipo de impermeabilização com a resina de poliuretano

Figura 3 – Manta asfáltica aplicada em marquise do Estádio Machadão com proteção mecânica



Figura 4 – Resina de Poliuretano aplicada em laje de cobertura de condomínio



Figura 5 – Resina de Poliuretano aplicada em varanda de condomínio



para estudo foi feita, principalmente, em virtude do ineditismo da pesquisa, além das vantagens proporcionadas pela sua aplicação: custo inferior aos outros sistemas de impermeabilização; a não aplicação de primer asfáltico; eliminação da execução da impermeabilização com maçaricos à quente; e, principalmente, a inexistência de emendas e transpasses em toda a sua aplicação, diminuindo, sobremaneira, o surgimento de patologias após sua aplicação (figuras 4 e 5).

### 3. Procedimento Experimental

O tipo de análise escolhida para aplicação foi o cintamento dos corpos-de-prova

Figura 6 – Ensaio de resistência à compressão em corpo-de-prova



Figura 7 – Visualização de esquema do ensaio de Sondagem acústica



cilíndricos com a manta asfáltica tradicional e com a resina de poliuretano.

A primeira metodologia a ser utilizada baseia-se no teste de sonoridade, que consiste em bater com um martelo de aço em toda extensão do sistema aplicado (manta tradicional e resina de poliuretano aderida ao concreto por confinamento) e, através de resposta sonora, identificar possíveis pontos em que a colagem não esteja adequada (figura 7).

A segunda metodologia utilizada foi o ensaio de compressão, consistindo em aplicar uma carga através da prensa hidráulica no corpo-de-prova impermeabilizado até o descolamento do mesmo (manta) ou fissuração e rompimento (resina). Os ensaios de resistência à compressão centrada seguiram a norma NBR-5739(1994) .

Tabela 1

F1=0,42 kg/f	t1=2,38 Mpa	d1=0,93 mm
F2=0,41 kg/f	t2=2,09 Mpa	d2=0,91 mm
F3=0,41 kg/f	t3=2,10 Mpa	d3=0,92 mm
F4=0,41 kg/f	t4=2,10 Mpa	d4=0,91 mm
F5=0,41 kg/f	t5=2,11 Mpa	d5=0,92 mm

Tabela 2

F1=0,45 kg/f	t1=2,29 Mpa	d1=1 mm
F2=0,44 kg/f	t2=2,29 Mpa	d2=0,99 mm
F3=0,46 kg/f	t3=2,34 Mpa	d3=1,02 mm
F4=0,45 kg/f	t4=2,31 Mpa	d4=1,01 mm
F5=0,45 kg/f	t5=2,32 Mpa	d5=1,01 mm

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

No total foram confeccionados 10 corpos-de-prova. As amostras dos corpos-de-prova utilizadas foram confeccionadas no seguinte traço:(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.

O confinamento de seções circulares com a manta e a resina exige, fundamentalmente, uma ligação íntima entre o elemento de concreto e a manta ou resina confinante, para que se tenha êxito na execução da impermeabilização estrutural, tendo sido este o motivo principal para a escolha deste tipo de aplicação, para se avaliar, posteriormente, a aderência manta/concreto e resina/concreto. Após a execução da aplicação da manta tradicional e da resina nos corpos-de-prova (cintamento), eles foram submetidos aos ensaios de sonoridade e de compressão, após suas curas (28 dias) (figura 6).

Vale salientar que a aplicação da impermeabilização nos corpos-de-prova foi acompanhada pelo fabricante da manta e da resina e por empresa especializada em impermeabilização de estruturas.

#### 4. Resultados

Nos ensaios de sondagem acústica, não foi observado presença de delaminações, nem falhas (bolhas de ar) em nenhum dos sistemas utilizados.

Nos ensaios de resistência à compressão, foram obtidos maiores valores de forças, tensões e deformações, ou seja, melhor aderência nas amostras da resina de poliuretano; enquanto as amostras da manta asfáltica tradicional obtiveram menores

valores de forças, tensões e deformações, comprovando a menor aderência manta /concreto.

Na manta asfáltica tradicional, foram obtidos os seguintes resultados (forças,tensões e deformações) no ensaio de resistência à compressão (tabela 1).

Na resina de poliuretano, foram obtidos os seguintes resultados (forças,tensões e deformações) no ensaio de resistência à compressão (tabela 2).

Verificou-se, então, em média, um incremento de tensão de aderência da resina de poliuretano em relação à manta asfáltica tradicional.

#### 5. Conclusão

Este trabalho atingiu plenamente os objetivos propostos em sua pesquisa, pois evidenciou com ensaios laboratoriais e aplicações in-loco, as principais vantagens do sistema moldado no local com as resinas de poliuretano, em relação ao sistema de impermeabilização tradicional com manta asfáltica. A importância maior destes resultados obtidos são, além da possibilidade de diminuir ou eliminar graves problemas de aplicação de sistemas impermeabilizantes tradicionais em estruturas, que são principalmente o descolamento da manta do concreto e a presença de emendas e transpasses, apresentar um aumento da tensão de aderência ao substrato de concreto obtida pela resina de poliuretano, propiciando ainda o futuro barateamento da aplicação dos sistemas impermeabilizantes. Resta ao meio acadêmico investir em pesquisas como esta realizada, com a análise das propriedades dos novos materiais existentes na área de impermeabilização, para a efetivação dos sistemas moldados no local na cadeia da construção civil, em detrimento aos sistemas tradicionais pré-fabricados, em virtude de suas vantagens técnicas e econômicas. ♦

# Passarela 277

## Premissas básicas... O início

A passarela elevada tem se constituído na melhor forma de travessia de rodovias ou grandes avenidas nas cidades brasileiras.

As passarelas inferiores ou subterrâneas, com raras exceções, têm sido menos utilizadas, sob diversas alegações como custos maiores e outras restrições, principalmente quanto aos aspectos de segurança, conforto e higiene, entre outros. As rampas muito longas muitas vezes têm sido evitadas pelos pedestres, provocando acidentes por atropelamento por travessia da pista sob as passarelas.

O projeto em questão trata-se de uma passarela de pedestre que interliga o parque Barigüi e a região do Ecovile, através da transposição da BR 277, até o estacionamento de um dos mais movimentados Shoppings de Curitiba. O parque Barigüi é o mais freqüentado da cidade, sendo considerado um dos seus símbolos, consistindo de uma

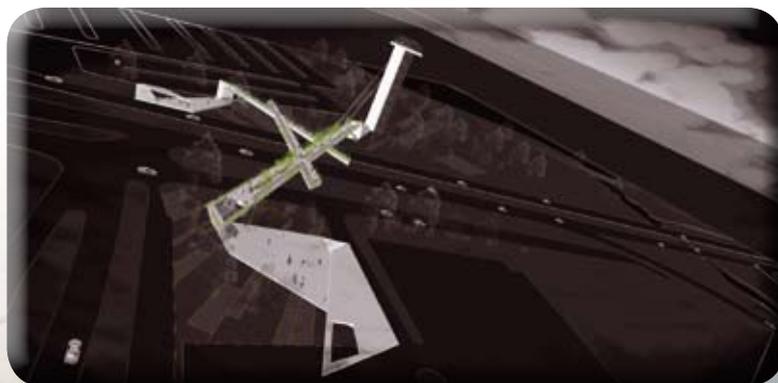


Figura 1: Implantação esquemática: transposição da BR 277 tendo ao fundo o Parque Barigüi

área de preservação ambiental importante com mata de araucárias exuberante.

## Programas complementares... Agregando valores

A localização da passarela entre dois dos pontos mais movimentados da cidade de Curitiba, aliada ao crescente fluxo de pedestres que deverão realizar a travessia da mesma, desnuda a possibilidade de criar funções complementares ao uso principal de transpor barreiras físicas, no caso a rodovia BR277. Com base nessas potencialidades e à partir do programa inicial sugerido, dois usos derivados foram propostos: uma praça de recepção com marquise, localizada na entrada do estacionamento do Shopping Barigüi, que constitui um espaço de apoio aos turistas que chegam tanto da rua quanto do shopping, destinada à exposições de arte e artesanato locais; e um mirante, localizado do lado do parque Barigüi, projetado acima da torre dos estais para tirar partido da exuberante vista do parque e seu entorno. Cada uso situa-se numa base da passarela; na terceira base, localizada também do lado



Figura 2: Perspectiva da Passarela

do parque Barigui, encontra-se um ponto de ônibus, remanejado de seu local atual que fica um pouco à frente.

### Conceito... A resposta

Representando a porta de entrada para a capital paranaense, a rodovia BR277, também conhecida como a Rodovia do Café, é a mais importante ligação de Curitiba com o interior do estado. Sendo assim, a passarela foi concebida com a pretensão de ser arquitetonicamente iconográfica e tornar-se efetivamente o portal de entrada da cidade de Curitiba. Optou-se, então, por uma urbanização que integrasse funcionalmente a passarela ao seu entorno e possibilitasse a implementação dos usos derivados propostos. Para realizar tal

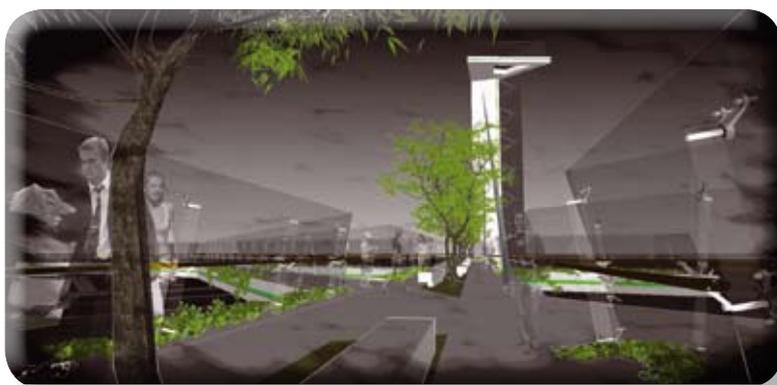


Figura 3: Parque linear

da cidade, assim como do parque. Para a sua proteção e conforto visual, optou-se por um guarda-corpo de vidro estruturado em "spider glass"; esta estratégia também permite que a noção de continuidade do concreto seja enfatizada.

A denominação de "capital ecológica" atribuída de modo recorrente à cidade de Curitiba reflete-se nas árvores localizadas no canteiro situado no meio do eixo principal da passarela; essas, ao lado da vegetação baixa que permeia todo o perímetro dos três eixos, criam uma espécie de parque linear e um interessante contraponto ao tom árido do concreto.

O paisagismo do entorno foi projetado radialmente sendo o centro focal a própria passarela; desse modo, pretende-se atrair o olhar do observador por meio da natureza.

### Estruturalmente falando...

Projetada em concreto protendido, a passarela atende aos requisitos técnicos de resistência estrutural e de execução, de forma a causar a menor perturbação possível no tráfego da rodovia. O gabarito de 5,50 metros de vão livre de altura obedece às normas brasileiras, permitindo o tráfego de veículos altos e caminhões. A passarela pode ser dividida em três partes distintas:

- ◆ 1 – A passarela principal, interligada o parque Barigui com o estacionamento do shopping. No esquema de cálculo, foi designada por passarela 1, podendo ser classificada como uma viga contínua engastada nas suas extremidades, sendo estaiada na torre do mirante,



Vista inferior a partir do espaço multi-uso

integração, idealizou-se uma estrutura de caráter visualmente monolítico, com a intenção de reforçar o conceito de pórtico, através de linhas contínuas, formadas por uma única casca branca de concreto; esta representa os três eixos de transposição e se dobram para formar as bases; estas, por sua vez, se dobram novamente para formar piso e cobertura da praça de chegada e do ponto de ônibus, bem como para formar a torre do mirante que, voltado para a rodovia, parece recepcionar os visitantes.

O acesso à passarela dá-se em seus três apoios por meio de escadas e plataformas elevatórias para deficientes. Ao chegar ao tabuleiro da passarela, o transeunte depara-se com a transição do urbano e a realidade do parque por meio dos jardins. Sua caminhada ao atravessá-la permite contemplação privilegiada



Figura 5: Vista lateral da passarela a partir da pista de rolamento

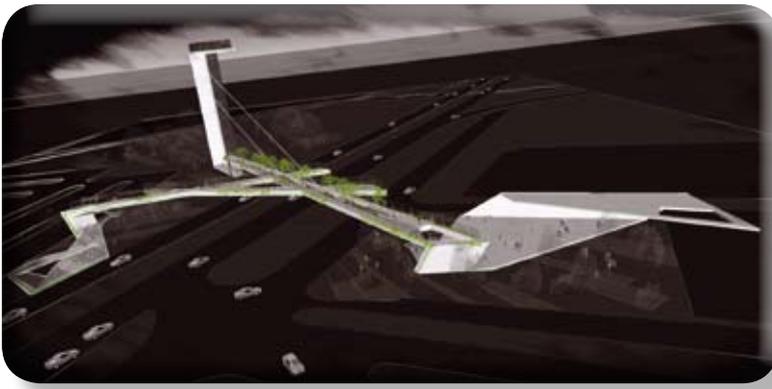


Figura 6: Perspectiva do parque linear

com os dois estais formando os apoios centrais;

- ◆ 2 – A passarela 2, engastada no pilar do abrigo de pedestre do ponto de ônibus e se estendendo até a parte central da passarela principal, apoiando na região estaiada; e
- ◆ 3 – Passarela 3, sendo uma viga bi-apoiada, com dois trechos em balanços nas extremidades. Tendo o seu eixo inclinado em relação aos eixos das outras duas passarelas.

Os pilares-paredes, engastados em suas bases, as disposições das passarelas com os seus estrados formando um triângulo, fornecem rigidez no plano horizontal suficiente para a resistência aos esforços horizontais, conferindo estabilidade ao conjunto.

