

# CONCRETO

& Construções



**IBRACON**

Instituto Brasileiro do Concreto

Ano XXXIX | # 61  
Jan. • Fev. • Mar. | 2011  
ISSN 1809-7197  
www.ibracon.org.br

## ■ PERSONALIDADE ENTREVISTADA



Eduardo Millen: presidente da ABECE

## ■ NORMALIZAÇÃO TÉCNICA



ABNT NBR 15146-1 entra em vigor em abril

## ■ METRÔ LINHA VERMELHA



Reforço para transferência de cargas



# Arenas Esportivas

Projetos de referência para a Copa 2014

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

## ADITIVOS



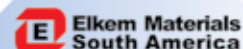
## EQUIPAMENTOS



Equipamentos e Sistemas de Ensaio



## ADIÇÕES



## JUNTAS



## ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO



Escola Politécnica - USP



PORTUGAL 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



### CONSTRUTORAS



### FÓRMAS



### CIMENTO



### AGREGADOS



### GOVERNO



### CONCRETO



## 19 Arenas Esportivas Multifuncionais

Projeto do Estádio Centenário: referência em planejamento para as arenas da Copa 2014



## 26 Melhores Práticas

Metodologia de transferência de carga na Estação República do Metrô de São Paulo

## 35 Concreto e Arquitetura

Projeto da Arena Pantanal: marco em sustentabilidade e requalificação urbana



## 38 ABNT NBR 15146

Comissão de Estudos aponta como ficou a norma que regula a qualificação do profissional responsável pelo controle tecnológico do concreto

## 45 Concreto pré-moldado

Estádio Nuevo Mestalla: legado da construção racionalizada no projeto e execução de estádios de futebol



## 60 Solucionando problemas

Medidas simples para minimizar a possibilidade de patologias e para melhorar o desempenho e qualidade das edificações

## 66 Pesquisa Aplicada

A dinâmica estrutural aplicada aos projetos de estádios de futebol



### Créditos Capa:

Montagem a partir de fotos do Estádio Nuevo Mestalla | Ellemento-Arte

## SEÇÕES

5 Editorial

6 Converse com IBRACON

8 Personalidade Entrevistada: Eduardo Millen

25 Mantenedor

55 Concreto Notícias

74 Acontece nas Regionais

77 Normas Técnicas

82 Mercado Editorial



INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO

Fundado em 1972

Declarado de Utilidade Pública Estadual | Lei 2538 ce 11/11/1980

Declarado de Utilidade Pública Federal | Decreto 86871 de 25/01/1982

**Diretor Presidente**  
José Marques Filho

**Diretor 1º Vice-Presidente**  
(em aberto)

**Diretor 2º Vice-Presidente**  
Túlio Nogueira Bittencourt

**Diretor 1º Secretário**  
Nelson Covas

**Diretor 2º Secretário**  
Sonia Regina Freitas

**Diretor 1º Tesoureiro**  
Claudio Sbrighi Neto

**Diretor 2º Tesoureiro**  
Carlos José Massucato

**Diretor Técnico**  
Carlos de Oliveira Campos

**Diretor de Eventos**  
Luiz Prado Vieira Júnior

**Diretor de Pesquisa e Desenvolvimento**  
Ângela Masuero

**Diretor de Publicações e Divulgação Técnica**  
Inês Laranjeiras da Silva Battagin

**Diretor de Marketing**  
Luiz Carlos Pinto da Silva Filho

**Diretor de Relações Institucionais**  
Mário William Esper

**Diretor de Cursos**  
Flávio Moreira Salles

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



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 Luis Pedrosa - MTB 41728  
fabio@ibracon.org.br

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

**PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO**  
Gill Pereira (Ellemento-Arte)  
gill@ellemento-arte.com

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

**Gráfica:** Ipsis Gráfica e Editora  
Preço: R\$ 12,00



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

Copyright 2011 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**  
Túlio Bittencourt, PEF-EPUSP, Brasil

**COMITÊ EDITORIAL**

Ana E.P.G.A. Jacintho, PUC-Campinas, Brasil  
Ângela Masuero, UFRGS, Brasil  
Hugo Rodrigues, ABCP, Brasil  
Inês Battagin, ABNT, Brasil  
Íria Lícia Oliva Doniak, ABCIC, Brasil  
José Luiz A. de Oliveira e Sousa, UNICAMP, Brasil  
José Marques Filho, IBRACON, Brasil  
Luís Carlos Pinto da Silva Filho, UFRGS, Brasil  
Maryangela Geimba de Lima, ITA, Brasil  
Paulo Helene, PCC-EPUSP, Brasil

IBRACON

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

## Concreto e o Homem

Indubitavelmente, o IBRACON consolidou sua imagem como entidade que promove a excelência técnica e como um vetor para a disseminação do conhecimento do concreto no Brasil. É um ponto de encontro importante para o debate responsável da tecnologia do concreto, nucleando novas ideias e processos. Este sucesso esconde uma meta importante do instituto que é um aumento da inclusão da comunidade da engenharia civil em seus processos, capilarizando suas conquistas para toda a comunidade técnica nacional. Iniciando um novo ano, para cumprir este objetivo, a Diretoria foca suas atenções em algumas atividades que considera vitais para o fortalecimento do IBRACON:

- Aumento dos associados através de maior representatividade nas diretorias regionais;
- Ampliação de fóruns de discussões técnicas, com a ativação de comitês técnicos, aliada a encontros para disseminação de soluções e debates de temas importantes com a comunidade técnica;
- Aderência às políticas de sustentabilidade e criação de índices para avaliar os progressos importantes do setor do concreto no caminho de um desenvolvimento econômico social sustentável;
- Participação no desenvolvimento da normalização brasileira e internacional sobre toda a cadeia produtiva do concreto, criando material de suporte para a melhor compreensão e disseminação dos conceitos das normas;
- Aumento da geração de publicações especializadas, envolvendo a academia e o sistema produtivo, com esforço no desenvolvimento de revista indexada com padrão



internacional, aliada aos fundamentais textos de formação e difusão através de livros, boletins técnicos, comunicações eletrônicas e revistas de divulgação técnica;

- Apoio a cursos relativos à cadeia produtiva do concreto, juntamente com treinamento e certificação de mão de obra, visando aumentar a eficiência e a inclusão de todos os intervenientes no processo produtivo do concreto;
- Crescimento das ferramentas eletrônicas disponíveis aos associados, com disponibilidade de treinamento, painel de cursos e eventos, divulgação de novas publicações e resumos de resultados dos debates em desenvolvimento.

O estudo de um material versátil como o concreto, com custo módico, matéria-prima abundante, se faz necessário para a satisfação das necessidades de infraestrutura da sociedade, tendo como foco o ser humano. Os desafios gerados pelo desenvolvimento da tecnologia do concreto, com aumento das possibilidades de aplicação, melhoria contínua de suas propriedades físicas e de sua durabilidade, ajustando cada vez mais seus processos em busca de uma economia sustentável, fazem parte da criação de uma sociedade mais justa, com infraestrutura disponível para todos como forma de garantia de vida digna aos brasileiros.

Este sim é um desafio digno do IBRACON, tendo a certeza de que o ponto central da engenharia é o homem. Portanto, uma participação cada vez mais intensa e colaborativa de todos os atores da cadeia produtiva do concreto é mais do que importante, é essencial para dar sentido à existência do Instituto.

JOSÉ MARQUES FILHO  
DIRETOR-PRESIDENTE DO IBRACON

# Converse com o IBRACON

## **PUBLIQUE SEUS TRABALHOS CIENTÍFICOS NA RIEM!**

**A** Revista IBRACON de Estruturas e Materiais - RIEM foi lançada em 2008, resultado da fusão da Revista IBRACON de Estruturas (RIEST) e da Revista IBRACON de Materiais (RI-MAT), publicações científicas online editadas pelo Instituto Brasileiro do Concreto. Seu objetivo é divulgar as pesquisas técnico-científicas sobre os mais variados aspectos do concreto, material construtivo mais largamente empregado na construção civil, além de notas técnicas e discussões sobre tais pesquisas e inovações. A Revista tem o objetivo de promover a difusão e a melhor compreensão do estado da arte da construção em concreto, tanto no que se refere a estruturas, como no que tange à tecnologia e aos materiais que compõem o concreto. Fornece subsídios para um fórum de debates entre investigadores, produtores e usuários desses materiais e estruturas, incentivando o desenvolvimento da pesquisa científica e construindo uma ponte que relaciona aspectos da ciência de materiais, da teoria das estruturas e do desempenho do concreto. Visa promover o desenvolvimento do setor de Construção Civil, através da colaboração conjunta de cientistas, engenheiros, projetistas, construtores, fabricantes de materiais e usuários de estruturas de concreto.

Qualificada no sistema QUALIS, da CAPES, a RIEM é excelente veículo para a divulgação de trabalhos acadêmicos e de pesquisas tecnológicas sobre o concreto e seus sistemas construtivos, uma vez que é dirigida a todos os profissionais dos variados segmentos da cadeia construtiva do concreto, no Brasil e no mundo. A publicação é também armazenada no site do *American Concrete Institute* - ACI, sendo diretamente acessada por seus filiados. Tanto a submissão de artigos como a leitura das edições da RIEM podem ser feitas livremente, sem quaisquer custos.

### **Tipos de Contribuição**

A Revista publica artigos técnico-científicos inéditos e originais, artigos de comunicação técnica, discussão e réplica dos autores. Na página da RIEM na internet podem ser publicados relatórios de conferências e de reuniões relevantes e revisões de livros. Todas as contribui-

ções serão revisadas e somente publicadas com a aceitação do Editor e do Conselho Editorial do IBRACON.

Restrições de conteúdo e espaço (tamanho) poderão ser impostas, conforme decisão do editor e revisores. As contribuições são aceitas somente em inglês, ou em dois idiomas, sendo um deles o inglês.

### **Artigo**

Apenas artigos técnicos inéditos e originais, que estejam de acordo com o escopo da Revista e apresentem qualidade de informações e apresentação, serão aceitos para publicação. As diretrizes para a elaboração e submissão dos artigos estão detalhadas no Guia de Redação de Artigo, disponibilizado no site da Revista.

### **Comunicação técnica**

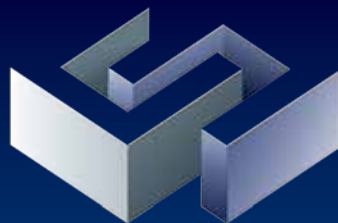
A comunicação técnica é um trabalho sucinto e tem o objetivo de apresentar as novidades em pesquisa, desenvolvimento e aplicação tecnológica na área de materiais de construção civil. Os trabalhos não precisam ser necessariamente conclusivos, pois têm a função de introduzir um novo tema na pauta de discussões. É um espaço reservado a indústrias, empresas, universidades, instituições de pesquisa, pesquisadores e profissionais que queiram divulgar os seus trabalhos e produtos ainda em fase de desenvolvimento. Os procedimentos e formatos para submissão estão detalhados no Guia de Redação de Comunicação, disponibilizado no site da Revista.

### **Discussão e Réplica**

A Discussão será recebida, no máximo, após três meses da publicação do Artigo ou da Comunicação Técnica a que se refere. As Discussões e as Réplicas não devem ultrapassar o limite de três páginas (incluindo figuras, tabelas e referências bibliográficas) e devem seguir a Folha de Estilos de Discussão e Réplica. A Discussão não deve ser ofensiva e deve limitar-se ao escopo do trabalho a que se refere. Será concedido o direito de réplica aos Autores. As Discussões e as Réplicas de um determinado Artigo ou Comunicação Técnica são publicadas no número subsequente da Revista.