A seção transversal é em caixão aberto na parte superior, formado por quatro vigas paralelas e interligadas por uma laje inferior,



Figura 8: Corte esquemático

formando três células independentes. O estrado é em placas de lajes pré-moldadas, facilitando o acesso para manutenções futuras, que possuem revestimento impermeabilizante, com declividade para o escoamento das águas pluviais. Algumas placas possuem furos formando grelhas para a captação de águas pluviais em caixas de

passagem que, juntamente com as tubulações e demais instalações, estão localizadas nas células vazias do caixão. A região central, entre as duas

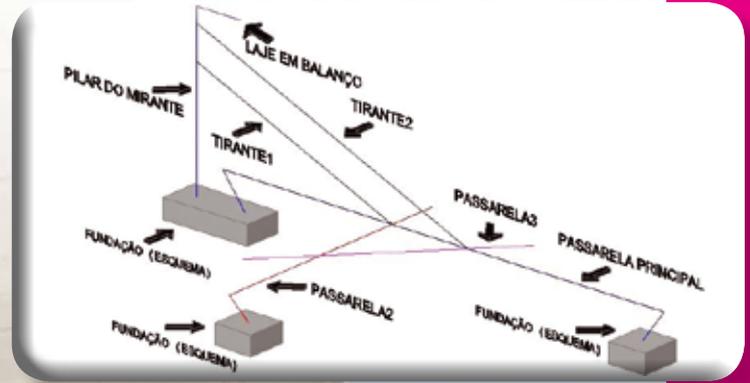


Figura 7: Esquema estrutural da passarela

vigas internas, é preenchida com terra e serve de canteiro para o plantio das espécies vegetais que compõe o mini-parque linear central da passarela.

Para formar os apoios centrais conferidos pelos estais, que se localizam no cruzamento das passarelas, optou-se pelo preenchimento das células nesses trechos, formando um caixão maciço para, dessa forma, enrijecendo a ligação, minimizar as tensões devido à excentricidade produzida pela presença de apenas um estai formando o apoio.

O conjunto arquitetônico que integra a passarela pode ser dividido em quatro estruturas: a passarela propriamente dita; a torre com o mirante; o abrigo do ponto de ônibus; e o espaço multiuso. A torre do mirante serve de elemento de apoio aos dois estais da passarela, das escadas auto-portantes e do elevador. O piso do mirante foi concebido em laje vazada com trechos de piso em vidro para proporcionar uma visão aérea também do entorno do pé da torre.

As lajes de cobertura são marquises com declividades para favorecer a drenagem, possuindo pingadeiras nas extremidades, e deverão ser adequadamente impermeabilizadas. Para complementar as prescrições normativas da NBR

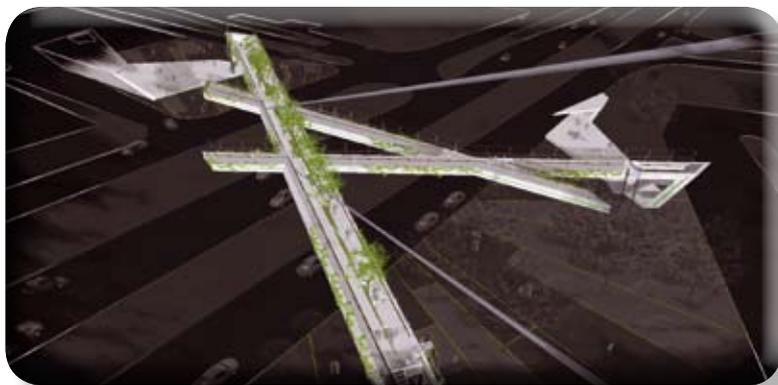


Figura 9: Vista a partir da torre do mirante

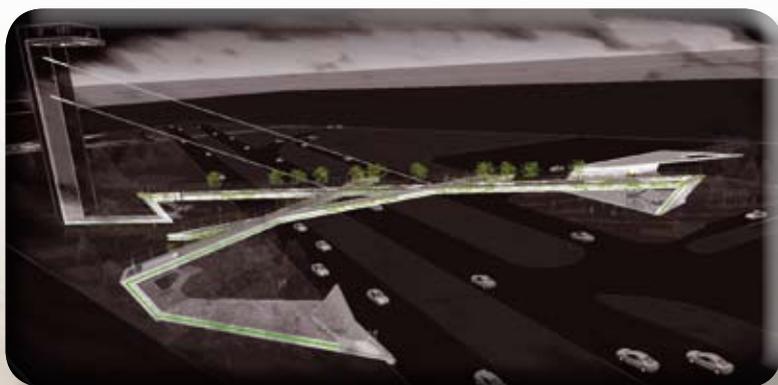


Figura 10: Vista noturna da passarela

6118/2003 quanto à durabilidade, foram admitidas para a região a classe de agressividade ambiental II, sendo especificado concreto com as seguintes características: resistência característica  $F_{ck}=50$  MPa; fator água/cimento=0,45; cobrimento >35 mm; abertura máxima de fissuras: 0,2 mm; consumo mínimo de cimento por  $m^3$  de concreto de 300  $kg/m^3$ ; aditivos sem cloretos. ♦

### Equipe 3ª Colocada

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL

- Adan Davi Baccin
- Gabriel de Lima Gonçalves
- Rodrigo Anderson Makert
- Erick Capeletti Carboné

#### ORIENTADORES

Ricardo Nakao e  
Sandra Regina Bertocini



# PROGRAMA MASTER EM PRODUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO



## “PAVIMENTOS DE CONCRETOS” • Dezembro, 10, 2009

Escola Politécnica da USP – Edifício de Engenharia de Minas e de Petróleo  
Av. Prof. Mello Moraes, nº 2373 – Cidade Universitária – Campus Armando de Salles Oliveira – CEP 05508-900 – São Paulo-SP

#### OBJETIVO

Apresentar e discutir conceitos gerais sobre tecnologia de projeto, execução, materiais, inspeção, avaliação e reparos de pavimentos de concreto. O curso busca enfatizar o caráter multidisciplinar da área com a apresentação e discussão de diversos casos práticos, mostrando aos participantes as técnicas mais adequadas para a execução e a manutenção de pavimentos de concreto.

#### PROFESSORES

Eng. José Tadeu Balbo - Engenheiro Civil, Mestre e Doutor em Engenharia Civil/EPUSP. Livre Docente EPUSP – Projeto e Construção de Pavimentos. Coordenador Curso de Engenharia Civil. Membro do

Comitê de Pavimentos de Concreto do Transportation Research Board (NAS). Diretor da International Society for Concrete Pavements. Coordenador Comitê Técnico Pavimentos de Concreto do IBRACON. Eng. Rodrigo Lamarca - Engenheiro Civil formado pela Escola Politécnica da USP, com grande experiência em tecnologia de concreto e controle tecnológico, tendo trabalhado em obras de grande volume de concreto, como Barragens. Hoje é o gerente regional de vendas - Infraestrutura da GRACE BRASIL LTDA.

#### CARGA HORÁRIA

8 horas (8 Créditos no Programa MasterPEC).

#### PERÍODO

**Manhã:** 8h00 - 10h00

**Coffee Break:** 10h00 - 10h30  
10h30 - 12h00

**Almoço:** 12h00 - 14h00

**Tarde:** 14h00 - 16h00

**Coffee Break:** 16h00 - 16h30  
16h30 - 18h00

#### INVESTIMENTO

Até 07/12/2009

**Sócios do IBRACON** R\$ 150,00

**Não-Sócios** R\$ 200,00

As inscrições serão feitas pelo IBRACON • [www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br)  
EDUCAÇÃO CONTINUADA CURSOS

Fone: (11) 3735-0202 / Fax: (11) 3733-2190 – [office@ibracon.org.br](mailto:office@ibracon.org.br)

# Responsabilidade ambiental dos engenheiros e arquitetos

Rone Antônio de Azevedo • Engenheiro Civil  
Caixa Econômica Federal

A superfície da Terra foi alterada pela exploração de jazidas minerais, construção de gigantescas obras para aproveitamento dos recursos hídricos, estradas intercontinentais, criação e expansão das cidades. A Engenharia e Arquitetura contribuem para essa grande transformação do meio ambiente.

No Brasil, grandes projetos como a hidrelétrica de Itaipu (1975-1982), a rodovia Transamazônica (1970-1972), as usinas nucleares Angra I e II (1974-2000) teriam, atualmente, enorme dificuldade de licenciamento ambiental. Provavelmente, esses empreendimentos não seriam construídos ou sofreriam inúmeras modificações para reduzir os enormes impactos ambientais gerados. A visão de sustentabilidade da geração de engenheiros e arquitetos que participaram nessas obras estava subordinada ao crescimento do Brasil.

A barragem de concreto de Itaipu, com 196 m de altura, formou lago que submergiu definitivamente o Salto de Sete Quedas, em Guaíra, no Paraná, a maior cachoeira em volume de água do mundo. O Rio Paraná é importante ecossistema fluvial com 3 mil quilômetros de extensão, permitindo a integração territorial através da navegação. No entanto, as eclusas para transposição de nível em Itaipu não foram construídas 27 anos depois de sua inauguração em 1982.

A Transamazônica ou rodovia BR-230 induziu à ocupação da região Amazônica, com desmatamento de grandes áreas ao largo de sua diretriz. Os impactos desse empreendimento foram gigantescos. Inicialmente, foi planejada para unir o Brasil de leste a oeste, com saída para o Oceano Pacífico. Totaliza mais de 4.500 quilômetros, sendo 2.300 quilômetros de estrada na floresta.

O traçado interliga João Pessoa e Recife em Picos, no Piauí, até Boqueirão da Esperança no Acre, na fronteira com o Peru. A Transamazônica alcançou 2500 quilômetros, pouco mais de metade do pre-



Foto 1 – Vertedores abertos em Itaipu, Foz do Iguaçu, fronteira Brasil-Paraguai

visto. Ainda falta asfaltar cerca de 1300 km de chão batido, intransitáveis na época das chuvas.

As duas usinas nucleares construídas em Angra dos Reis são monumentos de concreto especial erguidos em área de preservação no Rio de Janeiro. Os custos de construção e de operação excederam várias vezes o orçamento inicial. Não há aterro licenciado no Brasil para descarte de resíduos nucleares das usinas. Mesmo assim, o governo brasileiro planeja construir Angra III e im-



Foto 2 – Traçado da Rodovia Transamazônica (DNIT, 2009)

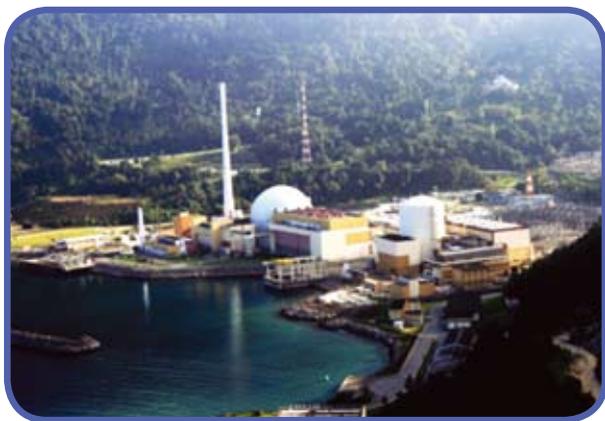


Foto 3 – Centrais Nucleares Angra I e II, Angra dos Reis, Rio de Janeiro (Eletrobrás, 2009)

plantar novas centrais nucleares nos próximos anos.

Energia nuclear possui elevado custo de geração e demanda solução especial de armazenamento e reciclagem dos resíduos radioativos. Exige maior segurança diante do risco de acidentes nucleares. Comparativamente, há 30 anos, os Estados Unidos pararam de construir centrais nucleares. Na Europa, Alemanha, Dinamarca, Suécia e Noruega aumentaram o investimento em fontes renováveis de energia, especialmente a eólica e solar.

### Desenvolvimento Sustentável

Desenvolvimento sustentável visa ao atendimento das necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprirem suas próprias necessidades. Foi originalmente introduzido no Relatório Brundtland, conhecido como *Nosso Futuro Comum*, publicado pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 1987. A Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento da ONU, coordenada pela primeira-ministra norueguesa Gro Harlem Brundtland, elaborou esse princípio ambiental.

Na Conferência Rio 92, realizada pela ONU no Rio de Janeiro em 1992, foi aprovada a *Agenda 21*, documento de referência para o desenvolvimento sustentável de todos os países. A *Agenda 21 Brasileira* tem como eixo central a sustentabilidade, compatibilizando a conservação ambiental, a justiça social e o crescimento econômico. O documento resultou de consulta à população brasileira, construída a partir das diretrizes da Agenda 21 global (MILARÉ, 2009).

A elaboração da *Agenda 21 Brasileira* ocorreu entre 1996 a 2002, sob coordenação da Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional – CPDS. Houve participação de cerca de 40 mil pessoas em todo o Brasil. A partir de 2003, a implementação da

*Agenda 21 Brasileira* foi assistida pela CPDS, sendo elevada à condição de Programa do Plano Plurianual (PPA) 2004-2007, pelo atual governo.

Na condição de programa, ela adquire mais força política e institucional, alinhada com as diretrizes da política ambiental do Governo – transversalidade, desenvolvimento sustentável, fortalecimento do Sistema Nacional de Meio Ambiente (Sisnama), participação social – adotando referenciais importantes, como a Carta da Terra. A *Agenda 21* tornou-se eficiente guia para a sociedade na formação de políticas públicas no Brasil.

### Licenciamento Ambiental

Apesar dos benefícios econômicos e progressos tecnológicos, a gestão ambiental deve prever medidas sustentáveis para redução e compensação dos impactos ambientais. A Construção Civil é responsável por grande consumo de matérias e energia, emissão de poluentes e geração de resíduos sólidos. Várias tipologias de construções necessitam de licenciamento ambiental.

O compromisso social do empreendedor, assumindo responsabilidades para com a qualidade e sustentabilidade do meio ambiente no local de implantação do empreendimento, é materializado sob a forma do licenciamento ambiental.

O processo de licenciamento ambiental está previsto na Resolução nº 237/1997 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), sendo aplicável em vários empreendimentos: barragens, obras de arte, serviços públicos de saneamento, geração e transmissão de energia elétrica, rodovias, ferrovias, hidrovias, metropolitanos, portos e aeroportos, armazenagem e movimento de cargas perigosas, resíduos sólidos urbanos.

Na Resolução nº 237/1997, o licenciamento ambiental é definido da seguinte forma:

**Art 1º** – [...] procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as **disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso.** (BRASIL, Res. CONAMA nº 237, 1997, **negrito nosso**)

A competência para o licenciamento ambiental é atribuída ao Poder Executivo nos níveis federal, estadual e municipal, dependendo, respectivamente, da abrangência dos impactos

Quadro 1 – Licenças Ambientais previstas na Resolução CONAMA nº 237/1997

LICENÇAS	DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS	VALIDADE
Licença Prévía (LP)	Concedida no planejamento do empreendimento ou atividade aprovando a localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes nas próximas fases.	Até 5 anos
Licença de Instalação (LI)	Autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes. No projeto, o empreendedor deve especificar o tipo e a quantidade de poluição gerada.	Até 6 anos
Licença de Operação (LO)	Autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes estabelecidos para a operação.	Mínimo de 4 anos e máximo de 10 anos

ambientais – nacional, regional ou local – e legislação específica.

A licença ambiental emitida pelo órgão competente estabelece as condições, restrições e medidas de controle ambiental obrigatórias para o empreendedor, pessoa física ou jurídica, para localizar, instalar, ampliar e operar empreendimentos ou atividades previstas no Anexo 1 da Resolução nº 237/1997.

Há várias licenças ambientais, acompanhando as quatro fases de projeto – o Pré-Projeto, o Projeto, a Construção/ Instalação e a Operação/ Funcionamento (veja o Quadro 1).

A Resolução nº 237/1997 também prevê a Licença Simplificada (LS), concedida para localização, implantação e operação de empreendimentos e atividades de pequeno porte.

Com a LI, o empreendedor está legalmente apto a dar início à implantação, construção, reforma ou ampliação do empreendimento. Tão logo emitida a LI, o empreendedor deve efetuar o pedido da LO. Nessa última fase, deverão ser atendidas as exigências da LP e da LI. Execução de obras de infraestrutura, alterações em projetos, adequação de equipamentos e sistemas de tratamento, são exemplos de medidas a serem adotadas.

Concluídas as obras e a instalação de equipamentos adequados às exigências da LI, o controle de poluição será assegurado através de inspeção e avaliação técnica pelos técnicos do órgão ambiental. Quando os requisitos legais e técnicos forem atendidos, será então fornecida a LO.

Na impossibilidade de avaliação do controle sem o funcionamento do empreendimento é fornecida a LO provisoriamente. O empreendimento entra em operação dessa forma. Confirmada a eficácia do controle através de avaliação, será concedida a LO.

As licenças ambientais podem ser expe-

didadas isolada ou sucessivamente, de acordo com a natureza, características e fase do empreendimento ou atividade. O CONAMA definirá, quando necessário, licenças ambientais específicas, observadas a natureza, características e peculiaridades da atividade ou empreendimento.

### Responsabilidade Ambiental

Gradualmente, marcos legais ambientais foram instituídos e implementados por governos visando a reduzir e/ou controlar de forma eficaz o impacto das construções. A legislação impõe restrições a serem obedecidas pelos profissionais de Engenharia e Arquitetura envolvidos nas atividades da cadeia produtiva do setor da Construção Civil.

A Resolução Confea nº 1002/2002 estabelece o Código de Ética para o exercício da Engenharia e Arquitetura no Brasil. Entre os princípios éticos desse código destaca-se o Princípio VI no qual a intervenção profissional sobre os ambientes natural e construído deve promover o desenvolvimento sustentável, em harmonia com a Agenda 21.

Dano ambiental afeta a qualidade de vida e o patrimônio natural das gerações atual e futuras, sendo passível de responsabilização.

A responsabilidade por danos ao meio ambiente está estabelecida no sistema jurídico brasileiro, tratada em capítulo específico da Constituição Federal, Capítulo VI do Título VII (Da ordem social), conforme o art. 225, § 3º:

**Art. 225, § 3º** – *As condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas e jurídicas, a sanções penais e administrativas,*

*independentemente da obrigação de reparar os danos. (BRASIL, Constituição Federal, 1998, negrito nosso).*

A legislação ambiental brasileira adota a responsabilidade objetiva ao invés da subjetiva, sendo a última baseada na culpa. A responsabilidade objetiva independe da existência de culpa, basta o nexo de causalidade. A responsabilidade subjetiva exige a prova da culpa.

Conforme o art. 14 da Lei nº 6.938/1981 sobre a Política Nacional do Meio Ambiente:

**Art. 14, § 1º** – *Sem obstar a aplicação das penalidades previstas neste artigo, é o poluidor obrigado, independentemente de existência de culpa, a indenizar ou reparar os danos causados ao meio ambiente e a terceiros, afetados por sua atividade. [...] (BRASIL, Lei nº 6.938, 1981).*

O art. 14 também estabelece que o Ministério Público da União e dos Estados possui a atribuição de propor ação civil pública contra pessoas físicas e jurídicas envolvidas em crimes ambientais.

O Código Civil em vigor desde 2002 estabelece a responsabilidade civil em função do risco da atividade, conforme o artigo 927:

**Art. 927** – *Aquele que, por ato ilícito (arts. 186 e 187), causar dano a outrem fica obrigado a repará-lo.*

*Parágrafo único. Haverá obrigação de reparar o dano, independentemente de culpa, nos casos especificados em lei, ou quando a atividade normalmente desenvolvida pelo autor implicar, por sua natureza, risco para os direitos de outrem. (BRASIL, Código Civil, 2002, negrito nosso).*

Antunes (2009) observa que a responsabilidade ambiental incorpora novas interpretações inteiramente diferentes da responsabilidade em geral, objetiva e subjetiva. A responsabilidade ambiental caracteriza-se por incidir sobre quem tiver maior capacidade de suportar os danos decorrentes da ação prejudicial ao meio ambiente.

Em 1998, foi aprovada a Lei nº 9.605, Lei

dos Crimes Ambientais, consolidando a esparsa legislação ambiental no Brasil com o objetivo de imputar sanções penais e administrativas às atividades lesivas ao meio ambiente. É importante ressaltar que crime ambiental nunca prescreve, implicando em arrolar herdeiros genéticos ou solidários aos responsáveis pelo dano ambiental.

Existe a possibilidade de ação retroativa para toda a cadeia de arrolados, incluindo profissionais responsáveis por projeto, execução e fiscalização de empreendimentos nos quais houve dano ao meio ambiente. A Lei nº 9.605/1998 também inverte o ônus da prova, passando o acusado a ser responsável pela mesma. É considerada uma das leis mais rigorosas no atual sistema legal brasileiro.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou a norma NBR 10004/1987 classificando os resíduos sólidos em três categorias conforme sua periculosidade – ver Quadro 2.

Freitas (2001) destaca a importância da abordagem ambiental integrada para os resíduos sólidos da Construção Civil, prevendo:

- ◆ Redução da geração dos resíduos para diminuir seu volume e atenuar sua periculosidade.
- ◆ Reutilização do resíduo sólido *in natura* ou reciclado.
- ◆ Separação dos resíduos, conforme a NBR 10004/1987 e destinação adequada (Quadro 2).
- ◆ Utilização compatível da área do bota-fora, caso seja de responsabilidade do empreendedor, interna ou externa ao empreendimento.

A geração de resíduos sólidos deve ser controlada na construção, reformas, reparos, demolições de estruturas e estradas, remoção de vegetação e escavação do solo.

A Resolução CONAMA nº 307/2002 instituiu a gestão de resíduos sólidos na Construção Civil, prevendo sua gestão integrada por parte dos municípios. O art. 8º desse dispositivo aborda o Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) para empreendimentos

Quadro 2 – Classificação dos resíduos sólidos quanto à periculosidade, NBR 10004/1987

CATEGORIAS	CARACTERÍSTICAS	DESTINO
Classe I	Risco à saúde pública ou ao meio ambiente, caracterizando-se por possuir uma ou mais das seguintes propriedades: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.	Aterro de resíduos industriais perigosos
Classe II ou III.	Podem ter propriedades como combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade, porém, não se enquadram como resíduo classe I	Aterros sanitários
Classe III	Não tem constituinte algum solubilizado em concentração superior ao padrão de potabilidade da água.	Aterros de resíduos inertes

e atividades sujeitos ao licenciamento ambiental, junto ao órgão ambiental competente. O PGRCC deverá contemplar as etapas de triagem, acondicionamento, transporte e destinação dos resíduos sólidos.

Além dos instrumentos legais, construtoras e incorporadoras podem implantar o Sistema de Gestão Ambiental (SGA), permitindo maior controle sobre os aspectos ambientais de cada empreendimento. A norma ABNT NBR ISO 14001 apresenta as especificações e diretrizes para adoção dos SGAs. Freitas (2001) cita os principais benefícios do SGA certificado pela NBR ISO 14001 para empreendimentos habitacionais:

- ◆ Gestão ambiental demonstrável.
- ◆ Boas relações com vizinhos ao empreendimento.
- ◆ Seguro de danos físicos com menor custo.
- ◆ Valorização do imóvel.
- ◆ Facilidade de venda dos imóveis.
- ◆ Aprimora o controle de despesas comuns.
- ◆ Reduz a ocorrência de incidentes que impliquem em responsabilidade civil.

### Compromisso ambiental dos profissionais

A responsabilidade ambiental é inerente a qualquer intervenção sobre o meio natural ou artificial, considerando o consumo de materiais, energia, emissão de poluentes e geração de resíduos.



Foto 4 – Salto de Sete Quedas em Guaíra, a 150 km de Itaipu, patrimônio ambiental comprometido (Planeta Sustentável, 2009)

Além de proverem às necessidades da sociedade quanto à habitação, energia, saneamento, transportes, engenheiros e arquitetos precisam considerar o impacto ambiental de suas atividades.

É cada vez mais importante especificar materiais e procedimentos técnicos com menor impacto ambiental, considerando a gestão de resíduos sólidos e a durabilidade das construções.

Portanto, a atuação dos engenheiros e arquitetos deve ser revestida de cuidados técnicos e legais, ponderando sempre os riscos e a possibilidade de responsabilização. Cada geração desses profissionais tem o dever de aprender com os erros das gerações anteriores, aprimorando a técnica com ênfase à sustentabilidade ambiental.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [01] ANTUNES, Paulo de Bessa. Direito Ambiental. 12a. ed. Rio de Janeiro: Editora Lúmen Júris, 2009.
- [02] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 10004: resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.
- [03] \_\_\_\_\_. NBR ISO 14001: Sistemas de gestão ambiental: especificações e diretrizes para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- [04] BRASIL. Constituição Federal da República Federativa do Brasil de 1998.
- [05] \_\_\_\_\_. Lei nº 9.605, de 10 de janeiro de 2002. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.
- [06] \_\_\_\_\_. Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.
- [07] \_\_\_\_\_. Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002. Institui o Código Civil.
- [08] CONFEA. 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. Brasília: Confea, 2002.
- [09] CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (BRASIL). Resolução nº 237 de 19 de dezembro de 1997. Revisa procedimentos e critérios utilizados no licenciamento ambiental, de forma a incorporar ao sistema de licenciamento os instrumentos de gestão ambiental e a integrar a atuação dos órgãos do SISNAMA na execução da Política Nacional do Meio Ambiente. Brasília: CONAMA, 1997.
- [10] \_\_\_\_\_. Resolução nº 307 de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília: CONAMA, 2002.
- [11] FREITAS, Carlos Geraldo Luiz de (coordenador). Habitação em meio ambiente – Abordagem integrada em empreendimentos de interesse social. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, 2001.
- [12] MILARÉ, Édís. Direito do ambiente: a gestão ambiental em foco: doutrina, jurisprudência e glossário. 6a. ed. Ver., atual. e ampl. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2009. ◆

**51**<sup>o</sup>  
**CONGRESSO  
BRASILEIRO  
DO CONCRETO  
IBRACON 2009**

## Seminário de Sustentabilidade aponta os caminhos para o Desenvolvimento Sustentável na Construção Civil

FÁBIO LUÍS PEDROSO



Professor Haroldo Mattos de Lemos durante sua palestra no Seminário de Sustentabilidade, realizado no 51º Congresso Brasileiro do Concreto

**Nos** últimos 100 anos a população humana passou de 1,5 para seis bilhões de pessoas e a economia, acompanhando esse aumento, foi multiplicada por 10, entre 1950 e 2000. Como consequência, hoje em dia, os pesqueiros mundiais estão sobre-explorados, as concentrações dos gases do efeito estufa tem aumentado continuamente e 40% das reservas conhecidas de petróleo estão

exauridas. Os dados estão no relatório "Global Change and the Earth System – a planet under pressure", lançado, em 2004, pelo International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP), um programa mundial de pesquisa científica sobre os fenômenos de mudança global.

De acordo com outro relatório (Planeta Vivo 2008, da WWF), a humanidade consome atualmente 30% mais recursos naturais do que



Professor Vanderley John abordando a sustentabilidade na construção civil

o planeta é capaz de repor. O uso intensivo de água deve levar ao esgotamento desse valioso recurso em algumas regiões. A conclusão, trazida pelo presidente do Instituto Brasil para o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), Haroldo Mattos de Lemos, no Seminário de Sustentabilidade na Construção Civil, promovido pelo Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON) em seu 51º Congresso Brasileiro do Concreto, foi de que “a exploração dos recursos naturais é tão intensa que não podemos mais fingir que vivemos em um ecossistema ilimitado”.

A questão central que permeou o Seminário de Sustentabilidade foi que é preciso dar-se conta de que uma economia que busca um crescimento infinito, tendo como contrapartida recursos naturais limitados, é insustentável.

Em outro estudo, agora do World Resources Institute (WRI), entidade científica que objetiva encontrar soluções práticas para preservar a Terra, apresentado pelo professor do Laboratório de Microestrutura de Materiais da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), Vanderley John, o consumo mundial médio anual de recursos naturais não-renováveis no mundo industrializado é de 10 toneladas por habitante. Se considerados apenas os países desenvolvidos, esse consumo pula para 45 a 85 toneladas por habitante.