**Mais informações, acesse:** Menu Publicações/ Revista IBRACON de Estruturas e Materiais no site [www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br). ■

# SOLUÇÕES EM CONCRETO PARA CONSTRUÇÃO CIVIL É:



## CONCRETE SHOW 2011

SOUTH AMERICA - BRAZIL - SÃO PAULO

Um oferecimento de:



**31 DE AGOSTO  
A 2 DE SETEMBRO**

**CENTRO DE EXPOSIÇÕES IMIGRANTES**

### AINDA MAIS COMPLETO

- Mais de 500 expositores nacionais e internacionais
- 50% a mais de empresas internacionais
- 30% de novos expositores
- 34% maior do que a edição anterior
- 150 palestras simultâneas sobre inovações em pavimentação e outros temas
- Evento integrado: Global Infrastructure Forum

**O MAIOR E MAIS IMPORTANTE EVENTO DE SOLUÇÕES  
EM CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO, EDIFICAÇÃO E  
INFRAESTRUTURA DA AMÉRICA LATINA**

**NÃO FIQUE DE FORA! 11 4689.1935 • concrete@concreteshow.com.br  
www.concreteshow.com.br**

#### Apoio



#### Parceiros de Mídia Internacional



#### Realização





## Eduardo Barros Millen

PROJETISTA COM LARGA EXPERIÊNCIA NO CÁLCULO ESTRUTURAL E NA COORDENAÇÃO, GERENCIAMENTO E CONSULTORIA DE PROJETOS E CONSTRUÇÕES DE OBRAS INDUSTRIAIS, COMERCIAIS, AEROPORTUÁRIAS E RODOVIÁRIAS, EDUARDO MILLEN COMANDA ATUALMENTE A ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA E CONSULTORIA ESTRUTURAL (ABECE), ENTIDADE NACIONAL COMPROMETIDA COM A VALORIZAÇÃO DA PROFISSÃO DOS ENGENHEIROS ESTRUTURAIS.

MILLEN FORMOU-SE ENGENHEIRO CIVIL PELA ESCOLA POLITÉCNICA DA USP, EM 1969. ESPECIALIZOU-SE EM ESTRUTURAS ESPECIAIS DE CONCRETO ARMADO E PROTENDIDO (POLI, 1971) E EM ADMINISTRAÇÃO NA ÁREA DE PRODUÇÃO E OPERAÇÕES INDUSTRIAIS (FGV, 1975).

EM SUA CARREIRA PROFISSIONAL, PASSOU PELAS EMPRESAS CINASA (1969-1976), RACIONAL ENGENHARIA (1976-1978) E NORDON INDÚSTRIAS METALÚRGICAS (1979-1996), ASSUMINDO NESTA A CHEFIA DO SETOR DE ENGENHARIA CIVIL E DE COORDENAÇÃO DE PROJETOS.

ATUALMENTE, É SÓCIO DIRETOR DA ZAMARION E MILLEN CONSULTORES, EMPRESA DE PROJETOS E CONSULTORIA FUNDADA EM 1981.

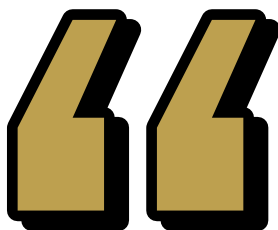


**IBRACON - CONTE-NOS SOBRE SUA CARREIRA PROFISSIONAL, SOBRE AS PRINCIPAIS ESCOLHAS FEITAS E SEUS MOTIVOS. POR QUE DECIDIU CURSAR ENGENHARIA? POR QUE OPTOU PELA ÁREA DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO?**

**Millen** - A escolha da profissão foi influenciada por um tio, que era engenheiro civil. Meu pai era médico veterinário e engenheiro agrônomo, profissões com as quais eu não tinha muita afinidade, apesar de nossa convivência ter sido sempre muito boa. Este meu tio engenheiro estava sempre com a família e, de vez em quando, ele me levava para visitar obras aqui em São Paulo. Eu peguei gosto pela coisa e fui fazer engenharia. Esta foi, talvez, a razão por ter optado por esta área.

Acho que acertei, porque fiz o curso sem aquelas inquietações: ‘Será que estou no curso errado?’; ‘Será isso o que quero para minha vida?’. Evidentemente, quando se é jovem e se escolhe uma profissão, não se tem a exata noção do que vai ser a carreira que se está escolhendo. Pode acontecer de se estar pensando uma coisa e a carreira ser completamente diferente. Eu tive sorte! Acertei! É o que eu gosto. Gosto do meu trabalho. Gosto do que faço.

Eu me formei na Escola Politécnica em 1969. Já, no penúltimo ano, comecei a estagiar. Meu primeiro estágio foi na antiga Cetenco (Construtora Centenário SA, na época), porque este meu tio trabalhava lá. Fiquei um ano trabalhando na Cetenco. Mas, a área era de orçamentos, o que não era bem o que queria. Eu pretendia ir para projetos. No ano seguinte, fui estagiar no Escritório Figueiredo Ferraz. Eu tinha dois professores que trabalhavam lá, o João Del Nero e Mosze Gitelman que me levaram para o Escritório Figueiredo Ferraz. Fiquei um ano lá. Gostei do projeto, do cálculo estrutural.



POR TER POUCA GENTE TRABALHANDO COM PRÉ-MOLDADO NAQUELA ÉPOCA NO BRASIL, POR HAVER, PORTANTO, UMA POSSIBILIDADE DE DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA, OPTEI POR TRABALHAR COM O CONCRETO PRÉ-MOLDADO.



Quando terminei o curso, estava havendo um boom da engenharia no país, muitas obras, você tinha emprego para escolher. Apareceu uma oportunidade de eu trabalhar com pré-moldado de concreto na Cinasa. Quem me indicou foi o próprio pessoal da Figueiredo Ferraz. Eu gostei por causa do desafio: o pré-moldado na época era uma solução estrutural nova, não era muito acreditado. Com o pré-moldado fazia-se mais casinhas populares e paredes pré-moldadas, coisas mais simples. Mas, a Cinasa estava enveredando para um caminho de obras industriais, obras mais pesadas. Tinha pouca gente trabalhando com pré-moldado naquela época no Brasil, havendo, portanto, uma possibilidade de desenvolvimento da tecnologia. Acabei por ficar sete anos na Cinasa. Em seguida, fui para a Racional Engenharia, ficando mais uns dois ou três anos lá. Depois fui para a Nordon Indústrias Metalúrgicas, como chefe do departamento de engenharia civil. A Nordon fazia projetos estruturais de fábricas e de tanques para a indústria química e petroquímica, tendo eu sido promovido para gerente de toda a engenharia. Fiquei 16 anos na Nordon.

Em 81, abri o escritório de projetos junto com o eng. José Zamarion Ferreira Diniz, enquanto eu estava na Nordon. Depois sai de Nordon para me dedicar ao escritório. O Zamarion, eu conheci na Cinasa, em 1971, e, de lá para cá, a gente esteve sempre juntos.

**IBRACON - QUAIS AS PRINCIPAIS RESPONSABILIDADES E ATRIBUIÇÕES DO ENGENHEIRO ESTRUTURAL NO SÉCULO XXI?**

**Millen** - A obrigação do engenheiro estrutural é conhecer as normas que ele utili-

za para trabalhar. A norma básica das estruturas de concreto é a NBR 6118:2007. Na minha área de pré-moldados, temos: a NBR 9062:2006. E as outras normas correlatas: execução de concreto, ensaios de corpo de prova etc.

Outra coisa fundamental é a ética. A ética, a honestidade no trabalho: você vai atender seu cliente, mas deve ser suficientemente corajoso para dizer-lhe não para casos em que a solução oferecida não vai dar certo do ponto de vista técnico. Precisa deixar de lado a parte comercial para ser rigoroso, principalmente com as questões relacionadas às normas, como, por exemplo: o cobrimento das armaduras, o pilar muito esbelto para uma vaga a mais na garagem, mas que repercute na qualidade da obra. Se você abre mão, aquilo, mais cedo ou mais tarde, vai lhe dar um problema, vai voltar para sua mão igual a um bumerangue.

**IBRACON - A PROFISSÃO TORNOU-SE MAIS SIMPLES OU MAIS COMPLEXA COM O AVANÇO DA TECNOLOGIA DO CONCRETO E O ADVENTO DOS SOFTWARES DE PROJETO? QUAIS OS DESAFIOS ENFRENTADOS HOJE PELO PROFISSIONAL QUE O ENGENHEIRO NO PASSADO NÃO TINHA CONSCIÊNCIA?**

**Millen** - Mudou bastante. Quando me formei usava régua de cálculo e comecei, a trabalhar com prancheta e com uma calculadora de 4 operações. Hoje, a informática é uma ferramenta fundamental para a engenharia. Mudou o sistema, a forma de fazer projeto e, principalmente, a quantidade de projetos. O que se fazia antigamente em três meses, hoje se faz em uma semana, porque os cálculos matemáticos ficaram muito mais rápidos. Entretanto, há um ponto importante nesta questão da utilização da informática, no tocante à

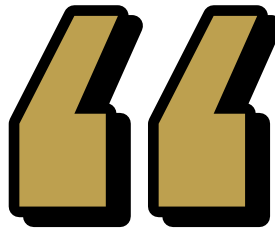
qualidade do projeto: com ou sem informática, o mais importante num projeto é a concepção do sistema estrutural e esta concepção quem deve dar é o engenheiro. Mesmo antigamente, quando se usava prancheta e uma calculadora simples, a concepção era fundamental e, hoje, continua sendo, mas agora se monta a concepção estrutural numa tela de computador, com mais possibilidades de fazer testes e verificações. Na hora que se define o sistema estrutural - as ligações, as juntas de dilatação, os critérios gerais do seu projeto - aí começa a informática. Se foi feita uma boa concepção, então o projeto vai bem e a obra vai bem; caso contrário, vai se ter problema no projeto, na execução, na vida útil da obra.

A concepção parte de um estudo, de uma ideia. Como vai ser a estrutura? De concreto, de aço, de madeira, mista? Pré-moldada, moldada no local, protendida? Quais os vãos mais adequados para a estrutura? Qual a sobrecarga que ela vai suportar? A laje é plana, nervurada, protendida? Essa concepção, os critérios do projeto, são as coisas importantes, en-

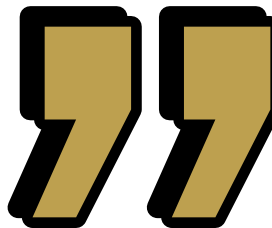
fim, na escolha da estrutura. Isso sempre existiu, independentemente da informática. Às vezes, se pensa: "Com a informática é muito fácil. Você joga alguns pilares, vigas e lajes, e pronto! Faz um prédio".

Não faz! O computador dá uma resposta, o computador dá um resultado, em função daquilo que se concebeu. Por isso, digo que a concepção deve estar bem conceituada, bem definida, para que o resultado fornecido pelo computador esteja certo.

Aqui no escritório, não sai nada do computador sem que eu ou o Zamarion olhe, porque temos uma certa experiência.



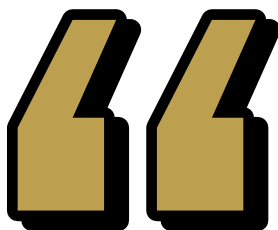
COM OU SEM INFORMÁTICA, O MAIS IMPORTANTE NUM PROJETO É A CONCEPÇÃO DO SISTEMA ESTRUTURAL, QUE É RESPONSABILIDADE DO ENGENHEIRO.



Com mais de quarenta anos de formados e sempre trabalhando nesta área, ao olharmos o resultado que sai do computador, temos uma noção se aquilo está na direção certa. Se o resultado não for o esperado, então se volta para trás, para verificar as entradas, o que foi lançado no computador e, inclusive, se necessário, revisar a concepção. Essa é uma vantagem significativa da informática. Antigamente, ao se ver um resultado errado, para voltar atrás e pensar noutra solução, se levava mais 15 dias. Hoje, se leva algumas horas. Muda-se no computador os parâmetros e se vê se o resultado é melhor ou não do que o inicial.