Mas, a crise de sustentabilidade não se esgota com o consumo desenfreado por recursos naturais não-renováveis. A atividade

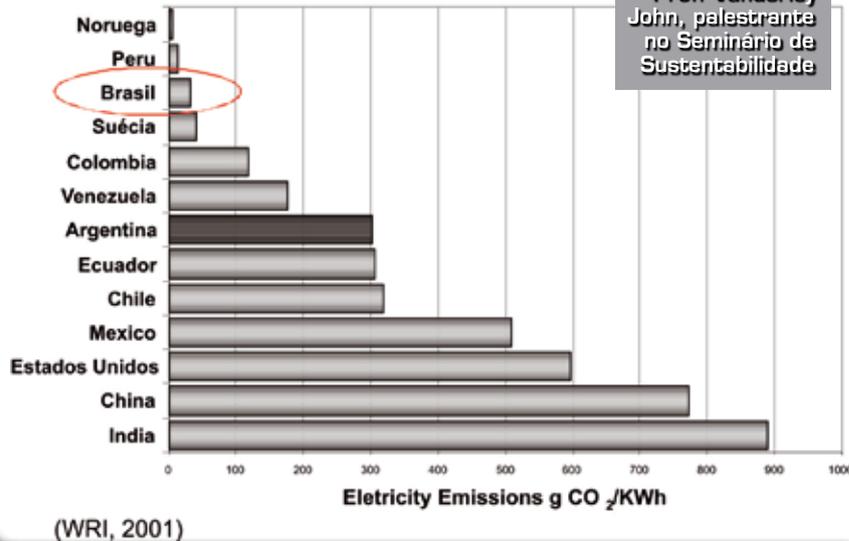
produtiva humana é essencialmente emissora de gás carbônico (CO<sub>2</sub>). Essa emissão está presente na queima de combustíveis, promovida pelas máquinas industriais e pelos veículos em geral, nas queimadas para o plantio e para a criação de animais e, particularmente, na indústria da construção civil, na queima do calcário para a produção de cimento, dentre outras atividades. Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), criado pela World Meteorological Organization (WMO) e pela United Nations Environment Program (UNEP), essa elevação da concentração de CO<sub>2</sub> (que passou, a partir de 1800, de um valor em torno de 280 para um pico atual de 360 partes por milhão) tem como consequência a elevação média das temperaturas da Terra. Que, por sua vez, tem implicado o derretimento das geleiras e o aumento do nível do mar; as chuvas torrenciais frequentes em algumas regiões e as secas prolongadas em outras; as mudanças no regime dos ventos, levando ao aumento das ocorrências de furações (inclusive, no ano passado, foi observado o primeiro furacão na América do Sul).

“Sem dúvida que tornados, vendavais e tempestades fora do comum afetam a infraestrutura e interferem nas cadeias produtivas”, ressaltou a consultora socioambiental, que foi coordenadora do Grupo de Trabalho “Tratado da Educação Ambiental para Sociedades Sustentáveis e Responsabilidade Global”, Moema Viezzer, mostrando que as mudanças climáticas e da biosfera é de interesse de todos, inclusive do setor produtivo, para emendar: “As empresas estão começando a perceber sua parte de responsabilidade na busca da sustentabilidade”.

A atividade produtiva humana é também geradora de resíduos, que degradam o meio ambiente, poluindo solo, água e ar. O ciclo produtivo relativo ao fluxo de materiais característico das atividades econômicas correntes é aberto, ou seja, na produção de bens e serviços demanda-se muitos recursos naturais, ao mesmo tempo que a produção e o descarte do produto, ao final de seu ciclo de vida, produz lixo. “Produzimos aproximadamente cinco vezes mais resíduos do que produtos e a geração anual de resíduos na construção é de aproximadamente 500kg por habitante, superior ao lixo urbano”, ilustrou estatisticamente John.

De um modo geral, a construção civil é um setor grande consumidor de recursos naturais. Segundo Vanderley John, esse consumo pode ser de até 75% dos recursos consumidos

## CO<sub>2</sub> e Electricidade (2001)



anualmente, seja, por exemplo, na extração de madeira, para a construção de telhados, formas e esquadrias, seja na extração de areia e brita, para a construção de obras de concreto. Além disso, ainda segundo dados trazidos pelo pesquisador, os edifícios usam aproximadamente 21% das águas disponíveis, que perfazem apenas pouco mais de 0,7% das águas do planeta (águas de rios e de lençóis freáticos); e aproximadamente 45% da energia elétrica produzida, cujo impacto ambiental depende da forma de geração. Por usar predominantemente energia hidrelétrica, o Brasil está entre os países que menos emite CO<sub>2</sub> na produção de eletricidade.

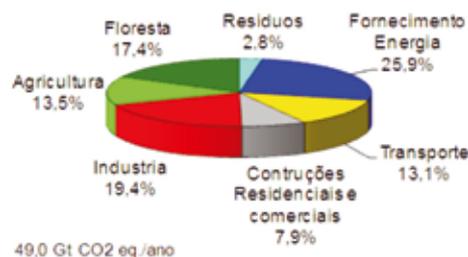
“No Brasil, devido à matriz energética, emite-se mais CO<sub>2</sub> durante a obra do que durante sua vida útil”, demarcou o vice-presidente do CBIC, instituição representativa de 62 entidades empresariais da indústria da construção e do mercado imobiliário, José Carlos Martins, citando como principais fontes emissoras o cimento, o aço, a cerâmica, o vidro, o alumínio e o transporte de brita e areia.

### Desenvolvimento Sustentável

Sendo o desenvolvimento sustentável aquele que atende as necessidades do presente, em termos de comércio justo e de trabalho digno, com justiça social, sem comprometer as possibilidades das gerações futuras em atenderem suas necessidades, definição que consta no Relatório Brundtland “Nosso futuro comum”, de 1987, elaborado pela Comissão sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, sob coordenação da então Primeira-Ministra da Noruega, os três grandes desafios para que a hu-

## Emissões Mundiais - 2004

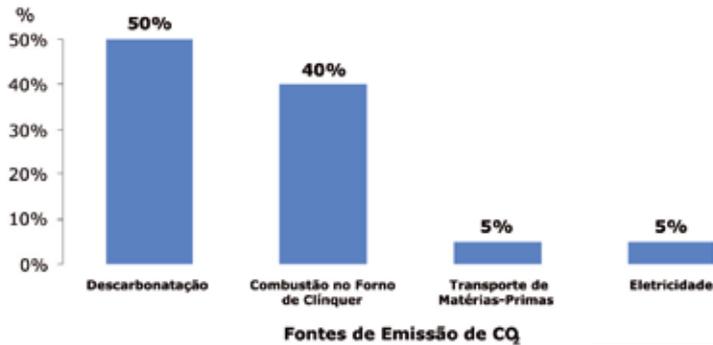
### Emissões Globais de origem antropogênica de Gases de efeito estufa (2004)



Slide da palestra de Edivaldo Rabello, representante da Votorantim no Seminário de Sustentabilidade

- 5% das emissões de CO<sub>2</sub> provem da indústria de cimento

## Emissões de CO<sub>2</sub> – Processo de Produção de Cimento



Fonte: (Battelle 2002).



Slide da apresentação de Rabello

provocadas pelo grande desnível existente entre a renda dos países ricos e dos países pobres". E as conseqüências dessas convulsões são tão piores quanto as convulsões previstas na biosfera, se nada for feito.

Nas palavras do Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável, o desenvolvimento sustentável será alcançado pela oferta de produtos e

manidade atinja esse desenvolvimento são:

- 1 – Respeitar os limites físicos da biosfera de modo a se garantir a disponibilidade de recursos naturais:
  - a) Quanto aos recursos renováveis, é preciso respeitar sua velocidade de renovação, que pode ser ajudada artificialmente, como no caso da plantação de florestas de crescimento rápido.
  - b) Quanto aos recursos não renováveis, sua utilização deve ter em vista o racionamento para sua substituição completa a tempo no futuro, como é o caso do uso do petróleo
- 2 – Não ultrapassar os limites da biosfera para assimilar resíduos e poluição: Nesse caso, a expansão exponencial da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera precisa ser freada e invertida, razão da vigência do Protocolo de Kyoto e da 15ª Conferência do Clima, programada para acontecer em dezembro em Copenhague, na Dinamarca.
- 3 – Reduzir a pobreza no mundo: a desigualdade de renda é atualmente de 20 para 1 entre os países desenvolvidos e em desenvolvimento, o que, sem dúvida, não caracteriza a justiça social preconizada para o desenvolvimento sustentável.

O III Relatório do Clube de Roma, de 1976, já alertava que "muito antes de esgotarmos os limites físicos do nosso planeta, ocorrerão graves convulsões sociais

serviços a preços competitivos, que satisfaçam as necessidades humanas, melhorem a qualidade de vida e, ao mesmo tempo, reduzam progressivamente os impactos ambientais e a intensidade no uso dos recursos, para um nível compatível com a capacidade de suporte da Terra.

Na visão do professor do Departamento de Design da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Aguinaldo dos Santos, esse processo de transição para uma economia sustentável passa por níveis de amadurecimento. Ele expôs os



Professora Angela Borges Masuero, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em sua palestra "A visão socioambiental da sustentabilidade do concreto"

Professor Aguinaldo dos Santos em sua palestra no Seminário



cinco níveis que a economia deve passar para chegar ao desenvolvimento sustentável. Primeiramente, ocorre a melhora nos fluxos da cadeia produtiva em termos de minimizar seu impacto ambiental. São melhorias nos processos de produção, tornando-o mais limpo e mais eficiente energeticamente. Em seguida, são tomadas, progressivamente medidas, tais como:

- ◆ O redesign de produtos existentes, para que incorporem recursos naturais de baixo impacto, para que estendam sua vida útil e para que sejam reaproveitados no final de seu ciclo de vida;
- ◆ O design de novas soluções sustentáveis, em termos de melhorias no projeto e desenvolvimento de produtos, como, por exemplo, tornando seu ciclo de vida fechado: o produto tem vida útil mais longo e, no momento de seu descarte, seus materiais são aproveitados em outros processos produtivos, seja como matérias-primas, seja como fontes de energia;
- ◆ O design de sistemas integrados de produtos e serviços, por meio do qual:
  - Na dimensão econômica, busca-se a promoção dos negócios locais, das organizações em rede, da reintegração de resíduos, dos recursos e da cultura locais;
  - Na dimensão ambiental, busca-se a minimização no uso de recursos, a escolha de recursos de baixo impacto,

- a otimização da vida dos produtos e a facilidade de desmontagem;
- Na dimensão social, promove-se a coesão social, as boas condições de trabalho e emprego, a integração do fraco e marginalizado, a educação para a sustentabilidade e a equidade entre os acionistas.

Por fim, o último nível nesse processo é o que se refere às mudanças de estilos de vida para um consumo suficiente e sustentável. Nas palavras de Santos, “o rico precisa diminuir seus direitos humanos, enquanto o pobre precisa aumentá-los”.

Com ele pareceu concordar o professor John para quem a degradação do planeta é feita por 55% da população mundial, já que 45% vivem abaixo da linha de pobreza, com menos de dois dólares por dia. Por isso, segundo Mattos, as empresas perceberam que, além de seu papel importante na geração de empregos, pagamento de impostos e na produção de bens e serviços para a sociedade, delas está sendo requerido programas de ações junto às comunidades onde estão instaladas, o que é chamado de responsabilidade social. Cada vez mais as empresas percebem que isso é bom para os negócios. Melhora o relacionamento com os empregados e os fornecedores”, citou Mattos um trecho de uma pesquisa do Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (IPEA), de 2000.

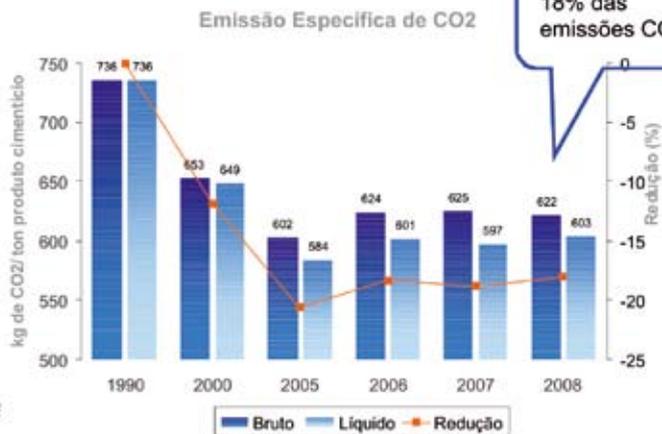
Para ele, as empresas que optaram pelo caminho da sustentabilidade colhem benefícios tanto tangíveis, como a redução de custos, a melhoria da produtividade e o acesso a mercado e capitais, quanto intangíveis, como a valorização da imagem institucional, a maior lealdade do consumidor, a maior capacidade de atrair e manter talentos e a longevidade.

### Construção civil e o desenvolvimento sustentável

O setor de construção civil apresentou no Seminário um conjunto diversificado de ações que as empresas estão tomando para se chegar ao desenvolvimento sustentável.

A indústria cimenteira falou de seu programa mundial – a Iniciativa de Sustentabilidade do Cimento (CSI) – no âmbito do qual seis grandes companhias mundiais – Votorantim, Camargo Correa Cimentos, Cimentos Liz, Cimpor, Holcim e Lafarge – estão comprometidas com o seu inventário de emissões de gases do efeito estufa (principalmente, CO<sub>2</sub>) e com

## Inventário de Emissões de Carbono da VC



Slide da apresentação de Rabello



metas de reduções de CO<sub>2</sub> para os próximos anos, dentre outras ações, tais como: uso sustentável de combustíveis e matérias-primas; saúde e segurança no trabalho; reciclagem do concreto.

Edivaldo Rabello, diretor de operações de cimento da Votorantim Cimentos, falou dos avanços obtidos pela empresa dentro do CSI. A empresa reduziu, em suas fábricas no Brasil, Estados Unidos e Canadá, suas emissões de carbono em 18,1% relativamente ao que era emitido em 1990 no processo de fabricação do cimento. Conseqüentemente, possui hoje o melhor indicador de desempenho entre as empresas do CSI: 605kg de CO<sub>2</sub> por tonelada de cimento produzido.

Para tal queda, um dos fatores contribuintes foi o coprocessamento. Todas as unidades da Votorantim Cimentos realizam o coprocessamento, tecnologia que aproveita os resíduos gerados por outros segmentos industriais (pneus, solventes, graxas, serragem, resíduos têxteis, resíduos plásticos, lama de esgoto, refratários) como combustíveis de seus fornos, contribuindo para a preservação da biosfera, na medida em que auxilia essa a assimilar os resíduos do processo industrial. Segundo Yushiro Kihara, gerente de tecnologia da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), são coprocessados um milhão de toneladas de resíduos por ano nos fornos de 35 plantas de cimento licenciadas no Brasil. Mas, o setor tem capacidade de coprocessamento de 2,5 milhões de toneladas por ano, rematou.

“A Votorantim Cimentos tem meta de passar do patamar atual de 350 mil tonela-

das para um milhão de toneladas em três anos, contribuindo dessa forma com a mitigação no uso de fontes não-renováveis, com a menor emissão de CO<sub>2</sub> e com a deposição menor de resíduos”, completou Rabello. Dado trazido pelo palestrante aponta que a queima de pneus emite 85kg de CO<sub>2</sub> para cada trilhão de joules de energia produzida, enquanto que o coque de petróleo emite 92,8kg para mesma quantidade de energia produzida.

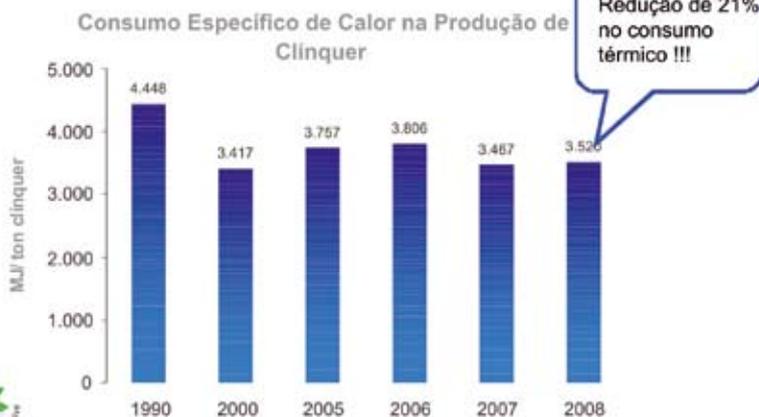
Outra medida tomada pelas cimenteiras em prol do desenvolvimento sustentável é a utilização de tecnologias que melhoram a eficiência energética dos fornos. As empresas têm substituído os fornos de vida úmida pelos de via seca, que são mais eficientes, produzindo a mesma quantidade de clínquer com menos gasto de energia. “Atualmente, a Votorantim não possui nenhum forno via úmida em suas operações, tecnologia que consome o dobro de calor e emite mais CO<sub>2</sub>”, afirmou Rabello. Acrescente-se o investimento em cogeração, como o uso de biomassa e de

Edivaldo Rabello no início de sua exposição sobre o programa CSI



Slide da apresentação de Rabello

### Consumo específico de calor na produção de clínquer



pequenas centrais hidrelétricas (PCH), tidas como energias limpas.

Outra medida para reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> é adicionar ao cimento escória granulada e cinzas voltantes, subprodutos

de gesso”, exemplificou Kihara. Por isso, o Brasil é umas das regiões com a menor emissão de CO<sub>2</sub> por tonelada de cimento produzido.

Em resumo, na avaliação de Kihara, o futuro da indústria cimenteira é produzir mais cimento com

menor emissão de CO<sub>2</sub>, aumentar progressivamente a substituição de combustível fóssil por combustíveis alternativos e estimular cada vez mais a produção de cimento sustentável (com adições). (veja o balanço da indústria cimenteira hoje e no futuro)

O setor construtivo está também correndo atrás do prejuízo. Segundo o Relatório do IPCC 2007, o setor de edificações oferece o maior potencial de mitigação dos gases do efeito estufa entre os diversos setores analisados. Justamente por ser um setor que consome grandes percentuais de recursos naturais, que é responsável pelo alto consumo de energia elétrica e pelo alto nível de emissões de CO<sub>2</sub>”, avaliou Carlos Martins, do CBIC.

O CBIC apresentou seu Programa de

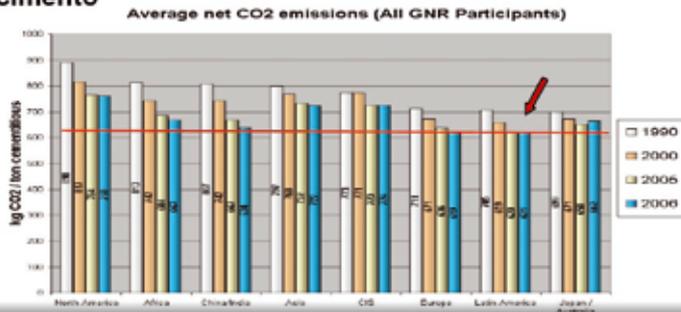
No Brasil, os cimentos são fabricados de acordo com as normas brasileiras desde 1926 e os cimentos com adições foram produzidos a partir de 1952

Cimento Portland comum CP I-S (desde 1926)	1 - 5% adições
Cimento Escória CP III (desde 1952)	35 - 70% escória
Cimento Pozolânico CP IV	15 - 50% pozolanas
Cimento Composto (desde 1991)	
CP II-E	6 - 34% escória
CP II-Z	6 - 14% pozolanas
CP II-F	6 - 10% calcário



2008: 17,8 milhões de toneladas de adições incluindo escórias, material pozolânico, filler e gesso

■ **Resultados preliminares do CSI registram a América Latina (em maior parte, representada pelo Brasil) como uma das regiões com a mais baixa emissão de CO<sub>2</sub> / t cimento**



Slide extraído da apresentação de Kihara

dores de serviço) e com a inovação permanente dos processos e produtos.

Sobre esse último quesito, Martins abordou o Projeto de Inovação Tecnológica (PIT), programa que objetivou, em sua primeira fase, pesquisar o estágio atual da inovação tecnológica no setor construtivo brasileiro, identificando os gargalos para sua difusão e

Construção Sustentável no Seminário. Suas propostas, que serão encaminhadas para a Conferência de Copenhague, são: que o setor faça seu balanço de emissões de CO<sub>2</sub>; que faça o uso racional de água e dos recursos naturais; que dê uma destinação apropriada aos seus resíduos; que contribua ainda com a biodiversidade do planeta. O meio para isso é o comprometimento da cadeia produtiva com as melhores práticas (onde a qualidade permeia todo o processo gerencial, operacional e construtivo, buscando-se a substituição de recursos naturais, o aumento da produtividade, a redução dos desperdícios, a durabilidade das obras e a satisfação do cliente), com a formalidade (critério para a seleção de fornecedores, materiais e presta-

propondo soluções para melhorar o ambiente de absorção das inovações. Numa segunda etapa, a intenção é incentivar a comunidade técnica a revisar seus códigos de obras, a realizar a capacitação técnica das equipes de trabalho, a realizar ciência e tecnologia e a buscar uma tributação favorável para projetos com alto grau de inovação.

“Para sobreviver as construtoras precisarão inovar sempre, por meio da racionalização dos canteiros de obra, da melhoria contínua do processo construtivo, da incorporação de soluções novas dos fornecedores (como a válvula de dupla descarga, as torneiras automáticas, os limitadores de vazão), do aumento da vida útil das estruturas de concreto (como o uso de concretos de alta

José Carlos Martins fala das propostas do CBIC para a sustentabilidade



Professora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Denise Carpena Dal Molin, desenvolveu o tema da durabilidade e sustentabilidade



resistência), do uso e reciclagem de resíduos da construção”, exemplificou o professor Vanderley John. Para respaldar sua afirmação, ele citou o Prêmio Nobel de Economia de 1987, Robert Solow, segundo o qual 87% do crescimento econômico é devido às novas tecnologias.

Para John, a simples otimização da dosagem do concreto com o uso da quantidade apropriada do cimento contribui decisivamente para a sustentabilidade no setor. “Há um potencial de mitigação de 30% na emissão de CO<sub>2</sub> com o uso otimizado de cimento, sem afetar a resistência à compressão do concreto”, afirmou.

Uma das formas de otimizar as dosagens do concreto foi dada pelo governo federal, na avaliação de Martins, ao lançar o Programa Minha Casa Minha Vida. “Antes 97% das habitações construídas para famílias que ganham até três salários-mínimos eram por autoconstrução. Com o Programa, a construção se dá com respeito à legisla-

## Concreto Usinado & Obra

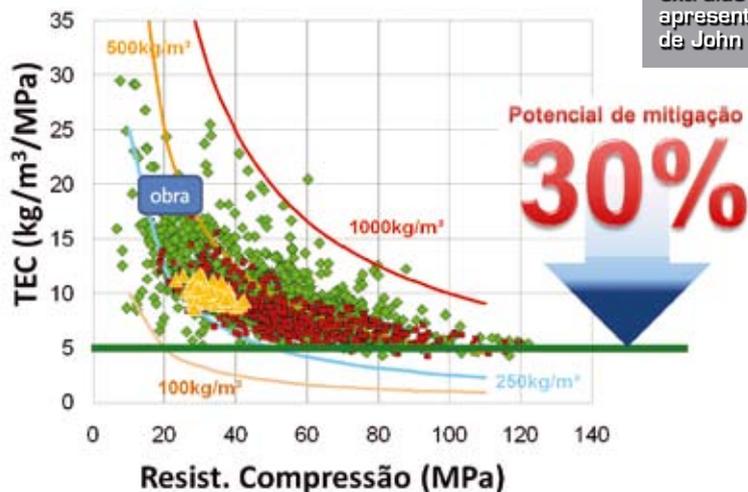


Gráfico onde se vê a relação entre a quantidade de cimento e a resistência à compressão do concreto, extraído da apresentação de John

ção, com redução de perdas de materiais e com a maior eficiência na aplicação dos insumos”, explicou.

No quesito normalização, o setor tem também se movido. O Comitê Brasileiro de Cimento, Concreto e Agregados da Associação Brasileira de Normas Técnicas (CB-18 da ABNT), representado no evento por sua superintendente, Inês Battagin, compôs uma Comissão de Estudos de Gerenciamento Ambiental para o Cimento e o Concreto. A ideia é contribuir para a norma de gestão ambiental de concreto e estruturas de concreto, que está sendo preparada pela International Organization for Standardization (ISO), junto ao seu Comitê ISO/TC 71/SC8. A norma internacional em preparação segue a orientação da ISO 14000 (norma de gerenciamento ambiental na produção) e visa a melhoria contínua dos processos e produtos com base no gerenciamento ambiental, o que envolve a preparação do concreto e a produção de seus materiais constituintes, a execução das estruturas, o uso e a manutenção das estruturas e os processos de demolição e retrofit dessas estruturas de concreto.

“O concreto é o material construtivo mais usado no mundo. Ele faz parte de nosso dia a dia. Por isso, a cadeia produtiva do concreto tem enorme capacidade em diminuir a pressão da atividade econômica sobre o meio ambiente e está caminhando para isso, tanto na indústria, como na academia”, concluiu o professor da Universidade Federal do Paraná e coordenador do Seminário, José Marques Filho, em seu balanço do evento.



Engenheira Inês Battagin no início de sua apresentação no Seminário de Sustentabilidade

# Reciclagem de resíduos da construção civil

Eduardo Sell Dyminski, diretor operacional da Soliforte Reciclagem, empresa paranaense instalada no município de Colombo, desde 2007, apresentou o processo de reciclagem de materiais construtivos da empresa, que tem capacidade de produção mensal de seis mil metros cúbicos de agregados reciclados.

- ◆ a) **Matérias-primas:** concreto usinado; cerâmicos; concreto sólido; concreto armado
- ◆ b) **Agregados obtidos e suas aplicações:**
  - **Bica corrida:** base e sub-base de pavimentos; regularização de vias não pavimentadas; nivelamento de terrenos
  - **Areia:** argamassa de assentamentos; confecção de contrapisos; assentamento de tubulações de esgoto
  - **Pedrisco:** fabricação de artefatos de concreto; pavimentação
  - **Brita:** concretos não estruturais; obras de drenagem; pavimentação
  - **Rachão:** pavimentação; drenagens de terrenos; pavimentação ◆



Eduardo Dyminski fala sobre a reciclagem de resíduos da construção civil



52º CONGRESSO  
BRASILEIRO  
DO CONCRETO

IBRACON 2010  
FORTALEZA - CEARÁ

14 a 18 de outubro de 2010

Centro de Convenções  
Fortaleza - CE

## TEMAS

- 1 – Gestão e Normalização (Management and Standardization)
- 2 – Materiais e Propriedades (Materials and Properties)
- 3 – Projeto de Estruturas (Structural Design)
- 4 – Métodos Construtivos (Construction Methods)
- 5 – Análise Estrutural (Structural Analysis)
- 6 – Materiais e Produtos Específicos (Specific Products)
- 7 – Sistemas Construtivos Específicos (Specific Construction Systems)



## DATAS IMPORTANTES

Envio de Resumos	até 26/02/2010
Aceitação de Resumos	até 19/03/2010
Envio de Artigos	até 28/05/2010
Aceitação de Artigos	até 25/06/2010
Envio de Revisão de Artigos	até 23/07/2010
Evento	14/10 a 18/10/2010

### Informações

Site: [www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br)  
Fone/Fax: +55 11 3735-0202  
Fax: +55 11 3733-2190  
e-mail: [office@ibracon.org.br](mailto:office@ibracon.org.br)

### Comissão Organizadora

Rua Julieta do Espírito Santo Pinheiro, 68  
Bairro Jardim Olímpia  
São Paulo – SP – Brasil  
05542-120

# Encontro discute o uso de concretos e argamassas na construção sustentável

A Regional IBRACON em Aracaju, em Sergipe, realiza seu Primeiro Encontro para discutir "O Uso de Concretos e Argamassas na Construção Sustentável", nos próximos dias 9, 10 e 11 de dezembro, no Departamento de

Engenharia Civil da Universidade Federal de Sergipe (UFS).

O objetivo é contribuir para a divulgação de novas tecnologias e novos materiais na área de construção civil, assim como difundir junto ao meio técnico a importância dos fatores que influenciam a qualidade, durabilidade e a sustentabilidade das construções.

O Encontro conta com o apoio da UFS, do CREA-SE, da Viapol Impermeabilizantes, da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) e da Nassau.



### **Mais informações**

#### *Blog*

[www.ibraconregionalsergipe.blogspot.com](http://www.ibraconregionalsergipe.blogspot.com)

#### *E-mail*

[ibraconsergipe@globomail.com](mailto:ibraconsergipe@globomail.com)

#### *Telefone*

(79) 2105-6700 (Sandra ou Luciana)

## CINPAR 2010 recebe resumos

Será realizado na cidade de Córdoba, na Argentina, o 6º Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas – CINPAR 2010. Para os profissionais interessados em submeter resumos de trabalhos técnicos a serem apresentados no Congresso, o prazo vai até 15 de dezembro.