Outro aspecto trazido pela informática é o aprisionamento do engenheiro estrutural, pois o engenheiro ficou refém das vantagens trazidas pela informática. Porque os clientes exigem prazos impossíveis de serem cumpridos, mesmo com a informática. Porque a engenharia estrutural perdeu, com a mudança, o foco na responsabilidade do projeto. Antigamente, quando se fazia um projeto, se cobrava pela responsabilidade efetiva e pelo tempo que se gastava para executar o projeto. Você tem um escritório, seus colaboradores, tem que pagar a folha de pagamento no final do mês. O custo do projeto envolve tudo isso. Mas, tem um fator intrínseco ao processo, que é a responsabilidade legal e técnica pelo projeto: se você fizer uma coisa errada, você está sujeito a prisão. Com o advento da informática, a velocidade de execução aumentou, mas a remuneração do projeto não aumentou, diria até que não se manteve, comparada ao período quando se fazia menos projetos. Se antes um projeto levava três meses para se fazer, se ganhava sobre os três meses de tra-

balho e sobre a responsabilidade do projeto. Hoje, se faz aquele mesmo projeto em quinze dias, se recebe por este prazo, mas não pela responsabilidade do projeto. E hoje esta responsabilidade é muito mais exigida pelo cliente, pelos usuários do projeto e da obra, porque a sociedade está mais consciente de seus direitos. Com toda razão: eu também faço parte da sociedade e, se tem algum fornecedor que me dá alguma coisa errada, eu vou exigir meus direitos.



TEM UM FATOR INTRÍNSECO AO PROCESSO [DE TRABALHO NUM ESCRITÓRIO DE PROJETOS], QUE É A RESPONSABILIDADE LEGAL E TÉCNICA PELO PROJETO.



**IBRACON - MAS, A REMUNERAÇÃO PELO PROJETO CAIU EM QUANTO? EXISTE UMA PORCENTAGEM DA PERDA ACARRETADA AO PROJETISTA?**

**Millen -** Ao se pegar uma obra feita há trinta anos e ao atualizá-la por qualquer índice de correção, para se saber o quanto se cobra hoje pelo projeto da obra, o valor hoje está mais ou menos pela metade do preço de antigamente. No Brasil, existe uma exploração da engenharia estrutural que é aviltante. A ABECE desenvolve um trabalho de valorização do engenheiro estrutural. Hoje, se faz um projeto de um edifício comercial ou residencial a 10, 12 ou 14 reais o metro quadrado, conforme o tipo de prédio, em função de sua complexidade. Mas, se vê locais no Brasil onde o pessoal cobra 3 reais o metro quadrado. Com isso, não dá para manter um escritório bem constituído, pagando seus impostos, remunerando adequadamente os profissionais que nele trabalham, mantendo-se atualizado com novas técnicas e softwares. Mesmo para quem trabalha sozinho - em sua casa, no seu computador, tendo menos custos - cobrar 3 ou 4 reais o metro quadrado não dá para se manter: não se paga as necessidades todas, enfim.

Isso foi culpa nossa! Eu não diria que foi nosso contratante, nosso cliente, que forçou esta situação. Depois que o cliente acostumou com determinado nível de remuneração, aí não teve mais volta. Foi a concorrência entre os próprios estruturalistas que levou a esta situação. Aí que eu falo que a ética é importante. A nossa luta tem sido esta: de revalorização do trabalho. A ABECE tem uma tabela de honorários de referência para projetos de edificações e de casas e estamos trabalhando em novas tabelas para obras industriais, para pontes e viadutos. A de edificações e residências está em nosso site e é uma referência. Para que tem essa referência? Não é que o calculista vai usar aquilo, mas o próprio contratante tem uma fonte de referência para montar seu 'budget': é uma tabela com diversos itens para serem preenchidos que lhe fornece um valor final em função do CUB (Custo Unitário Básico da Construção), que qualquer construtor utiliza para aferir seus custos. O contratante, tendo este valor previsto no 'budget', abre uma concorrência, onde, claro, cada um dá seu preço, mas ele tem uma média, vai ser um pouco mais ou um pouco menos.

**IBRACON - O ENGENHEIRO ESTRUTURAL SAI PRONTO DA FACULDADE PARA O MERCADO DE TRABALHO? O QUE ELE PRECISA FAZER PARA SE ATUALIZAR E PARA SER UM PROFISSIONAL RECONHECIDO, DURANTE E APÓS O CURSO DE ENGENHARIA?**

**Millen** - O engenheiro não sai pronto, não! Já, há um bom tempo, o engenheiro não sai com a formação adequada para o mercado de trabalho. Mesmo na minha época, ele não saía. Eu tive uma conceituação teórica, mas se vai aprender mesmo no dia a dia do trabalho, desenvolvendo os pro-

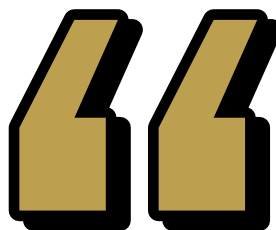
jetos, pesquisando. Mas, hoje, nós temos um mau reconhecimento do trabalho dos professores: poucos bons professores ainda estão na área, porque a remuneração é baixa e o mercado de trabalho, hoje, aquecido, faz com que os professores busquem uma melhor remuneração no mercado. Então, em primeiro lugar, há uma falta, uma carência de bons professores, apesar destes ainda existirem.

Em segundo lugar, temos o sistema de cotas para ingresso nas universidades, que é um prejuízo para o país. Hoje, existem

escolas superiores de engenharia que dão 30 a 40% de cotas para as mais variadas situações: pobreza, racial, escola pública. Então, o que acontece: desestimula-se o camarada que estudou, para quem a família pagou um colégio particular para ter uma boa formação, para fazer uma boa faculdade. No final, este estudante vai ser preterido por um outro que tem menos capacidade do que ele para passar no vestibular. Por sua vez, o curso universitário vai acabar sendo menos produtivo porque a classe não vai responder ao que o professor está exigindo. O professor vai dando aula, ele vê que tem algumas limitações e não consegue ir com a matéria para frente.

O foco do governo não deveria ser dar cotas para universidade, mas melhorar o ensino público fundamental. Eu fiz

escola pública - primário, ginásio e científico - e entrei na USP, porque no meu tempo tinha boa escola pública. Depois esta foi se deteriorando. O aluno que estuda em escola pública hoje, não tem condições de prestar o vestibular e passar, sem as cotas, porque a concorrência é grande. O investimento tem que ser na educação desde o começo, para que



SE TEM UMA CONCEITUAÇÃO TEÓRICA, MAS SE APRENDE MESMO NO DIA A DIA DO TRABALHO, DESENVOLVENDO PROJETOS E PESQUISANDO.



a pessoa tenha a capacidade de competir com outro. Hoje, a escola pública não dá a formação, que é uma obrigação do Estado pela Constituição.

Educação de base que não atinge seus objetivos, professores mal remunerados (heróis por abraçar uma carreira dessas, para dar aula numa periferia, com dificuldade de acesso, com violência e tudo mais), o aluno, num ambiente desses, com pouca qualidade para se instruir. Resultado na prática: o aluno sai da faculdade, com o diploma na mão, mas sem condição alguma de produzir no trabalho. Ai ele vai ter que aprender no escritório, fazer um curso complementar. O empregador sabe que hoje ele não consegue empregar um recém-formado para pôr para trabalhar. Ele precisa dar uma assistência ao empregado, desenvolvê-lo dentro do escritório, da obra, onde quer que seja.

Essa pessoa, caso tenha vontade de se desenvolver dentro da engenharia, vai ter que fazer cursos complementares. Pós-graduação, mestrado, cursos que detectam uma falta de conhecimento requerida pelo mercado e dão a formação que a universidade não deu, ou que a universidade deu, mas que o aluno não teve condição de aprender.

**IBRACON - QUAL É ESSE TEMPO DE APRENDIZADO NECESSÁRIO PARA QUE O RECÉM-FORMADO GANHE AUTONOMIA?**

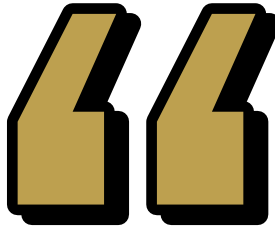
**Millen** - Depende muito do que a pessoa quer aprender e do que a empresa tem a oferecer. Eu diria que, num escritório de projeto, se aprende a vida inteira. Em 40 anos de projeto, eu estou aprendendo ainda, não posso dizer que sei tudo. Mas, vamos dizer que um engenheiro que fique dois ou três anos trabalhando em projeto, adquire condições de assumir a

responsabilidade de um projeto, evidentemente sempre sendo acompanhado. Claro, tem profissional que não vai chegar nunca, como tem profissional que vai chegar antes, porque tem mais facilidade de aprendizado e tem mais interesse.

**IBRACON - QUAIS OS REQUISITOS DE UM BOM PROJETO ESTRUTURAL?**

**Millen** - O projeto estrutural tem que ser simples. Aquele que não é simples no momento de seu desenvolvimento, não vai ser simples na obra, no momento de sua execução. Se é difícil fazer o projeto, será bem mais difícil fazer a obra. O projetista trabalha no escritório, num ambiente tranquilo, fazendo suas continhas no seu computador. É preciso saber o que se está fazendo, porque quem vai utilizar o projeto é o pessoal da obra, debaixo de sol, debaixo de chuva. Vai abrir um desenho (a nossa comunicação com a obra é o desenho) e não entende o que foi feito. Então, de duas uma: ou ele não tem capacidade de entender, ou o desenho não está suficientemente claro para o pessoal da obra entender o que o projetista está dizendo para ele. O desenho tem que ser simples. Quando começa a complicar, fica difícil de projetar e de executar, é bom parar, vamos pensar um pouco. O segundo requisito é que ele deve estar de acordo com as normas. Pode eventualmente fugir das normas, mas precisa estar muito bem conceituado, com uma justificativa muito boa. Mas, o bom projeto obedece as normas.

O terceiro requisito é ter um controle de qualidade. Isso é usual em todos os escritórios. Neste ponto, aquela pessoa que trabalha sozinha, não tem condições de fazer controle de qualidade de seu pro-



O PROJETO ESTRUTURAL TEM QUE SER SIMPLES. SE É DIFÍCIL FAZER O PROJETO, SERÁ BEM MAIS DIFÍCIL FAZER A OBRA.



jeto, porque, para identificar o próprio erro é muito mais difícil. Os bons escritórios, a maioria deles, têm alguém que faz o projeto e alguém que verifica, tanto a parte gráfica quanto a parte conceitual. Este controle de qualidade próprio é muito importante.

Hoje, está havendo uma prática no mercado, está se tornando freqüente, a verificação do projeto por um terceiro. O cliente contrata um projeto com um escritório e contrata outro escritório para verificar o projeto daquele primeiro. Isso será tanto mais útil e benéfico para a qualidade da obra (durabilidade, resistência, economia) quanto mais este trabalho seja feito em conjunto: um escritório desenvolve o projeto e o outro verifica junto, porque, neste caso, as decisões e especificações são tomadas em conjunto, evitando contratemplos, como o projetista fazer o trabalho, mas o verificador não concordar com aquilo, sendo necessário voltar para trás, nos prazos. Aqui é importante a ética também: quem verifica o projeto de um colega, tem que ter respeito por seu trabalho e ter consciência, como verificador, que não é o dono da verdade. O projetista pode estar desenvolvendo uma solução que não é a que você faria, mas que não está errado. Então, essa interação entre verificador e projetista tem que ser franca e amistosa, não pode criar conflito. O verificador é aquele que vai ajudar a fazer um bom projeto, e não aquele que vai criticar o trabalho do outro. Antigamente, não se falava de verificador, a não ser em obras públicas (metrô, hidrelétricas etc.), onde a própria companhia fazia a verificação, a estatal tinha um corpo técnico que fazia a verificação do projeto. Hoje, para um shopping cen-

ter, para um condomínio, o contratante contrata outro escritório para fazer a verificação. Mas, não são todas as obras. A gente tem feito muito trabalho de verificação de projeto aqui no escritório e tem sentido que esta solicitação aumentou. De dois ou três anos para cá, tem sido mais frequente. É uma prática saudável, importante, para evitar erros. Todos cometem erros. Então, se o verificador fala: "Aqui você cometeu um erro!". Eu digo: "Legal, evitou que este erro fosse para a obra, para a construção, o que poderia causar um problema sério!". Você está vendo que têm acontecido acidentes lamentáveis. Não se pode dizer nada sobre um acidente sem fazer uma perícia, um estudo. Mas, alguma coisa aconteceu para causar aquele acidente e, provavelmente, se tivesse sido feita uma verificação de projeto, um acompanhamento de obra, uma consultoria de fundações, uma consultoria de tecnologia do concreto, a possibilidade de acontecer uma falha seria muito menor.