O objetivo do evento é difundir e discutir os conhecimentos sobre os avanços e desenvolvimentos nos seguintes temas:

- ◆ Patologia nas construções
- ◆ Reabilitação e reforço de estruturas
- ◆ Caracterização dos materiais
- ◆ Procedimentos
- ◆ Patrimônio Histórico

Já estão confirmados como palestrantes no evento:

- ◆ *Paulo Helene* – Instituto Brasileiro do Concreto, Brasil

- ◆ *Petr Stepánek* – Universidade de Tecnologia de Brno, República Tcheca
- ◆ *Angel Oshiro* – Universidade Tecnológica de Córdoba, Argentina
- ◆ *Humberto Varum* – Universidade de Aveiro, Portugal
- ◆ *Carlos Prato* – Universidade Nacional de Córdoba, Argentina
- ◆ *Antonio Carmona* – Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural, Brasil
- ◆ *Luis Traversa* – Laboratório de Treinamento Multidisciplinar para a Investigação Tecnológica, Argentina
- ◆ *Enio Pazini Figueiredo* – Universidade de Goiás, Brasil

### **Para mais informações**

*Site:* [www.cinpar2010.com.ar](http://www.cinpar2010.com.ar)

*E-mail:* [cinpar2010@scdt.frc.utn.edu.ar](mailto:cinpar2010@scdt.frc.utn.edu.ar)

# Regionais IBRACON agitam suas comunidades com eventos técnicos

A Regional IBRACON no Rio de Janeiro promoveu o Seminário “A Química na Construção de Estruturas de Concreto”, no último dia 8 de dezembro, no Anfiteatro de Física do Instituto Militar de Engenharia (IME-RJ).

No evento, foram discutidos: aditivos químicos para o concreto; reparo e proteção de estruturas de concreto; e estanqueidade em estruturas de concreto – norma EN 1504.

A Regional IBRACON em Belém, Pará, realizou seu XVI Encontro para debater o “Concreto para Infraestrutura Sustentável”, nos dias 18 a 20 de novembro últimos, no Auditório David Mufarrej, na Universidade da Amazônia – UNAMA.



A Regional IBRACON em Campo Grande, Mato Grosso do Sul, realizou o I Simpósio de Areia Artificial, no dia 21 de outubro, no Anfiteatro do CREA-MS, onde foram apresentados os temas:

- ◆ O uso de areia de britagem: uma tendência mundial, pelo Prof. Cláudio Sbrighi Neto, da Cooperativa de Serviços e Pesquisas Tecnológicas e Industriais (CPTI);
- ◆ Concretos especiais usando areia artificial de acordo com as normas brasileiras, pelo eng. Arcindo Vaquero y Mayor, da Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem (ABESC)

A Regional IBRACON em Aracaju, em Sergipe, ofereceu o minicurso “Pilares em Concreto de Alto Desempenho”, no último dia 26 de setembro, no Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Sergipe (UFS).

O objetivo foi divulgar as novas tecnologias e novos materiais no setor construtivo e orientar sobre os aspectos do projeto de pilares de concreto de alto desempenho.

O minicurso foi ministrado pelo Prof. Marcos Antônio de Souza Simpício, doutor em estruturas pela Universidade Federal de Pernambuco e professor da UFS. ◆



## 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



# 51º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO IBRACON 2009

## Sócios do Ibracon elegem os membros do Conselho Diretor

Por correio, através de cédula de votação encaminhada aos sócios do Instituto Brasileiro do Concreto – IBRACON, e presencialmente durante a realização do 51º Congresso Brasileiro do Concreto, de 6 a 10 de outubro, em Curitiba, os congressistas e os associados ao IBRACON votaram em seus profissionais preferidos para ocupar as cadeiras do Conselho Diretor do Instituto para a gestão 2009/2011.

Puderam participar da eleição todos os associados ao IBRACON, adimplentes e com mais de seis meses de filiação, excluídos os da categoria estudante de graduação. Segundo o Regulamento da Eleição, a votação deve ser direta e secreta. Por isso, uma cédula de votação, que continha os nomes dos profissionais que se candidataram para concorrer às vagas do Conselho, foi enviada a cada sócio do Instituto. O associado podia, então, remeter seu voto pelos Correios (meio no qual ele se identificava no envelope, mas não na cédula) ou depositá-lo nas urnas espalhadas pelo Centro de Convenções da ExpoUnimed, local de realização do 51º Congresso Brasileiro do Concreto, entre as 13h

do dia 7 até às 12h do dia 8 de outubro. O fato de haver uma lista prévia de candidatos não impossibilitou que, no momento da votação, o associado podesse indicar um profissional não relacionado na lista, no campo em branco da cédula.

As cédulas recebidas pelos Correios tiveram seus envelopes abertos publicamente pelos membros da Comissão de Apuração, na Assembléia Geral do IBRACON, que se reuniu no dia 8 de outubro, no Auditório 4 da ExpoUnimed, em Curitiba, e foram depositadas fechadas nas urnas de votação. A Comissão apurou um total de 154 votos presenciais e de 45 votos remetidos pelos Correios, dos quais 35 foram validados porque devidamente identificados no envelope externo.

A Comissão de Apuração divulgou os seguintes resultados da eleição na Assembléia Geral do IBRACON, ocorrida no dia 8 de outubro.

O Conselho Diretor do IBRACON para o biênio 2009/2011 foi formado pelos 10 profissionais mais votados na categoria individual e pelos 13 mais votados na categoria coletivo/mantenedor, em razão de que, nesta última, houve empate entre as empresas Camargo Correio Cimentos, Escritório Técnica JKMF, Gerdau e Holcim (53 votos cada). Por isso, como o Regulamento não prevê regras de desempate, o presidente do IBRACON sugeriu que as quatro empresas fossem aceitas como sócias titulares mantenedoras, o que foi acatado por unanimidade pela Assembléia. Assim, somado aos sete ex-presidentes, que têm assento vitalício, o Conselho Diretor da atual gestão é composto por 30 Conselheiros.

Órgão máximo deliberativo do Instituto Brasileiro do Concreto, dentre outras atribuições, cabe ao Conselho a eleição do novo Presidente do IBRACON, que deve ser escolhido entre seus membros. A eleição do novo presidente do IBRACON está marcada para o próximo dia 15 de dezembro. ♦

Tabela 1 – Classificação dos votos da categoria INSTITUCIONAL (mantenedores e coletivos)

Ordem	Sócios Titulares Mantenedores	Votos
1	ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland	119
2	Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – POLI	104
3	IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo	99
4	FURNAS – Centrais Elétricas S/A	92
5	PETROBRAS – Petróleo Brasileiro S/A	85
6	CESP – Companhia Energética de São Paulo	67
7	ABCJC – Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto	59
8	Grupo Votorantim – Votorantim Cimentos	55
9	ABESC – Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem	54
10	CAMARGO CORREA CIMENTOS S/A. (Grupo Camargo Correa)	53
11	Escritório Técnico Julio Kassoy e Mario Franco Engenheiros Cívis Ltda.	53
12	GERDAU S/A	53
13	HOLCIM Brasil S/A	53

Tabela 2 – Classificação dos votos da categoria PESSOA FÍSICA (sócios individuais)

Ordem	Sócios Titulares Individuais	Votos
1	Augusto Carlos Vasconcelos	116
2	Tulio Nogueira Bittencourt	101
3	Antonio Carlos Reis Laranjeiras	88
4	Claudio Sbrighi Neto	85
5	Denise C. C. Dal Molin	85
6	Vladimir Antonio Paulon	78
7	Nelson Covas	76
8	José Marques Filho	66
9	Luiz Carlos Pinto da Silva Filho	59
10	Monica Pinto Barbosa	58

# Implantação e resultados do programa obra monitorada: tecnologia construtiva da alvenaria de vedação com blocos de concreto

Alberto Casado Lordsleem Jr. • Prof. Doutor

Eliana Cristina Barreto Monteiro • Profª Doutora

Departamento de Engenharia Civil da Escola Politécnica de Pernambuco (UPE)

Paulo Roberto do Lago Helene • Prof. Titular

Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP (EPUSP)

## Resumo

A racionalização construtiva coloca-se num cenário de competição de mercado como um elemento diferencial na estratégia das empresas. Particularmente, a racionalização através das alvenarias de vedação do edifício tem proporcionado uma vantagem relevante para se alcançar o sucesso. Dentro desse contexto, a Comunidade da Construção de Recife/PE, coordenada pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), promoveu a realização do Programa Obra Monitorada, dentre outros propósitos visando aumentar a competitividade dos sistemas construtivos à base de cimento através da implantação da tecnologia construtiva racionalizada da alvenaria de vedação com blocos de concreto. Este artigo objetiva apresentar o programa obra monitorada realizado em uma obra de edifícios de múltiplos pavimentos na cidade de Recife/PE, a partir da qual foi possível efetuar a implantação e o monitoramento da alvenaria de vedação com blocos de concreto. A metodologia adotada para a consecução do programa contemplou as seguintes etapas: viabilização da obra e grupo de trabalho; organização das atividades; estruturação, planejamento e desenvolvimento do projeto para produção, operação e monitoramento dos resultados. Como contribuição destaca-se a disseminação

do conhecimento sobre as etapas necessárias à adequada implantação da tecnologia construtiva racionalizada da alvenaria de vedação para o conjunto de empresas que constituem a Comunidade da Construção.

**Palavras-chave:** obra monitorada, alvenaria de vedação, blocos de concreto, tecnologia construtiva.

## Abstract

The constructive rationalization is placed in a scene of market competition as a distinguishing element in the strategy of the companies.

Particularly, the rationalization through the non-loadbearing masonry of the building, has proportionate an excellent advantage to reach the success. Inside of this context, the Recife/PE Construction Community, coordinated for the Brazilian Portland Cement Association (ABCP) promoted the accomplishment of the Monitored Workmanship Program, amongst other intentions aiming to increase the competitiveness of the constructive systems from the cement base through the implantation of the rationalized constructive technology of the masonry of prohibition with concrete blocks. The objective of this article is to present the workmanship monitored program carried

through in a multiple floors workmanship buildings in the city of Recife/PE, from which it was possible to effect the implantation and the monitoring of the non-loadbearing masonry made of concrete blocks. The methodology adopted for the achievement of the program contemplated the following stages: viability of the workmanship and work group, organization of the activities, preparation, planning and development of the production project, operation and results monitoring.

The contribution it is distinguished the dissemination of the knowledge on the necessary stages to the adjusted implantation of the rationalized constructive technology of the non-loadbearing masonry for the set of companies who constitute the Construction Community.

**Keywords:** *monitorized building, blockwork, building technology.*

---

## 1. Introdução

---

As recentes mudanças na dinâmica da construção civil brasileira estão fortemente associadas às alterações da economia mundial, na qual novas formas de gestão e tecnologia da construção devem estar adequadas aos desafios que se aproximam.

Espera-se ainda mais o acirramento da competição empresarial e a busca por estratégias que favoreçam o melhor posicionamento no mercado. Novas exigências são colocadas como prioridades para as empresas construtoras de maneira a atender equilibradamente as demandas dos diversos agentes participantes dos empreendimentos (SOUZA, 2009).

A racionalização construtiva coloca-se como um elemento diferencial na estratégia das empresas. Particularmente, a racionalização das alvenarias de vedação do edifício pode significar uma vantagem para se alcançar o sucesso (LORDSLEEM JR., 2008).

As paredes de alvenaria são os elementos mais freqüentemente empregados no processo construtivo tradicional brasileiro, sendo responsáveis por parcela expressiva do desempenho dos edifícios, mas também pelo elevado desperdício verificado nas obras de construção (AGOPYAN et al., 1998; GUSMÃO et al., 2006).

Para tanto, são necessárias ações que disseminem/ampliem o conhecimento sobre a racionalização das vedações verticais, tanto em nível de projeto, quanto de planejamento, execução e controle.

Buscando estimular a competitividade dos sistemas construtivos à base de cimento, a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), através da Comunidade da Construção de Recife/PE, realizou o Programa Obra Monitorada. Para tanto, identificou, através de diagnóstico junto às empresas da Comunidade da Construção, a necessidade de promoção da adequada implantação da tecnologia construtiva da alvenaria de vedação racionalizada com blocos de concreto.

Nesse sentido, este artigo tem por objetivo apresentar o programa obra monitorada, por meio da descrição das suas etapas constituintes, quais sejam: viabilização, organização, estruturação, planejamento, operação e resultados.

Busca-se, assim, contribuir para a disseminação do conhecimento sobre essa tecnologia, com vistas a auxiliar as empresas na implantação da racionalização no processo de produção das vedações em alvenaria com blocos de concreto.

---

## 2. Implantação do Programa Obra Monitorada

---

A metodologia adotada para a condução dos trabalhos de implantação do programa obra monitorada fundamentou-se nas diretrizes do manual para implantação do programa obras acompanhadas – alvenaria de vedação (Manual AV\_V 00) (ABCP, 2007).

Ressalte-se que as adaptações para a adequação da metodologia ao contexto do mercado de construção local consideraram também as diretrizes estabelecidas nos trabalhos de Barros (1996), Lordsleem Jr. (2002) e Souza (2005).

Notadamente, foi verificada a existência na empresa selecionada das premissas necessárias à implantação da tecnologia construtiva da alvenaria de vedação racionalizada com blocos de concreto, quais sejam (BARROS, 1996): o estabelecimento de um sistema de decisões e de informações, a situação tecnológica da empresa, a disposição e motivação para o aprendizado, além da disponibilidade de recursos.

Cabe esclarecer, de acordo com Lordsleem Jr. (2002), que as premissas constituem-se um conjunto de princípios básicos que devem existir ou serem estimulados na empresa e, conseqüentemente, nas pessoas que a constituem, de modo a tornar possível a implementação das ações necessárias.

**Quadro 1 – Etapa de viabilização do programa**

Etapa	Atividades	Resultado
1. Viabilização	1.1 Apresentação do programa à Comunidade da Construção.	Definição da empresa, da obra e do orçamento.
	1.2 Sondagem das construtoras passíveis de participação no programa.	
	1.3 Definição das obras para aplicação da metodologia.	
	1.4 Definição do orçamento do programa.	
	1.5 Consolidação da construtora e parceiros.	

As etapas concernentes à metodologia de implantação do programa obra monitorada serão descritas na seqüência.

### 3. Etapas de implantação do programa obra monitorada

#### 3.1 VIABILIZAÇÃO

A etapa de viabilização consistiu na captação da obra de uma empresa construtora para fazer parte do grupo de trabalho, juntamente com os potenciais parceiros participantes do programa (fornecedores e projetista de alvenaria).