HOJE, ESTÁ HAVENDO UMA PRÁTICA NO MERCADO, ESTÁ SE TORNANDO FREQUENTE, A VERIFICAÇÃO DO PROJETO POR UM TERCEIRO.



**IBRACON - O SENHOR TEM ACOMPANHADO OS PROJETOS CONTRATADOS PARA A**

**CONSTRUÇÃO DOS ESTÁDIOS QUE SEDIARÃO A COPA 2014? NA SUA VISÃO, ELAS TÊM ATENDIDO OS REQUISITOS DE UM BOM PROJETO ESTRUTURAL?**

**Millen** - Alguns. Temos conhecimento da Fonte Nova e de Cuiabá. Os estádios de futebol são obras tradicionais. Não se tem muitas novidades. A maior novidade que tem aparecido, de umas Copas para cá, é a cobertura em membranas. A parte de concreto - arquibancadas - muda um pouco o formato, a inclinação, mas a concepção não varia muito, no essencial. Dependendo da arquitetura, no Estádio da Fonte Nova, por exemplo, se tem ní-

veis diferentes conforme o lado do estádio: um lado tem mais pisos; o outro, menos. Então, tem detalhes estruturais especiais. Nós estamos trabalhando na revisão do projeto estrutural do estádio da Fonte Nova, em conjunto com a EGT. Um requisito fundamental no projeto de estádios é a questão do efeito dinâmico causado pelo público pulando. Hoje, essa condição de efeito dinâmico é um parâmetro importante no projeto de estádio, que está sendo levado em conta em bons projetos, porque diz respeito à boa técnica.

**IBRACON - ALÉM DO EFEITO DINÂMICO, QUAIS DEMAIS PARÂMETROS SÃO IMPORTANTES?**

**Millen** - A variação de carga é um parâmetro importante. Porque se pode ter um gomo do estádio cheio e o outro vazio, quando o estádio não está lotado. Tem-se, assim, uma sobrecarga no meio com as laterais vazias, por exemplo. Isso provoca variações de esforços na estrutura. Quando está tudo cheio, alguns esforços são menores do que quando o estádio está com apenas um trecho cheio. Então, há essa alternância de cargas, que deve ser levada em conta no projeto do estádio.

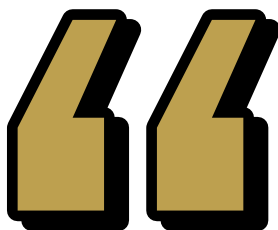
**IBRACON - NA SUA OPINIÃO, QUAIS SISTEMAS ESTRUTURAIS SÃO MAIS RECOMENDADOS PARA A CONSTRUÇÃO DE ARENAS ESPORTIVAS, TENDO EM VISTA O TRINÔMIO PRAZO-QUALIDADE-CUSTO? POR QUÊ?**

**Millen** - Fundamentalmente o pré-moldado que hoje, já adquiriu a maioria. No começo era difícil, era um desafio, para convencer o empreendedor que não era um castelo de cartas, onde tudo vai cair! Hoje, é uma tecnologia consagrada, com excelentes projetistas, com excelentes construtoras, tanto para o pré-fabricado de usina quanto para o pré-fabricado de

canteiro. E a velocidade do pré-moldado, a qualidade da peça pré-moldada. É muito mais fácil fazer uma peça no chão, fazer a armação no chão, a estrutura, o acabamento da peça, do que pôr uma fôrma a 10, 15m de altura, e fazer o trabalho lá em cima, com dificuldade, com o clima atrapalhando, operário em situação perigosa de trabalho. Então, o pré-moldado tem todas essas vantagens.

**IBRACON - QUAIS OS BENEFÍCIOS TRAZIDOS POR UM BOM PROJETO ESTRUTURAL?**

**Millen** - Prazo, qualidade, durabilidade e custo são os fatores fundamentais. O bom projeto vai ao limite do custo necessário para se ter a resistência que a obra vai precisar.



O BOM PROJETO VAI AO LIMITE DO CUSTO NECESSÁRIO PARA SE TER A RESISTÊNCIA QUE A OBRA VAI PRECISAR.

**IBRACON - QUAIS AS CONSEQUÊNCIAS QUE EM SUA OPINIÃO PODEM DECORRER DE MEDIDAS INADEQUADAS NA CONTRATAÇÃO DE PROJETOS DE ESTÁDIOS DE FUTEBOL PARA A COPA?**

**Millen** - Primeiro, é não ficar pronto a tempo. Nós estamos atrasados. Apesar de termos feito alguma coisa, estamos muito atrasados com o cronograma de Copa do Mundo, em relação às exigências que são feitas pela FIFA (exigências, ao meu ver, muitas vezes absurdas!). A Inglaterra, por exemplo, para fazer os Jogos Olímpicos de 2012, que não tem a mesma dimensão de uma Copa do Mundo, porque os torneios

se concentram numa cidade ou região, começou a trabalhar nos Jogos Olímpicos de 2012 em 2005, com 7 anos de antecedência. Eles ficaram 2 anos planejando para só depois começarem as obras. Hoje, estão alguns meses adiantados no cronograma. Eu falo isso porque assisti uma palestra de um inglês que é da equipe da empresa responsável pelo gerenciamento global das obras das Olimpíadas de Londres.



Em segundo lugar, um legado inadequado para sua continuidade de uso após o torneio.

**IBRACON - MAS VAI DAR TEMPO DE FAZER AS OBRAS NECESSÁRIAS, COM QUALIDADE?**

**Millen** - *Dá tempo. Mas, se vai sair bem feito é uma boa pergunta. Para se fazer uma obra bem feita, é preciso ter um bom projeto, é preciso ter um cronograma adequado de obras. O concreto tem prazo para adquirir resistência. Com toda tecnologia hoje do concreto, se pode ter avanços, adquirir uma resistência maior em menos prazo, mas tem um mínimo de tempo. Mais todas as especificações de FIFA de instalações e de segurança, depois da estrutura pronta. Quer dizer, mesmo com a estrutura pronta, existe uma etapa grande de obras a serem executadas. A estrutura de concreto estando pronta, tem todo um conjunto de instalações que demandam prazos e custos significativos. Eu não tenho conhecimento se estão contratadas essas instalações. Está contratada a arquitetura e a estrutura, mas ainda restam todas as outras instalações especiais para atenderem os requisitos da Copa do Mundo. Eu acho que já perdemos o bonde. Vai dar tempo, mas com qualidade? Eu duvido um pouco! Nós temos que começar a trabalhar já para as Olimpíadas de 2016, no Rio de Janeiro.*

**IBRACON - QUAL É A AVALIAÇÃO GERAL DA ABECE QUANTO AO PLANEJAMENTO DAS OBRAS PARA A COPA? É AINDA POSSÍVEL CORRIGIR RUMOS?**

**Millen** - *A avaliação da ABECE é que o planejamento da Copa está atrasado. Temos acompanhado junto com o Sinaenco (Sindicato Nacional das Empresas de Arquitetura e Engenharia Consultiva), que*

*tem trabalhado muito neste tema, com seminários sobre a Copa. O que estamos fazendo hoje deveria ter sido feito há uns dois anos atrás, pelo menos. Porque não é só o estádio. Tem também toda a infraestrutura ao redor do estádio. A parte de locomoção, de telecomunicação, de segurança, de saúde. Tudo isso ainda não está em andamento.*

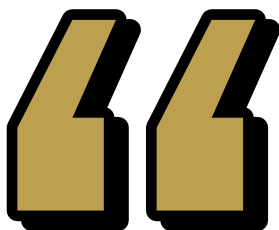
*Nem sempre é preciso derrubar um estádio e fazer um novo, por causa da Copa do Mundo. Claro, na Fonte Nova havia problemas estruturais, o estádio estava*

*muito deteriorado e precisava fazer um novo. Mas, alguns estádios que estão prontos, principalmente no Nordeste, não demandam novas construções.*

*O mais importante é construir a infraestrutura. Veja o caso de Brasília: construir um estádio para 70 mil pessoas, quando a média de público, em campeonatos, é de 20 mil pessoas, no máximo, gasta-se para 70 mil, para, depois da Copa, ficar vazio. Este legado é preocupante! Gastar muito e não servir para nada! Mas, quando se gasta na infraestrutura, no transporte, num hospital, isso vai ser útil para a sociedade, não vai perder nunca!*

*Mas, o investimento no estádio tem que ser pensado. Apesar de algumas coisas serem necessárias, acho que está se querendo muito, para depois ficar às moscas, ficar parado e ser pouco usado.*

*Não se vê um programa geral de planejamento para as obras da Copa do Mundo. Ouve-se uma entrevista do ministro, outra do secretário, mas não se vê um planejamento bem conceituado do que fazer e como fazer. Aí, fica cada um por si. Cada cidade vai fazer seu plano local, cada estado vai ajudar. O Governo Federal fica nesta visão superficial, mais*



QUANDO SE GASTA NA INFRAESTRUTURA, NO TRANSPORTE, NUM HOSPITAL, ISSO VAI SER ÚTIL PARA A SOCIEDADE, NÃO VAI PERDER NUNCA!





política do que realmente relacionada ao trabalho a ser feito.

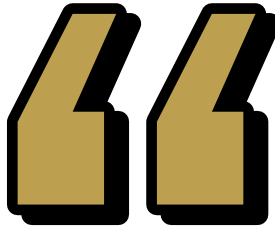
**IBRACON** - DOS PROJETOS QUE PARTICIPOU, QUAIS CONSIDERA EXEMPLARES DO PONTO DE VISTA DO AVANÇO DA TECNOLOGIA DO CONCRETO NO PAÍS?

**Millen** - Tem alguns projetos. O viaduto para o Aeroportos de Guarulhos, com pavimento de 100m sem juntas, com adição de fibras no concreto, além da armação, para reduzir o efeito da retração, com o auxílio de um tecnologista do concreto, tem funcionado muito bem. Aqui, em Congonhas, fizemos o túnel da Washington Luís para o aeroporto, com uma tecnologia interessante: placas pré-moldadas na cobertura do túnel e paredes de contenção pré-moldadas na sua entrada e saída. Fizemos um shopping em Natal, construído pela T&A, com mais de 200mil metros quadrados de concreto pré-moldado, que é a maior obra em estrutura pré-moldada da América Latina. Fizemos um estudo de concreto nesta obra para definir juntas, por causa da grande extensão. A obra foi feita com o programa da TQS.

Estamos fazendo também o novo cais para o Estaleiro Atlântico Sul, no porto de Suape, PE: concreto especial, auto-adensável, com  $f_{ck} = 45 \text{ MPa}$  e adição de sílica ativa, para utilização nas paredes diafragma e estrutura do cais. Esta obra está em andamento.

Nestas obras de concreto, precisamos sempre contar com os especialistas em tecnologia do concreto. A engenharia civil hoje está muito dividida. Antigamente, o engenheiro civil era também arquiteto, formava-se para as duas profissões. Mas, com o desenvolvimento da tecnologia, a evolução do concreto, a área de tecnologia do concreto tornou-

-se específica, especializada, e uma das mais importantes para se ter uma boa obra. Para se ter uma boa obra, é preciso um bom projeto, uma boa construtora, um bom consultor de solos, um bom consultor de tecnologia do concreto, um consultor de fôrmas, quando o concreto é moldado no local, um fiscal e consultor de protendido, quando a obra é de protendido, que é um sistema especializado, que requer conhecimentos próprios. Então, a engenharia civil hoje se ramificou muito em várias especialidades que são necessárias para o bom resultado no conjunto da obra. Mais as especialidades de acabamentos.



AS ENTIDADES SÃO HOJE UM CENTRO DE DISSEMINAÇÃO DA TECNOLOGIA.

**IBRACON** - QUAL É O PAPEL DAS ENTIDADES DE CLASSE, COMO A ABECE E O IBRACON, NO SENTIDO DE ORIENTAR OS DIVERSOS PROFISSIONAIS ENVOLVIDOS NAS GRANDES OBRAS?