O grupo de trabalho dessa etapa foi constituído pelos seguintes membros: consultor da Comunidade da Construção nacional, representante da ABCP de Recife, coordenador da Comunidade da Construção de Recife/PE e consultor da alvenaria de vedação.

O quadro 1 ilustra as atividades desenvolvidas durante essa etapa.

Como resultado geral da etapa 1, foi possível definir a empresa/obra, considerando o estágio de desenvolvimento do empreendimento. Priorizou-se a seleção de uma obra que ainda estivesse em fase de desenvolvimento dos anteprojetos, considerada de maior potencial

de racionalização para o desenvolvimento do projeto para produção da alvenaria de vedação (DUEÑAS PEÑA, 2003).

#### 3.2 ORGANIZAÇÃO

A etapa de organização consistiu no estabelecimento do planejamento das atividades que foram desenvolvidas por todo o grupo de trabalho, incluindo: o cronograma das atividades, a programação das reuniões em grupo e o treinamento de todos os envolvidos quanto às etapas subseqüentes (responsabilidades e recursos necessários).

O grupo de trabalho dessa etapa foi constituído pelos membros da etapa anterior acrescido do supervisor de obras da empresa construtora.

O quadro 2 ilustra as atividades desenvolvidas durante essa etapa.

Como resultado geral da etapa 2, foi possível estabelecer as atividades a serem desenvolvidas nas etapas subseqüentes, assim como a preparação para a realização da etapa imediatamente seguinte de estruturação, esclarecendo sobre as informações necessárias para a coleta de dados.

#### 3.3 ESTRUTURAÇÃO

A etapa de estruturação consistiu nas seguintes atividades: avaliação do grau de de-

**Quadro 2 – Etapa de organização do programa**

Etapa	Atividades	Resultado
2. Organização	2.1 Elaboração do cronograma de atividades.	Realização de uma reunião de organização.
	2.2 Treinamento dos envolvidos.	Realização de um treinamento.

Tabela 1– Matriz de avaliação da situação tecnológica da empresa quanto à alvenaria de vedação

QUALITATIVOS	Atividade controlada	Indicadores		Nota 0 a 5	
PROJETO	1. Compatibilização de projeto	Atual	SIM	3,9	
	Indicador de referência	SIM ou NÃO	Meta	SIM	4,5
	Peso	8	Realizado		
	2. Racionalização do projeto	Atual	SIM	3,9	
	Indicador de referência	SIM ou NÃO	Meta	SIM	4,0
	Peso	8	Realizado		
3. Projetos de alvenaria	Atual	SIM	3,5		
	Indicador de referência	SIM ou NÃO	Meta	SIM	4,1
	Peso	10	Realizado		
PLANEJAMENTO	4. Cronograma da obra	Atual	SIM	3,6	
	Indicador de referência	SIM ou NÃO	Meta	SIM	4,5
	Peso	4	Realizado		
EXECUÇÃO	5. Análise das condições de início dos serviços	Atual	SIM	3,8	
	Indicador de referência	SIM ou NÃO	Meta	SIM	4,0
	Peso	5	Realizado		
	6. Encunhamento lateral	Atual	SIM	4,0	
	Indicador de referência	SIM ou NÃO	Meta	SIM	4,0
	Peso	4	Realizado		
	7. Prumo da alvenaria	Atual	5 mm/pavto.	3,5	
	Indicador de referência	VIDE MANUAL	Meta	3 mm/pavto.	4,1
Peso	5	Realizado			
QUALIDADE	8. Controle dos materiais	Atual	SIM	3,5	
	Indicador de referência	SIM ou NÃO	Meta	SIM	4,0
	Peso	3	Realizado		
	9. Rastreabilidade	Atual	NÃO	2,0	
	Indicador de referência	SIM ou NÃO	Meta	NÃO	2,0
Peso	3	Realizado			
QUANTITATIVOS	Atividade controlada	Indicadores		Nota 0 a 5	
CUSTO	10. Custo da alvenaria	Atual	3,77%	4,0	
	Indicador de referência	VIDE MANUAL	Meta	3,77%	4,5
	Peso	10	Realizado		
	11. Custo do material básico - blocos	Atual	36,42%	4,0	
	Indicador de referência	VIDE MANUAL	Meta	39,70%	4,5
Peso	8	Realizado			
PRODUTIVIDADE	12. Alvenaria (hh trabalhada)	Atual	1,2 hh/m <sup>2</sup>	3,8	
	Indicador de referência	VIDE MANUAL	Meta	1,0 hh/m <sup>2</sup>	4,2
	Peso	10	Realizado		
CONSUMO	13. Consumo de materiais (blocos)	Atual	10%	3,5	
	Indicador de referência	VIDE MANUAL	Meta	3%	4,2
	Peso	8	Realizado		
	14. Consumo de argamassa	Atual	14 Kg/m <sup>2</sup>	3,8	
	Indicador de referência	VIDE MANUAL	Meta	10,3 Kg/m <sup>2</sup>	4,2
Peso	8	Realizado			
DURABILIDADE	15. Ensaios tecnológicos	Atual	NÃO	2,0	
	Indicador de referência	SIM ou NÃO	Meta	SIM	4,0
	Peso	6	Realizado		

### Quadro 3 – Etapa de estruturação do programa

Etapa	Atividades	Resultado
3. Estruturação	3.1 Preenchimento do formulário de caracterização da obra e da ficha técnica. 3.2 Preenchimento do formulário da matriz de avaliação, com indicadores qualitativos e quantitativos. 3.3 Definição de metas do projeto. 3.4 Avaliação do grau de dificuldade e importância das metas sugeridas.	2 reuniões: caracterização do estágio tecnológico e de definição de metas do projeto. Documento de análise da obra e dos indicadores.

envolvimento tecnológico da empresa participante, definição das principais características da obra, bem como estabelecimento de metas de aumento de desempenho a serem alcançadas.

O grupo de trabalho dessa etapa foi constituído pelos membros da etapa anterior acrescido do diretor da empresa construtora.

O quadro 3 ilustra as atividades desenvolvidas durante essa etapa.

Os formulários citados no quadro 3 fazem parte do conjunto de ativos da Comunidade da Construção (ABCP, 2007) utilizados com o objetivo de registrar a situação tecnológica da empresa no início do programa obra monitorada, de maneira a servir de referência comparativa ao final das atividades.

Como resultado geral da etapa 3, foi possível definir a caracterização do estágio tecnológico da empresa, a partir do diagnóstico realizado com a avaliação da mesma quanto à situação atual e o estabelecimento da meta para o programa obra monitorada.

Os seguintes requisitos foram avaliados:

- ◆ **qualitativos** – projeto (compatibilização, racionalização, projeto de alvenaria), planejamento (cronograma da obra), execução (condições de início de serviço, fixação lateral, prumo da alvenaria), qualidade (controle dos materiais, rastreabilidade);
- ◆ **quantitativos** – custo (alvenaria, blocos), produtividade (alvenaria – Hh/m<sup>2</sup>), consumo (bloco, argamassa), durabilidade (ensaios tecnológicos).

Os seguintes critérios de notas foram utilizados para a avaliação:

- ◆ **0 a 2:** atividade não executada ou executada sem critério;
- ◆ **2,1 a 4:** atende razoavelmente os parâmetros;
- ◆ **4,1 a 5:** supera os parâmetros.

A tabela 1 apresenta os resultados da aplicação da matriz de avaliação pela empresa construtora.

Cabe esclarecer que a obra pertencente ao trabalho apresentado ainda está em execução, não tendo sido realizada a avaliação final quanto aos requisitos e critérios estabelecidos na etapa de viabilização do programa.

### 3.4 PLANEJAMENTO

A etapa de planejamento consistiu em realizar as atividades que serviram como suporte para o bom desempenho da produção da estrutura de concreto e vedações.

O grupo de trabalho dessa etapa foi constituído pelos membros da etapa anterior acrescido do engenheiro responsável pela obra, dos projetistas (arquitetura, estrutura, instalações) e dos fornecedores de bloco de concreto e argamassa industrializada.

O quadro 4 ilustra as atividades desenvolvidas durante essa etapa.

Como resultado geral da etapa 4, cabe destacar o desenvolvimento do projeto para produção da vedação vertical em alvenaria com blocos de concreto, o qual serviu de elemento de integração durante as reuniões de coordenação de projeto (figura 1).

No desenvolvimento do projeto para produção da alvenaria foi elaborado um relatório de compatibilização, a partir do qual foi possível identificar os problemas de interface entre os projetos arquitetura/estrutura/instalações e de alvenaria, além de propostas para a solução dos desvios encontrados.

### 3.5 OPERAÇÃO

A etapa de operação consistiu em monitorar, controlar e, se necessário, corrigir os des-

## Quadro 4 – Etapa de planejamento do programa

Etapa	Atividades	Resultado
4. Planejamento	<p>4.1 Coordenação de projetos.</p> <p>4.2 Avaliação e definição das alternativas estruturais e de vedação – compatibilização de projetos e desenvolvimento do projeto para produção da alvenaria de vedação.</p> <p>4.3 Contratação de fornecedores de blocos, argamassa e aditivos.</p> <p>4.4 Definir a modalidade, dimensionar e contratar a mão de obra.</p> <p>4.5 Definir setorização da obra e projeto de logística e canteiro.</p> <p>4.6 Executar o planejamento físico e o plano de ataque da obra.</p>	<p>1 documento de diretrizes de projeto.</p> <p>9 reuniões de coordenação de projetos.</p> <p>Projeto para produção da vedação vertical em alvenaria com blocos de concreto.</p> <p>1 reunião de sensibilização com os potenciais fornecedores de blocos.</p> <p>Definição dos parâmetros a serem obedecidos pelos fornecedores (controle tecnológico, logística, condições de entrega/armazenamento)</p> <p>Definição de parâmetros a serem obedecidos pela obra/construtora.</p>

vios que ocorreram em relação ao planejado.

O grupo de trabalho dessa etapa foi constituído pelos membros da etapa anterior acrescido da equipe de produção da obra (estagiários, mestre, oficiais e ajudantes).

O quadro 5 ilustra as atividades desenvolvidas durante essa etapa.

Como resultado geral da etapa 5, cabe destacar a realização do treinamento

junto a todos os envolvidos na produção das alvenarias da edificação e a assimilação das orientações quanto à coleta de dados dos indicadores monitorados.

A figura 2 ilustra os treinamentos realizados no canteiro de obras.

Foram produzidos documentos específicos com a orientação necessária para o monitoramento dos indicadores, os quais disponibilizavam planilhas específicas para a coleta dos dados (LORDSLEEM JR., 2008).

### 3.6 RESULTADOS

A etapa de resultados consistiu na definição do modo de registro e apresentação dos resultados obtidos, comparando-os com o estágio inicial e as metas propostas.

Figura 1 – Análise crítica dos projetos de arquitetura, estrutura e instalações conduzida pela equipe de projeto da alvenaria de vedação de blocos de concreto



O grupo de trabalho dessa etapa foi constituído pelos membros da etapa 3, sendo os demais envolvidos comunicados dos indicadores quando da necessidade de algum ajuste para a correção de desvios em atividades sob a sua responsabilidade.

A figura 3 ilustra a marcação dos blocos de concreto para a avaliação do indicador de perdas. O quadro 6 ilustra as atividades desenvolvidas durante essa etapa.

Como resultado geral da etapa 6, cabe destacar os resultados dos indicadores relativos às perdas de blocos de concreto e argamassa industrializada, cuja metodologia de coleta e análise dos resultados ficou sob a responsabilidade do autor deste trabalho.

A seguir, serão apresentados a metodologia de coleta de dados e os resultados parciais obtidos pelo monitoramento dos indicadores mencionados anteriormente.

## 4. Monitoramento de indicadores

### 4.1 PERDA DE BLOCOS DE CONCRETO

A metodologia adotada para a apropriação das perdas de blocos de concreto tomou

## Quadro 5 – Etapa de operação do programa

Etapa	Atividades	Resultado
5. Operação	<p>5.1 Entrega e validação do projeto para produção da alvenaria.</p> <p>5.2 Acompanhamento diário das atividades.</p> <p>5.3 Avaliações mensais de monitoramento e correção de rumos.</p>	<p>Projeto para produção.</p> <p>Realização de 2 reuniões de sensibilização em canteiro de obra (mestre e oficiais).</p> <p>Realização de 1 treinamento teórico-prático no canteiro.</p> <p>Orientação e repasse da metodologia de monitoramento dos indicadores de perdas de blocos e argamassa industrializada e de produtividade da mão-de-obra.</p> <p>Realização de 2 visitas/mês durante 6 meses na obra.</p>

Figura 2 – Capacitação através de treinamento: a) no escritório com as equipes da obra e da ABCP, b) no canteiro – assentamento de argamassa com palheta



como referência o trabalho de Souza (2005), cujas atividades são descritas na seqüência.

Os blocos inteiros (09x19x39cm) foram selecionados para a apropriação de perdas, cujas atividades realizadas seguiram a seqüência listada adiante:

- ◆ marcação com um "X" nas duas faces maiores dos blocos, com giz de cera, perfazendo um total de 500 blocos;
- ◆ a marcação foi realizada no 1º dia da semana, antes do início do expediente;
- ◆ a duração de cada período de estudo foi de uma semana;
- ◆ determinação da quantidade de blocos com "X" nas paredes no período;
- ◆ determinação da quantidade de blocos com "X" em estoque no período;
- ◆ cálculo do indicador de perdas, através da utilização da equação 1.

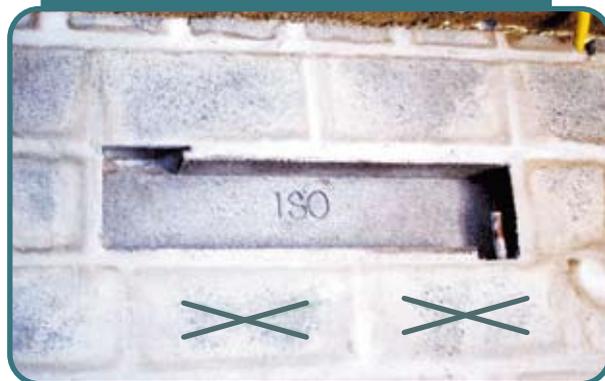
Onde:

**IP:** indicador de perdas

**N1:** blocos marcados restantes no estoque

**N2:** blocos marcados assentados

Figura 3 – Marcação dos blocos para a avaliação do indicador de perdas



$$IP (\%) = [(500 - N1 - N2) \div (500 - N1)] \times 100$$

(1)

O detalhamento e as planilhas utilizadas na apropriação do indicador de perdas de blocos estão no Caderno de Monitoramento de Perdas de Blocos, constante no Relatório Geral de Atividades 2008 (LORDSLEEM JR., 2008).