**Millen** - As entidades são hoje um centro de disseminação da tecnologia. O IBRACON, a ABECE, o Instituto de Engenharia são entidades voltadas para o desenvolvimento da tecnologia. No caso da ABECE, que é voltada para projetos estruturais, temos no site uma série de recomendações, de documentos, sobre critérios de projetos. Promovemos congressos, seminários, palestras mensais e um curso de pós-graduação lato sensu em estruturas de concreto, coordenado pela ABECE, pela TQS e pela FESP (Faculdade de Engenharia de São Paulo), com duração de um ano e meio. Aulas são ministradas duas vezes por semana e a carga horária do curso é de 390 horas. É um curso de especialização. Nós começamos o curso por quê? Porque houve uma demanda do mercado por engenheiros. Quem faz o curso? Não são só recém-for-



nado pela ABECE, pela TQS e pela FESP (Faculdade de Engenharia de São Paulo), com duração de um ano e meio. Aulas são ministradas duas vezes por semana e a carga horária do curso é de 390 horas. É um curso de especialização. Nós começamos o curso por quê? Porque houve uma demanda do mercado por engenheiros. Quem faz o curso? Não são só recém-for-

mados, que já estão trabalhando. São pessoas que estavam em outras áreas e, agora, querem retornar para a engenharia civil. Já estamos na quarta turma. O curso já teve uma procura grande desde a primeira turma e, hoje, estamos na quarta turma.

**IBRACON - QUANTOS PROFISSIONAIS SÃO FORMADOS POR TURMA?**

**Millen** - De 20 a 25 profissionais. São salas pequenas para ter uma boa produtividade e para fornecer um bom aprendizado, com um computador por aluno.

**IBRACON - A FALTA DE ENGENHEIROS CIVIS NO MERCADO BRASILEIRO É REAL, NÃO É UM FACTÓIDE DA MÍDIA?**

**Millen** - Eu diria que quem diz isso não está trabalhando na área. Eu preciso de gente aqui. Se você perguntar para outros escritórios, eles também dirão: 'Estou precisando de gente! Não estou com pessoal suficiente, estou trabalhando no limite, estourado, trabalhando fora de hora. Estou precisando de projetistas, desenhistas, engenheiros'.

Por que está acontecendo isso? Porque durante décadas, por uns 20 anos, a engenharia civil não estava valorizada: a pessoa se formava e ia para uma financeira, uma firma de auditoria, porque pagavam mais, ficando com grande parte dos engenheiros que se formavam. Houve, assim, uma perda de mão de obra ao longo dos anos. E, hoje, ainda tem um pouco disso, porque a remuneração para um recém-formado nestas áreas continua sendo maior, quase o dobro. Mas, hoje, já melhorou. É sempre uma questão de remuneração. Se o mercado começar a remunerar bem os engenheiros, voltaremos a ter engenheiros. O Brasil passou a crise mundial muito rapidamente (graças a Deus!). A en-

genharia civil foi uma área que pouco sofreu com a crise, que veio para regularizar o mercado, devido ao "boom" de 2007 e 2008. A demanda exagerada caiu, mas não se perdeu, nivelou. E agora está crescendo de novo. Estamos trabalhando nisso, com palestras técnicas. Montamos um grupo novo na ABECE a partir do ano passado, chamado ABECE Inovação, formado por um grupo de engenheiros jovens, que fazem um trabalho com escritórios de porte menor (em tamanho, mas não em capacidade)

e com as universidades, promovendo palestras para mostrar o que é engenharia de projetos estruturais. Você escolhe o curso sem saber muito bem o que é. Às vezes, durante o curso, você não sabe se vai para obras, se vai para projetos, se vai para orçamento. Então, estamos dando essas palestras para mostrar o que é a área de projetos estruturais, onde ele pode procurar mais informações e tudo o mais.

Temos Comitês Técnicos, grupos que estão trabalhando no desenvolvimento de determinada tecnologia. Hoje,

temos um grupo de trabalho sobre o concreto em situação de incêndio, que já se tornou Comissão de revisão de norma (ABNT NBR 15200), cujo projeto deve sair para consulta pública em março.

Outra comissão trabalha no tema de pontes e viadutos, que também está se encaminhando para ser uma Comissão de Norma. Outro Comitê está estudando a qualidade do concreto na sua produção, controle e aplicação. Temos estudado estes temas para solicitar, à ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), novas normas ou revisão de normas. ■



NÃO ESTOU COM PESSOAL SUFICIENTE, ESTOU TRABALHANDO NO LIMITE, ESTOURADO, TRABALHANDO FORA DE HORA.



# Como se livrar de um elefante branco?

CARLOS AMADO BRITZ - DOUTORANDO

PAULO HELENE - PROFESSOR TITULAR

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE CONSTRUÇÃO CIVIL E URBANA - ESCOLA POLITÉCNICA  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, BRASIL

## 1. INTRODUÇÃO

**E**m tempos de Copa do Mundo no Brasil, este texto busca desmistificar a problemática levantada com os estádios nacionais, no que diz respeito, principalmente, a herança de vultosos “elefantes brancos”, e, ao mesmo tempo divulgar uma alternativa genial usada no passado para vencer este desafio, através de um planejamento estratégico. Trata-se da solução empregada no projeto do Estádio Centenário, concebido para os Jogos Olímpicos de 1996, em Atlanta, na Geórgia, nos Estados Unidos.

É até engraçado consultar a origem da expressão “elefante branco” e ironicamente observar a associação de seu uso com grandes estádios de futebol. Tal expressão significa um presente incômodo ou algo inútil, mas dispendioso. Segundo a lenda, no antigo reino de Sião, o rei costumava presentear cortesãos chatos e inconvenientes com os tais elefantes brancos. Por ser um presente real, o paquiderme não podia ser recusado, nem vendido e, como era considerado sagrado, não podia ser utilizado em qualquer tipo de trabalho. Muito menos ser sacrificado. Além disso, deveria ser bem tratado e enfeitado, já que o soberano tinha o desagradável hábito de surpreender o

presenteado com visitas inesperadas para verificar a quanto andava a manutenção do seu presente. Assim, o elefante, que possui vida longa, proporcionava muita despesa e nenhum retorno, ou seja, sem qualquer utilidade.

Infelizmente, a expressão “elefante branco” vem sendo amplamente difundida pela mídia quando o assunto em questão é a construção de novos estádios, ou expansão ou revitalização dos existentes, para a Copa do Mundo que será realizada em 2014 no Brasil. Mas, será que é justa a atribuição desta expressão na questão dos estádios? Será que vale a pena consultar o passado para caminharmos adiante em passos largos? Às vezes, é necessário consultar o passado para solucionar o presente (e o futuro)...

## 2. JOGOS OLÍMPICOS DE 1996

Evidentemente, os Jogos Olímpicos de 1996 realizados em Atlanta chamaram a atenção por diversos motivos. Nos esportes, pode-se destacar que a olimpíada ofereceu momentos inesquecíveis. Por exemplo, os protagonizados pelo norte-americano *Michael Johnson*, que venceu os 200m (recorde) e também os 400m. Também, pôde-se testemunhar um dos

maiores atletas de todos os tempos, *Carl Lewis*, conquistar sua nona medalha olímpica, na competição de salto a distância. Sem contar, ainda, a participação do famoso time dos sonhos, o “*Dream Team*” norte-americano, que voltou a brilhar na competição de basquete. No futebol, relembra-se a façanha da surpreendente Nigéria que se converteu na primeira nação africana a ganhar um campeonato internacional de seleções, sendo a final sobre a Argentina, pelo placar de 3 x 2. O Brasil levou o ouro no vôlei de praia, quando a dupla Jacqueline e Sandra tornaram-se as primeiras brasileiras a ganhar um ouro olímpico; e em duas classes de vela (*Laser* e *Star*), com os lendários atletas Robert Scheidt e Torben Grael.

Por outro lado, um fato entristecedor foi que a sede dos jogos também foi vítima de um atentado, sendo que o movimento olímpico sofreu pela segunda vez na história um ataque terrorista, quando foi colocada uma bomba em um local de celebração de uma série de concertos e eventos culturais, na noite de 26 de julho, somente uma semana após a cerimônia de abertura. O artefato explodiu matando uma pessoa e deixando mais de uma centena de feridos.

No entanto, a maior polêmica foi antes mesmo do início das Olimpíadas, quanto à escolha da cidade sede para celebração dos jogos. Por ser o ano do centenário, a escolha da cidade norte-americana não esteve livre de protestos. Além de ser a segunda metrópole dos Estados Unidos a ser eleita sede do evento em um intervalo de apenas 12 anos, a comunidade olímpica internacional acreditava ser direito de Atenas, na Grécia, uma das candidatas e berço, tanto dos jogos da antiguidade quanto da era moderna, sediar os Jogos Olímpicos em seu centenário, pois, foi em Atenas que, em 1896, o Barão de *Coubertin* deu vida a seu antigo sonho: reviver as Olimpíadas.

A escolha provocou protestos, acreditando-se que os executivos do Comitê

Organizador de Atlanta haviam usado o poder financeiro da cidade (sede mundial da Coca-Cola, principal patrocinador do evento, e da CNN, um dos principais canais de televisão do mundo) para pressionar os membros da entidade a conceder-lhes a honra de sediar a Olimpíada secular, em detrimento da verdadeira cidade que representava o espírito olímpico, Atenas.

Polêmicas à parte, tanto Atenas quanto Atlanta possuíam deficiências em sua infraestrutura, desde problemas com transporte público até o principal relacionado diretamente com os jogos propriamente dito: **os estádios**, os famosos candidatos a “elefantes brancos”. É nestes monumentos que uma cidade sede se destaca para a comunidade internacional em termos de organização, planejamento e também de tecnologia. Investimentos vultosos são disponibilizados e projetos muitas vezes desnecessários são desenvolvidos, sem um planejamento pós-olimpíadas, como, por exemplo, está ocorrendo com o famoso estádio que celebrou os Jogos Olímpicos de Pequim, em 2008. Apesar de ser uma obra ímpar, com o perdão do trocadilho, o “Ninho de Pássaro” está aos poucos se transformando em um “Elefante Branco”, conforme matéria publicada no site do jornal O Estado de São Paulo: “Estádio Ninho de Pássaro corre o risco de virar Elefante Branco” em 16/03/2009.

É curioso observar, no entanto, que muitas vezes as deficiências relacionadas com infraestrutura são esquecidas com o tempo, como, por exemplo, a recordação de problemas nos transportes públicos, falsificação de ingressos, lotação de estacionamentos e restaurantes e até a indisponibilidade de estadia nos hotéis da região das competições; fatos considerados absolutamente normais, os quais alguns também ocorreram em Atlanta, onde, se esperava uma Olimpíada perfeita, sem percalços. Agora, carregar a herança de um “elefante branco” muitas vezes é considerado um fiasco ainda maior, pois este tipo

de problema não é possível esconder “embaixo do tapete” e, conseqüentemente, não é esquecido! E neste aspecto, Atlanta nos fornece um exemplo excelente de *como se livrar de um elefante branco*.

### 3. ESTÁDIO CENTENÁRIO DE ATLANTA: DOIS ESTÁDIOS EM UM

Em 1996, o Estádio Centenário foi reconhecido mundialmente e premiado pela *Precast/Prestressed Concrete Institute PCI* como uma das soluções mais geniais, versáteis e inovadoras envolvidas na construção e utilização de uma edificação esportiva. O Estádio Centenário permitiu uma nova interpretação para o conceito “multi-funcional” na área de engenharia civil, de projetos e de planejamento.

As cerimônias de abertura e de encerramento, bem como as competições de atletismo e de futebol dos Jogos Olímpicos de Atlanta ocorreram em um estádio novo, especialmente construído para uma capacidade de 85 mil pessoas. Com o intuito de prolongar a utilização do estádio, com custo de 200 milhões de dólares, além das duas semanas e meias do evento olímpico, um plano foi elaborado para convertê-lo em um estádio com capacidade de 49 mil pessoas, para o tradicional time de baseball *Atlanta Braves*. O projeto foi único e

permitiu uma segunda fase especial com uma mudança abrupta na configuração, a qual deveria ser concebida em **apenas sete meses**. O Estádio Centenário dos Jogos Olímpicos de Atlanta foi renomeado e, atualmente, é conhecido como *Turner Field* em homenagem à *Ted Turner*, o dono do time de baseball *Atlanta Braves* e da Rede de Televisão *CNN*.

Para se ter uma noção dos detalhes envolvidos nesta operação, Atlanta nos fornece uma lição importante sobre planejamento e ação. Para alcançar o objetivo de espantar de vez o estigma de “elefante branco”, foi formado um consórcio de primeira linha por arquitetos e engenheiros denominado *ASDT - Atlanta Stadium Design Team*. O *ASDT* começou a trabalhar no projeto logo após que a cidade de Atlanta foi premiada como sede dos Jogos Olímpicos (na 96ª sessão do Comitê Olímpico Internacional, em Tóquio, em 1990). O desafio dos arquitetos e engenheiros era o de criar dois estádios em um. O estádio provisório com formato oval olímpico restringido basicamente pelo formato da pista de atletismo, com 400 metros de comprimento, deveria ser transformado em um estádio permanente de *baseball* com formato geométrico similar ao de um diamante na parte interna, conforme configurações em planta da figura 1 indicando as parte provisórias e permanentes.

Figura 1 – Esquemas de configuração do estádio (em planta): dois em um

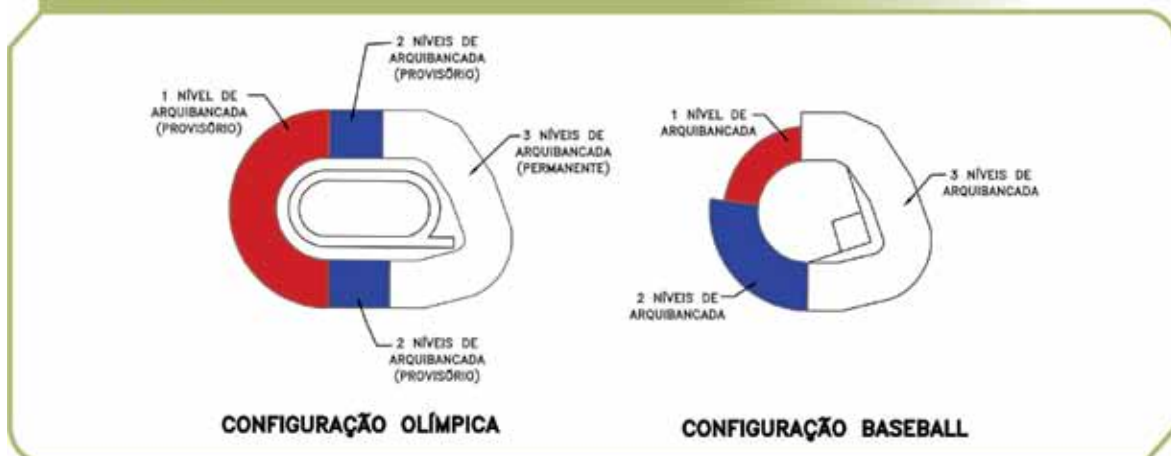


Figura 2 – Estádio Centenário dos Jogos Olímpicos de Atlanta, em agosto de 1996



O prazo de reconfiguração entre as Olimpíadas e a inauguração do Estádio de *Baseball* era muito curto, o que induziu a decisão de utilizar o máximo de elementos do Estádio das Olimpíadas no estádio de *baseball*, ou seja, aproveitar o máximo de elementos pré-fabricados do projeto inicial, apesar da grande mudança estética.

É até difícil imaginar, mas os três níveis de arquibancadas do estádio permanente de *baseball* já estavam camuflados no estádio provisório dos Jogos Olímpicos, em uma de suas extremidades, conforme observado na planta da figura 1. Além disso, o grande centro de imprensa e comunicações construído para as Olimpíadas estava localizado em áreas planejadas para serem facilmente convertidas em camarotes que produzissem alta renda para o Estádio *Ted Turner* durante os futuros eventos esportivos. Concomitantemente, as fundações para as arquibancadas complementares do estádio de *baseball* foram construídas antes das Olimpíadas, estavam cobertas parcialmente pela pista de atletismo e pelo campo gramado e, conseqüentemente, pronto para a

nova estrutura de arquibancadas. Tudo premeditado minuciosamente.

O concreto pré-fabricado era o material ideal porque seus elementos poderiam ser facilmente desmontados e montados na reconfiguração do estádio. As novas peças pré-fabricadas complementares para o estádio *baseball* poderiam, ainda, serem moldadas fora do canteiro de obra e estar prontas para montagem, assim que os Jogos Olímpicos terminassem, sem interferências no cronograma.

Um bom exemplo da versatilidade e da rapidez de construção envolvendo elementos de concreto pré-fabricado ocorreu justamente durante as Olimpíadas. Um dos vãos não foi montado propositalmente e foi deixado com livre acesso para a cerimônia inicial. Uma escada temporária e rampa foram construídas através das quais os mais de 10.000 atletas desfilaram para entrada no estádio. As peças pré-fabricadas para completar os vãos foram armazenadas próximas ao estádio e, depois da cerimônia inicial, as mesmas foram montadas e os assentos instalados em apenas alguns dias,

em tempo para o primeiro evento esportivo na pista de atletismo.

O planejamento foi tal que as linhas de visão, a altura dos degraus da arquibancada e o nível do terreno foram pré-determinados em função das cotas do estádio de *baseball* que seria construído posteriormente. No entanto, o mais notável é que o Estádio Olímpico teve um total de 3100 peças pré-fabricadas. Destas, 2100 peças permaneceram no mesmo local na configuração do estádio de *baseball* Turner Field, enquanto que 200 das 1000 peças temporárias foram apenas remanejadas de seus locais de origem. As 800 peças pré-fabricadas remanescentes, que foram utilizadas somente como apoio dos assentos nas Olimpíadas, foram ainda reaproveitadas em outras obras da região ou recicladas. Portanto, segundo os dados oficiais, o aproveitamento na reconfiguração do estádio foi de aproximadamente 70%, apesar da abrupta mu-

dança estética promovida e considerando também que o estádio foi efetivamente reduzido. Impressionante, recordando que tudo isso foi realizado em 1996, há quase 15 anos!

O estádio olímpico original utilizado para os Jogos Olímpicos de Atlanta pode ser observado na figura 2, com suas dimensões pertinentes para atividades de atletismo, futebol e acomodação de um público de 85 mil pessoas. Por sua vez, o estádio reconfigurado para jogos de *baseball* do Atlanta Braves, para acomodação de 49 mil pessoas, pode ser observado na figura 3. Nesta figura, observa-se que os pilares da extremidade que serviam para apoios de arquibancadas, atualmente são colunas distribuídas no perímetro da área pertencente ao estádio de *baseball*; e que um grande complexo com áreas lazer, restaurantes, entre outros estabelecimentos comerciais foi planejadamente construído para atendimento de todos os freqüentadores dos eventos es-

Figura 3 – Estádio Centenário dos Jogos Olímpicos de Atlanta, atual Estádio Turner Field sede do Atlanta Braves Baseball, em março de 1997



portivos, inclusive gerando renda adicional ao clube proprietário.

Evidentemente, os conceitos de **vida útil** e, principalmente, o de **sustentabilidade** estão incorporados neste projeto conjugado dos Jogos Olímpicos de Atlanta por motivos óbvios. Faz-se necessário destacar que a continuidade do uso de estádios monumentais dificilmente ocorre após os grandes eventos esportivos mundiais e, muitas vezes, ocorre, ainda, a falta de uma cultura voltada para prática de atividades esportivas no país sede, por este motivo é muito complicado manter conservada estas edificações, devido aos custos elevados e a ausência de retorno financeiro. É entristecedor, mas, este exemplo do fantasma do “elefante branco” pode ser novamente observado na Copa do Mundo de 2010, recém encerrada na África do Sul, principalmente no estádio-sede Soccer City, conforme matéria publicada no site do jornal O Estado de São Paulo: “Na África do Sul, estádios devem virar elefantes brancos” em 12/07/2010.

#### 4. ESTAMOS PREPARADOS?

Finalmente, cabe a ponderação: estamos preparados? Sim, absolutamente, desde que observemos o exemplo e a lições fornecidas por Atlanta nos idos de 1996. Atualmente, no Brasil, em diversos estados, possuímos fábricas de grande porte, capazes de produzir em grandes escalas elementos pré-fabricados de concreto. Além disso, possuímos tecnologia suficiente para aplicar o conceito de concreto autoadensável nestes

pátios industriais, acelerando a capacidade produtiva em até 19%, conforme observado em dissertação de mestrado defendida na USP por Alencar (2008) em projeto experimental de grande escala.

Inclusive a capa da revista nacional “Téchne” publicada em julho de 2010 (edição n. 160) já aponta a ascensão do setor com o título “Rapidez pré-moldada” referenciando a excelente obra que vem sendo realizada nas obras de extensão da Linha da Trensurb, em Novo Hamburgo, no Rio Grande do Sul.

Então o que falta? Atitude. Temos plenas condições de não herdarmos elefantes brancos e podemos comprovar isso através da lição fornecida nos Jogos Olímpicos de Atlanta 1996 e, ainda, vale destacar que esta receita se aplica tanto para estádios, quanto para hotéis, aeroportos, estradas, entre outros tipos de construções. A solução pré-fabricada permite a reconfiguração de uma edificação, bem como expansões e até reduções, desde que planejadas com antecedência.

Em termos de construções multiuso, no Brasil, um bom exemplo é a Passarela do Samba do Rio de Janeiro, popularmente conhecida como Sambódromo, localizada na rua Marquês de Sapucaí, na cidade do Rio de Janeiro. O projeto de autoria do arquiteto Oscar Niemeyer além de suprir as necessidades do carnaval, pelo período de uma semana, é utilizado, também, para atividades cívicas, culturais e educacionais durante todo o ano. Bons exemplos podem e devem ser seguidos.

#### Referências Bibliográficas

- [01] After the Games, GERALD GOETTSCHKE, Concrete Engineering International, October, 1998, p36-39.
- [02] Precast Projects Show Innovative Design, PCI Precast/Prestressed Concrete Institute. Magazine ASCENT, FALL 1996, p6-31.
- [03] Dosagem do concreto auto-adensável: produção de pré-fabricados, ALENCAR, R. S. A., Dissertação de Mestrado da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, EPU SP, 2008, 176p. ■



mantenedor

# Curso de capacitação profissional itinerante vai visitar as principais capitais do país

No cenário atual de alto crescimento sustentado, mas com carência de pessoal qualificado, formado por profissionais com dificuldade de acesso a cursos de aperfeiçoamento profissionalizante, com pouca disponibilidade de tempo, com baixa escolaridade e baixa especialização, a ArcelorMittal criou, em 2007, o programa Mestre ArcelorMittal.

Voltado para a formação de mestres de obras e pedreiros, com foco em sua capacitação, produtividade e segurança, o curso, com duração de 4 horas, aborda todos os assuntos pertinentes à construção civil, acompanhando uma obra de começo a fim. São tratadas desde noções básicas de leitura de projetos até as conceituações e técnicas construtivas de fundações, lajes, formas, armações e alvenaria, passando ainda pelos temas de gerenciamento dos



materiais, segurança do trabalho e práticas construtivas sustentáveis.

O curso é itinerante. As aulas são ministradas pelo professor Antonio Carlos Burgos num caminhão-escola, que visita obras, unidades de distribuição de aço e usinas siderúrgicas no Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Cada turma é formada por 25 alunos, a participação é gratuita e os alunos recebem um certificado ao final do curso.

Desde que foi lançado, o programa já certificou cerca de 2500 profissionais. Para este ano, o programa deve percorrer as principais capitais brasileiras.

Fique atento!