A figura 4 apresenta os resultados obtidos na apropriação do indicador de perda de blocos de concreto (09x19x39cm) na obra monitorada.

Cabe esclarecer, dentro do acordo efetuado entre a construtora e o fornecedor de blocos, a existência de cláusulas contratuais que estabeleceram as condições de fornecimento. Particularmente, definiu-se pela segregação dos blocos quebrados no recebimento para posterior reposição pelo fabricante, prática comum em outras praças de trabalho.

Os resultados apresentados na figura 4 permitem realizar as seguintes considerações:

- ◆ a média obtida no período de estudo (dezembro/2008 até fevereiro/2009) atingiu o valor de 3,0%; enquanto, a mediana<sup>1</sup> atingiu o valor de 2,0%;
- ◆ a parcela de perda de blocos, oriunda do recebimento (blocos segregados e repostos pelo fornecedor) atingiu o valor de 2,4%.
- ◆ os seguintes valores de referência devem ser utilizados para a comparação, tendo em vista o uso da mesma metodologia adotada no programa obra monitorada:
- ◆ pesquisa envolvendo 37 obras (AGOPYAN et al., 1998) (tijolos/blocos): média = 17,0%, mediana = 13,0%, mínimo = 3,0%, máximo = 48%;
  - (TCPO 12, 2003): blocos de concreto: 5%, tijolo cerâmico furado: 10%;
  - pesquisa em 04 obras (GUSMÃO et al.,

2006) (tijolos cerâmicos):  
 média = 13,9%, mediana = 14,7%,  
 mínimo = 9,3%, máximo = 17%;

Pôde-se constatar que o valor médio/mediana de perda de bloco permitiu o efetivo cumprimento da meta estabelecida pela empresa construtora (3%), sendo semelhante ao valor mínimo obtido na pesquisa de Agopyan et al. (1998) e significativamente melhor do que o valor mínimo obtido em pesquisa realizada em Recife com tijolos cerâmicos 09x19x19cm (GUSMÃO et al., 2006).

## 4.2 PERDA DE ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA

A metodologia adotada para a apropriação das perdas de blocos de concreto tomou como referência o trabalho de Souza (2005), cujas atividades são descritas na seqüência.

A apropriação de perdas de argamassa considerou a informação do fabricante relativa ao Consumo Unitário do Material teórico (CUMt = 15kg/m<sup>2</sup>), cujas atividades realizadas seguiram a seqüência listada adiante:

- ◆ mensuração da quantidade total de argamassa (ARG) utilizada no período de estudo, através da verificação no estoque dos sacos existentes no primeiro dia da semana (verificação inicial: VI) a entrada em sacos recebida no período e quanto restou no último dia da semana (verificação final: VF);
- ◆ mensuração da quantidade de serviço em m<sup>2</sup> executada durante o período de estudo (QS), através da verificação da quantidade no primeiro horário da semana, antes do início do serviço (VI), e no último horário da semana, após o término do serviço (VF);
- ◆ a duração de cada período de estudo foi de uma semana;
- ◆ o consumo real deve ser obtido através da divisão da quantidade de argamassa em kg pela quantidade de serviço executado no período de estudo em m<sup>2</sup>;
- ◆ cálculo do indicador de perdas, através da utilização da equação 2.

Figura 4 – Resultados do indicador de perdas de blocos de concreto

PERÍODO	DATA	INDICADOR DE PERDA (%)	
		BLOCO	
		Resultado	Avaliação
1ª semana	09/12/08 a 12/12/08	1,2%	😊
2ª semana	15/12/08 a 05/01/09	9,4%	😐
3ª semana	06/01/09 a 09/01/09	2,5%	😊
4ª semana	12/01/09 a 16/01/09	4,9%	😐
5ª semana	19/01/09 a 23/01/09	4,9%	😐
6ª semana	26/01/09 a 30/01/09	1,0%	😊
7ª semana	02/02/09 a 06/02/08	1,0%	😊
8ª semana	09/02/09 a 13/02/09	0,0%	😊
9ª semana	16/02/09 a 20/02/09	2,0%	😊

$$IP (\%) = \{ [ARG (\text{kg}) / (\text{CUMt} \times \text{QS})] - 1 \} \times 100 \quad (2)$$

Onde:

**IP:** percentual de perdas

**ARG:** quantidade total de argamassa em kg

**CUMt:** consumo unitário de material teórico

**QS:** quantidade de serviço em m<sup>2</sup>

Cabe apontar, dentro da pesquisa bibliográfica efetuada, a existência de fabricantes com valores de referência para o consumo teórico de argamassa de assentamento distintos daquele estabelecido pelo fornecedor, quais sejam:

- ◆ **VOTORANTIM** – *Votomassa* (tipos: Assentamento de vedação e encunhamento, Múltiplo uso): 17 até 25 kg/m<sup>2</sup> (variando em função da aplicação: espessura e preenchimento da junta, tamanho do bloco e ferramenta de aplicação) (VOTORANTIM, 2009);
- ◆ **PAREX BRASIL** – *Qualimassa* (tipos: Assentamento, Tradicional Multiuso): 17 kg/m<sup>2</sup> com paleta e 27 kg/m<sup>2</sup> com colher de pedreiro (com junta vertical) (PAREX BRASIL, 2009);
- ◆ **CIMPOR** – *Assent* (tipo: concreto): 12 kg/m<sup>2</sup> com palheta e 18 kg/m<sup>2</sup> com colher de pedreiro (bloco de 14x19x39cm) (CIMPOR BRASIL, entre 2000-2005).

O detalhamento e as planilhas utilizadas na apropriação do indicador de perda de argamassa de assentamento estão no Caderno de Monitoramento de Perdas de Argamassa de Assentamento, constante no Relatório Geral de Atividades 2008 (LORDSLEEM JR., 2008).

A figura 5 apresenta os resultados obtidos na apropriação do indicador de perda de argamassa de assentamento.

Os resultados apresentados na figura 5 permitem realizar as seguintes considerações:

- ◆ a média obtida no período de estudo (dezembro/2008 até fevereiro/2009) atingiu o valor de 10,3%; enquanto, a mediana atingiu o valor de 6,2%;
- ◆ os seguintes valores de referência podem ser utilizados para a comparação dos resultados:
  - pesquisa envolvendo 02 obras (AGOPYAN et al., 1998):  
média = 115,5%, mediana = 115,5%,  
mínimo = 26,0%, máximo = 205%;
  - IPT Responde – Revista Técnica (ANGULO, 2009): 42%.

Pôde-se constatar que o valor da mediana de perda de argamassa permitiu o cumprimento da meta estabelecida pela empresa construtora (6%), sendo significativamente inferior aos valores de referência disponíveis

Figura 5 – Resultados do indicador de perdas de argamassa

PERÍODO	DATA	INDICADOR DE PERDA (%)	
		ARGAMASSA	
		Resultado	Avaliação
1ª semana	09/12/08 a 12/12/08	6,2%	😊
2ª semana	15/12/08 a 05/01/09	4,9%	😊
3ª semana	06/01/09 a 09/01/09	9,0%	😐
4ª semana	12/01/09 a 16/01/09	15,7%	😐
5ª semana	19/01/09 a 23/01/09	19,6%	😐
6ª semana	26/01/09 a 30/01/09	0,4%	😊
7ª semana	02/02/09 a 06/02/09	-2,4%	😊
8ª semana	9/02/09 a 13/02/09	4,1%	😊
9ª semana	16/02/09 a 20/02/09	35,4%	😐

em pesquisa nacional (AGOPYAN et al., 1998) e considerado como “aceitável” em publicação técnica especializada (ANGULO, 2009).

## 5. Considerações finais

O programa obra monitorada mostrou ser viável a metodologia adotada para a condução das atividades de implantação da tecnologia construtiva da alvenaria de vedação racionalizada com blocos de concreto.

É importante ressaltar que o trabalho realizado tornou-se o padrão de referência no que diz respeito a coleta de dados e aos valores resultantes do indicador de perda de blocos e de argamassa industrializada, quando comparado com as demais práticas da cidade de Recife/PE. Os indicadores coletados serviram de balizamento para a adoção de medidas corretivas quando identificados resultados indesejados.

No que diz respeito aos blocos de concreto e a argamassa industrializada, conclui-se que a implementação das atividades estabelecidas no programa obra monitorada, assim como a realização das ações descritas, permitiram o êxito apontado pelos resultados obtidos dos indicadores monitorados.

Cabe ressaltar a necessidade de continuidade e de difusão do conhecimento, principalmente, quando da finalização do estudo, o qual inclui ainda a análise comparativa da alvenaria cerâmica a ser utilizada em outra edificação do mesmo condomínio, buscando consolidar as boas práticas e a disseminação da utilização em outras obras da construtora (responsável pela obra) e demais empresas do mercado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [01] AGOPYAN, V.; SOUZA, U.E.L.; PALIARI, J.C.; ANDRADE, A.C. Alternativas para redução do desperdício de materiais nos canteiros de obra. Disponível em: <http://habitare.infohab.org.br/pdf/publicacoes/arquivos/104.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2009.
- [02] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Programa obras acompanhadas: alvenaria de vedação. São Paulo: Comunidade da Construção/ABCP, 2007.
- [03] ANGULO, S. Desperdício de blocos. Revista Técnica, São Paulo, v.17, n.142, p. 29, jan. 2009.
- [04] BARROS, M.M.S.B. Metodologia para implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios. 1996. 422p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- [05] CIMPOR BRASIL. Catálogo de produtos. [entre 2000-2005]
- [06] DUEÑAS PEÑA, M. Método para a elaboração de projetos para produção de vedações verticais em alvenaria. São Paulo, 2003. 160p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- [07] GUSMÃO et al. Análise da geração de resíduos na execução do assentamento de alvenarias em obras de construção de edifícios. Recife: PIBIC/POLI, 2006. (Relatório final de bolsista de iniciação científica)
- [08] LORDSLEEM JR., A.C. Adequação, implantação e acompanhamento de programa de monitoramento de obra com alvenaria de vedação racionalizada com blocos de concreto: relatório final de atividades 2008. Recife: ABCP/SEBRAE, 2008.
- [09] LORDSLEEM JR., A.C. Metodologia para capacitação gerencial de empresas subempreiteiras. 2002. 294p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- [10] PAREX BRASIL. Qualimassa. Disponível em: [http://www.portokoll.com.br/ produtos\\_ qualimassa.htm](http://www.portokoll.com.br/ produtos_ qualimassa.htm). Acesso em: 04 mar. 2009.
- [11] SOUZA, R. Empresas redesenham seu modelo de negócios. Gazeta Mercantil, São Paulo. 26 fev, 2009.
- [12] SOUZA, U.E.L. Como reduzir perdas nos canteiros: manual de gestão do consumo de materiais de construção civil. São Paulo: Pini, 2005. 128p.
- [13] TCPO 12. Tabelas de composição de preços para orçamentos. São Paulo, PINI, 2003.
- [14] VOTORANTIM. Votomassa. Disponível em: <http://www.votorantimcimentos.com.br/ hotsites/ argamassa/base.htm>. Acesso em: 04 mar. 2009. ♦

# REVISTA IBRACON DE ESTRUTURAS E MATERIAIS IBRACON STRUCTURES AND MATERIALS JOURNAL



A Revista IBRACON de Estruturas e Materiais objetiva divulgar os desenvolvimentos atuais e os avanços nas áreas de estruturas e materiais de concreto. A Revista incluirá artigos sobre:

- Normalização
- Projetos estruturais
- Estruturas de concreto
- Estruturas mistas
- Cimento
- Materiais cimentantes e seus derivados
- Concreto e argamassa
- Materiais poliméricos de reforço
- Betuminosos usados na construção civil.

A Revista publicará artigos sobre a pesquisa científica e tecnológica, o desenvolvimento e a aplicação do concreto estrutural. Assim como, contribuições originais que tratam da mecânica da fratura, aspectos da durabilidade, propriedades estruturais, modelagem de comportamento e outras farão parte da Revista.

Os artigos são revisados pelo Conselho Editorial e por profissionais nacionais e internacionais selecionados dentre os associados do IBRACON com reconhecida competência nos assuntos específicos.



**SE VOCÊ ANUNCIA EM VEÍCULOS  
NÃO-FILIADOS AO IVC É ASSIM:  
VOCÊ NUNCA SABE EXATAMENTE  
PELO QUE ESTÁ PAGANDO.**

O IVC é o responsável pela auditoria de circulação nos principais jornais e revistas do país. É ele quem oferece informações de circulação confiáveis para seu planejamento de mídia. Não corra o risco de ter seu anúncio publicado em menos exemplares do que foi comprado. Anuncie em veículos filiados ao IVC.



INSTITUTO VERIFICADOR DE CIRCULAÇÃO  
www.ivc.org.br | Tel.: (21) 2263-7791

Você não calcula  
o quanto estamos  
presentes na sua vida

Tornar realidade, os projetos de arquitetura e engenharia, com excelência técnica e equilíbrio entre segurança, economia e sustentabilidade.

Esse é o grande desafio do engenheiro estrutural.

Conte com os associados da ABECE em seu projeto de estruturas e você vai comprovar qualidade, segurança e economia em seu investimento.

Conheça a



Av. Brig. Faria Lima, 1993  
6ºand. Conj. 61  
CEP 01452-001 - São Paulo - SP  
Tel.: (11) 3938-9400  
Fax: (11) 3938-9407  
abece@abece.com.br  
www.abece.com.br

**Empreendimento:** Rochaverá Corporate Towers (Green Building - TRIPLE A)

**Projeto estrutural:** Escritório Técnico Julio Kasoy e Mario Franco Engenheiros Civis Ltda.

**Projeto arquitetônico:** Aflalo & Gasperini Arquitetos **Construtora:** Método Engenharia

**Incorporação:** Tishman Speyer

Apoio