Para mais informações, acesse: [www.mestrearcelormittal.com.br](http://www.mestrearcelormittal.com.br).



melhores práticas

metodologia de transferência de cargas

# Reforço com sistema compósito de fibra de carbono para transferência de carga nas estruturas da estação República do Metrô

LEONARDO PRATA OLIVEIRA - ENGENHEIRO CIVIL

CAROLINA NAKAMURA - ENGENHEIRA CIVIL

VIA AMARELA - CONSTRUTORA OAS LTD

CLARINDO MIGUEL DA SILVA - TÉCNICO

MAURICIO DA SILVA - TECNÓLOGO

MARLENE DA SILVA - ENGENHEIRA CIVIL

MC TECNOLOGIA DE RECUPERAÇÃO CONCRETO

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 PROBLEMA ANALISADO

#### HISTÓRICO

A estação República da linha 3 - Vermelha foi inaugurada no dia 24/04/1982 em uma área construída de 39.050 m<sup>2</sup>. Esta estação foi construída provisionando a execução da futura linha 4 - Amarela - na época era prevista a passagem de dois “Shields” com diâmetro de 6,0m.

Optou -se por um projeto da Linha 4 - Amarela com a utilização de um único “Shield” com diâmetro de 9,50m. Devido a esta alteração no projeto, a solução adotada para a passagem pela

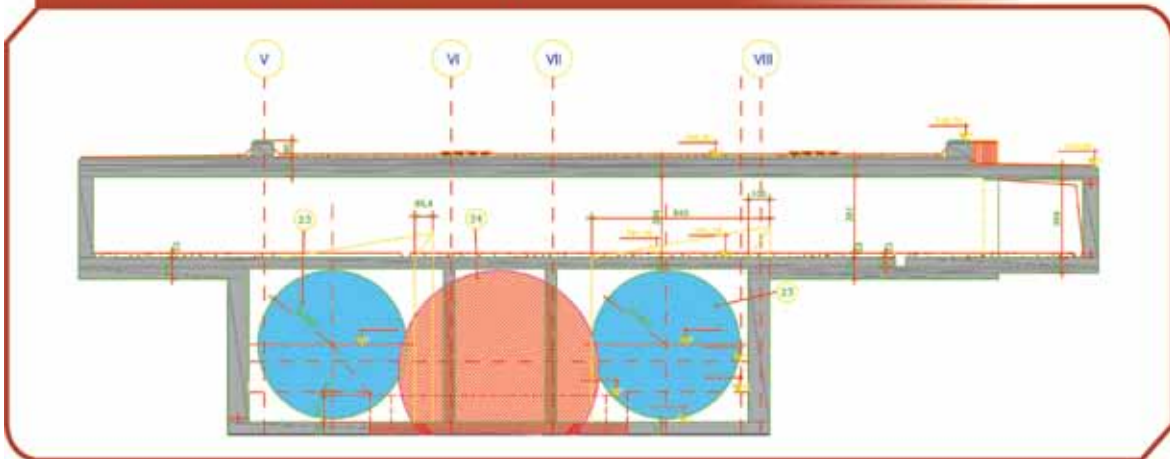
Estação do “Shield” foi a realização da transferência de carga das estruturas existentes, executadas na construção da Linha 3 - Vermelha, para as novas estruturas, executadas pela construção da Linha 4 - Amarela.

A obra da Estação República que pertence a Linha 4 - Amarela é composta por três diferentes locais: Estação Nova, Estação Existente e Túnel NATM. A Estação existente é dividida em duas partes: Bloco 5 e Acesso Ipiranga.

## 2. METODOLOGIA

Os principais serviços que foram executados para que o Shield pudesse passar sobre a estação existente estão detalhados a seguir.

Figura 1 – Comparação dos "Shields"



### 2.1 VERIFICAÇÃO DA CARGA EXISTENTE

A verificação das cargas recebidas pela estrutura existente foi realizada através da instalação de sensores chamados de extensômetros, para a monitoração do alívio de carga nos pilares existentes para estimar a carga recebida em cada pilar.

Foram instalados externamente nos pilares existentes quatro sensores na cota de 2,50m acima do piso, onde se tem a menor influência dos esforços de flexão. Em um mesmo pilar, foram instalados na extremidade de dois diâmetros ortogonais, contidos num mesmo plano horizontal, sendo um dos diâmetros orientado paralelamente ao eixo da viga

que une os pilares novos e existentes de um mesmo pórtico.

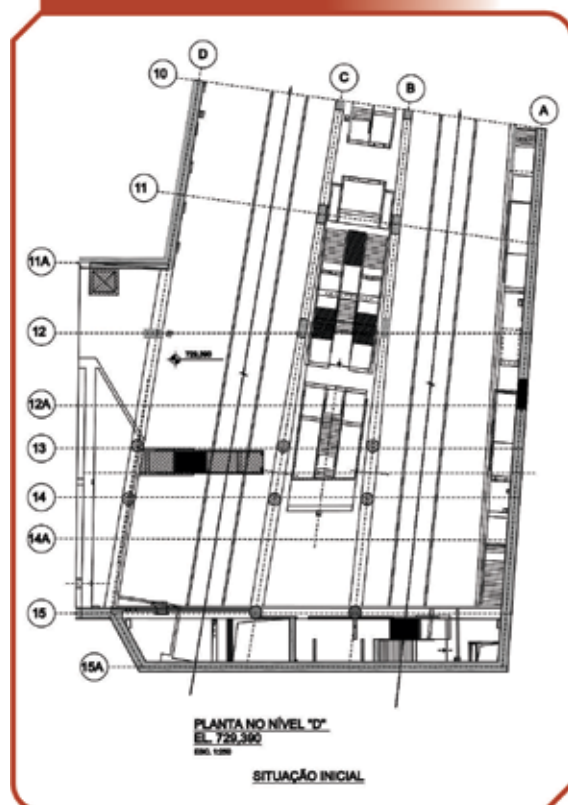
### 2.2 EXECUÇÃO DE NOVAS ESTRUTURAS

As novas estruturas foram executadas em Concreto de Alta Resistência ( $f_{ck}=50\text{MPa}$ ), Concreto Armado e Concreto Protendido (vigas protendidas). Estas estruturas (pilares, pilares inclinados, capitéis e vigas) são independentes

Figura 2 – Acesso Ipiranga existente



Figura 3 – Bloco 5 existente



das existentes, pois recebem as cargas transferidas.

### 2.3 INSTALAÇÃO DO REFORÇO COM MANTA DE FIBRA DE CARBONO

Foi necessária a execução de um reforço estrutural com fibra de carbono, pois a estrutura existente apresentou fissuras no decorrer dos serviços e durante a transferência de carga.

Adotou-se a fibra de carbono para reforçar as estruturas existentes, onde, através do cálculo estrutural, foi recomendada sua instalação antes da realização das transferências.

### 2.4 TRANSFERÊNCIA DE CARGAS

A transferência de cargas ocorreu de forma a evitar grandes deslocamentos da estrutura existente, adotando os seguintes princípios:

- Independência entre a nova estrutura e a existente;
- Aplicação dos esforços para transferência o mais próximo possível do elemento a ser descarregado;
- Mínimas deformações na estrutura o mais próximo possível do elemento a ser descarregado;
- Deslocamentos relativamente grandes na estrutura nova, de modo a minimizar a importância de eventuais recuperações elásticas no encunhamento.

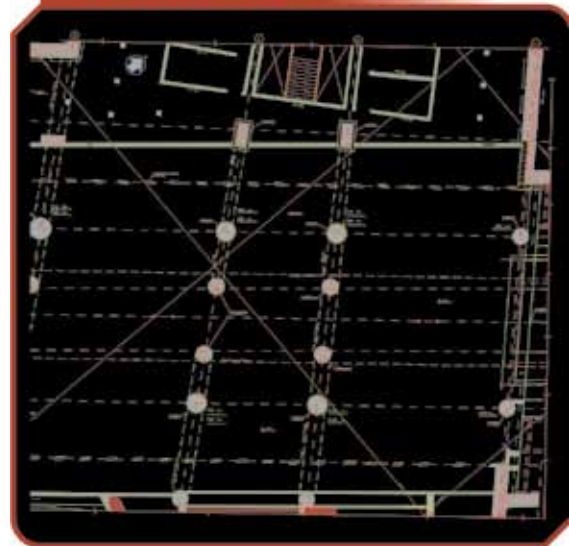
A transferência de cargas nas estruturas existentes na obra da Estação República foi executada através do tensionamento nos cabos protendidos instalados nas vigas metálicas posicionadas sobre a laje do nível A e por aplicação de cargas em macacos hidráulicos, posteriormente apoiadas sobre aparelhos de apoio mecânico, instalados sobre vigas metálicas, totalmente independentes das estruturas de concreto existente nos níveis inferiores da estação.

Os serviços executados para realizar a transferência de cargas, foram:

- Protensão de vigas metálicas.

Vigas metálicas foram instaladas, no nível da rua (Nível A), nos eixos dos pilares existentes do Bloco 5 (A, B, C e D) e no eixo I do Acesso Ipiranga, para que, através da protensão, pudessem absorver as cargas da laje de teto da estação.

Figura 4 – Bloco 5



- Macaqueamento da estrutura existente. O macaqueamento consiste na aplicação de um deslocamento vertical com o auxílio de macacos e bombas hidráulicas. Quando houver a interrupção deste serviço, as cunhas metálicas deverão assumir a carga dos macacos.

O processo do macaqueamento incia-se

Figura 5 – Vigas metálicas no Bloco 5

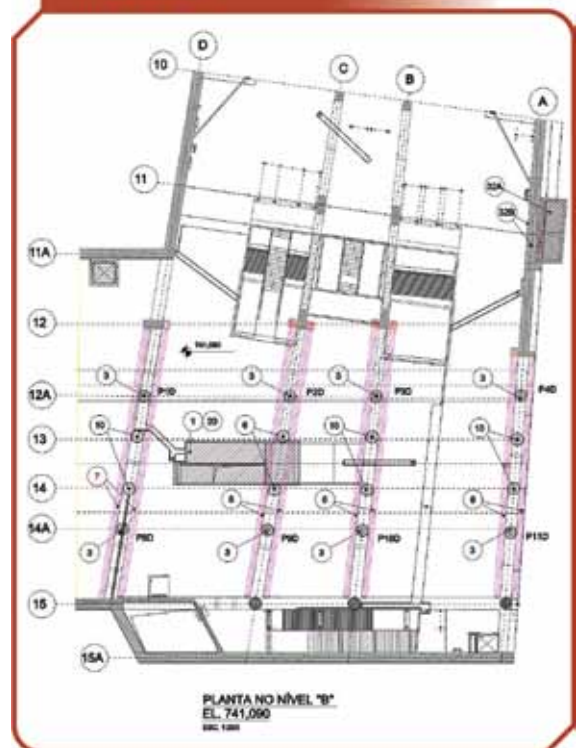
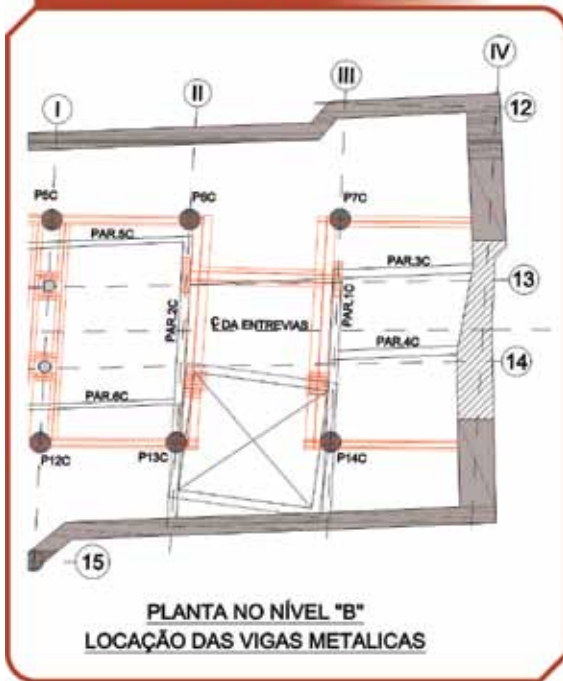


Figura 6 – Vigas metálicas no Acesso Ipiranga



no posicionamento dos macacos hidráulicos, que devem ser ligados e interligados à bomba hidráulica através de comandos hidráulicos, mangueiras hidráulicas, con-

xões e registros de pressão, e das cunhas metálicas, conforme projeto da obra. Durante a operação do serviço, é realizada a abertura dos registros que aplicam a força dos macacos. Durante o macaqueamento, é necessário o ajuste das cunhas metálicas através do aperto simultâneo dos parafusos de ajuste.

Os macacos só poderão ser retirados após uma análise dos dados das cargas aplicadas, da instrumentação e de outros indicadores de risco pelo projetista.

Este serviço foi utilizado no nível C do Bloco 5 e Acesso Ipiranga para transferir as cargas aplicadas na estrutura existente para a nova estrutura e para estrutura metálica.

### 2.5 DEMOLIÇÃO CONTROLADA DA ESTRUTURA EXISTENTE

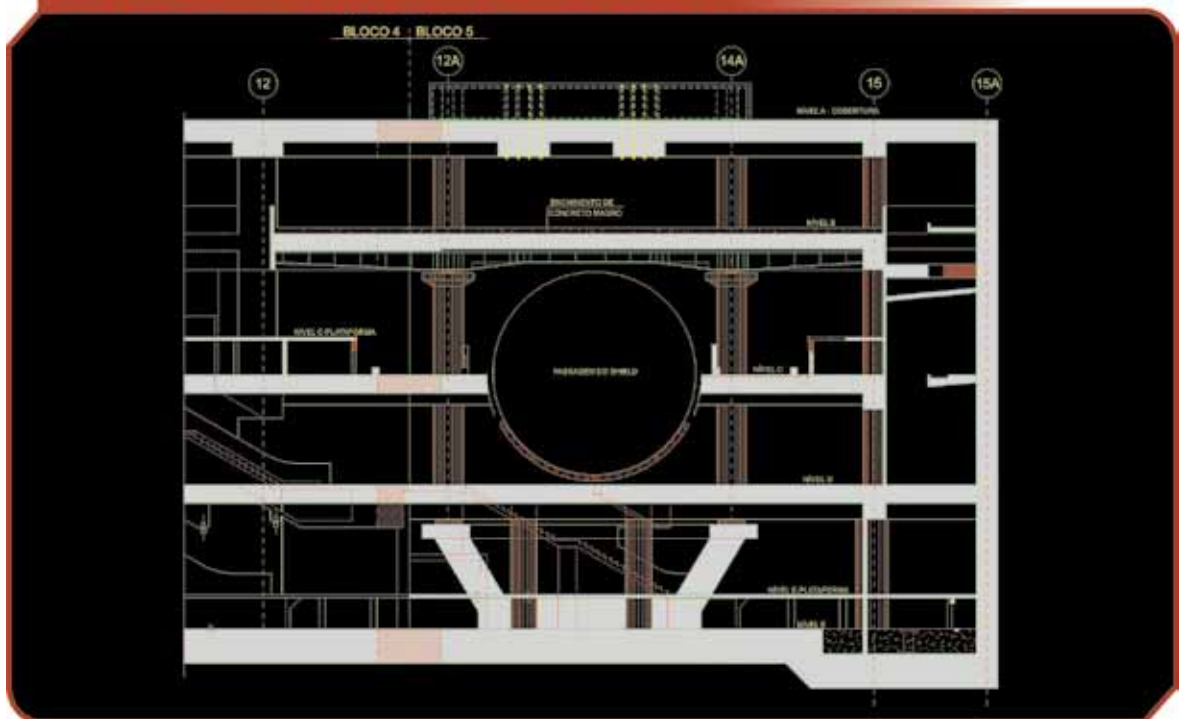
Devido à passagem do Shield, muitas estruturas existentes tiveram que ser demolidas. Algumas foram demolidas antes da realização da transferência de carga; por isso, elas foram consideradas demolições controladas, proporcionando flexibilidade e maior agilidade ao serviço.

*Obs.: As figuras seguintes resumem as modificações nas estruturas.*

Figura 7 - Situação inicial



Figura 8 – Situação que permite a passagem do Shield



Suas principais vantagens são: maior rapidez do serviço executado; ausência de ruídos, vibrações, propagações de poeira, paralisações de outras atividades; e alta precisão dimensional do corte ou furação.

Os sistemas utilizados na Estação foram:

a) **Sistema Flat Saw:** Sistema realizado através de máquinas de cortes providas de quatro rodas e equipadas com motores a gasolina ou elétricos. Permitem o giro do disco diamantado e, em alguns casos, permitem o deslocamento da má-

Figura 9 – Situação final



quina, além do controle da profundidade do corte;

b) **Sistema Wall Saw:** Sistema realizado através de uma máquina que se divide em dois componentes, sendo: um a unidade hidráulica de potência, composta de um motor elétrico, uma bomba hidráulica e um painel de comando; e o outro o trilho da fixação, que possui um carro, onde é fixado o disco de corte.

c) **Sistema Wire Saw:** Sistema realizado através de uma máquina de corte que se divide em duas partes, sendo: uma a unidade hidráulica de potência; e o outro o sistema de polias de tração e desvio do fio diamantado, que é conectado à unidade hidráulica através de mangueiras hidráulicas.

Estas tiveram que ser liberadas confor-

me orientação do projetista e necessidade de avanço da obra, tendo sempre um acompanhamento pela instrumentação.

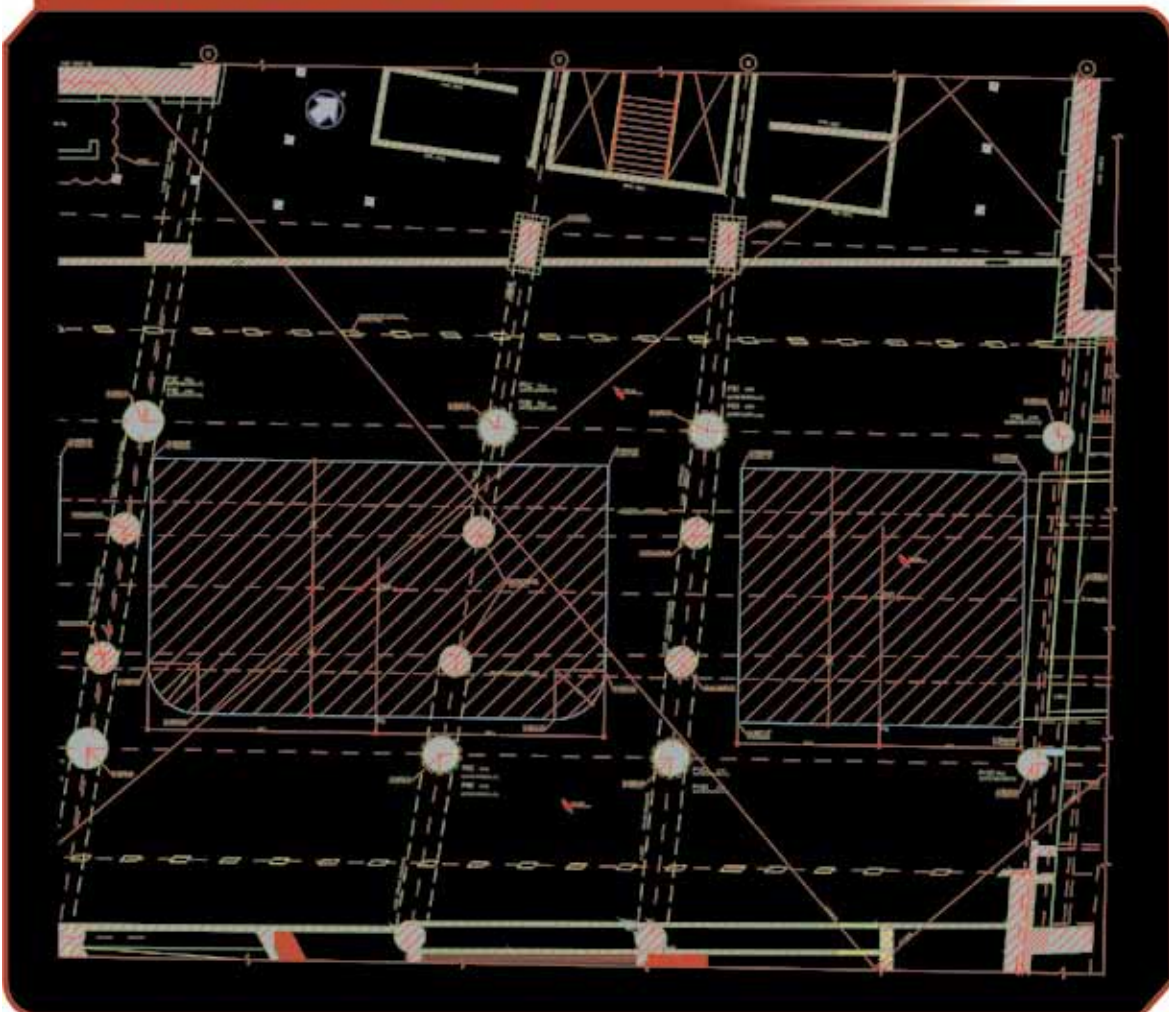
## 2.6 INSTRUMENTAÇÃO

As leituras de instrumentação foram realizadas durante todo o processo para permitir a passagem do Shield.

Para as estruturas de concreto, poderiam ser aceitas diferenças maiores nos deslocamentos de, no máximo, 30% das medições realizadas durante a transferência de cargas, que deveriam ser motivo de interrupção do processo. É considerado um indicador de risco o aparecimento ou aumento de fissuração.

Uma verificação útil seria a evolução das forças normais nos pilares novos, no decorrer do processo de transferência de cargas. Para auxiliar a aferição,

Figura 10 - Área a demolir no Bloco 5



também foram utilizadas medidas de deslocamentos horizontais dos tirantes dos pórticos.

As forças aplicadas nas vigas metálicas (Nível A) foram medidas através do manômetro ligado aos macacos; os alongamentos durante a protensão eram conhecidos e foram medidos; e as flechas nas vigas foram verificadas através das leituras dos pinos de recalques. Variações de leitura acima de 10% deveriam servir de alerta para uma interrupção do procedimento.

### 3. DEFINIÇÃO DO TIPO DE REFORÇO

O projetista e o Consórcio Via Amarela definiram o sistema compósito estrutural com fibra de carbono para ser utilizado como reforço estrutural.

As vantagens foram diversas, entre as principais: não interromper os demais trabalhos na obra; velocidade de execução do reforço; maior durabilidade das peças reforçadas, principalmente por se tratar de uma obra onde qualquer paralisação futura para manutenção se traduz em prejuízo para a população etc.

Após análise e verificação, definiu-se que o sistema seria composto por três camadas em alguns pilares circulares e, em outros pilares circulares, utilizar-se-iam quatro camadas.

Houve confinamento total de apenas um pilar, localizado no nível B, próximo à catraca atual da Estação República do Metrô. A largura da manta de fibra de carbono nesses pilares foi de 500 mm (largura total da manta) em quase a totalidade dos reforços.

Para as lajes, a maioria dos reforços foi feita com três camadas, com larguras de manta de fibra de carbono que variavam de 250 mm a 500 mm.

#### 3.1 EXECUÇÃO DO REFORÇO ESTRUTURAL

##### 3.1.1 PREPARO DA SUPERFÍCIE

A superfície de concreto dos pilares foi preparada para receber o sistema de reforço. Foi executado lixamento mecânico da superfície com disco diamantado

de desbaste para concreto, garantindo-se a remoção mecânica de materiais de baixa aderência.

Após o lixamento, a superfície do concreto foi limpa para remoção da poeira. Trata-se de uma etapa fundamental para garantir a perfeita aderência do sistema de reforço e o concreto.

Além disso, fez-se o fechamento de pequenas cavidades no concreto com argamassa epoxídica (Putty). De uma forma geral, a superfície de concreto encontrava-se em bom estado de conservação, inclusive com relação à ausência de umidade.

As aplicações das camadas de resinas e fibra são descritas nos próximos itens.

##### 3.1.2 APLICAÇÃO DO PRIMER

Após o preparo de superfície, verificou-se que a superfície de concreto estava apta a receber o sistema de reforço.

A primeira etapa da aplicação do reforço consiste na aplicação do primer. Trata-se de uma resina epoxídica bicomponente, composta por um componente endurecedor (componente B) e um componente base (componente A). A aplicação do produto foi feita com rolo de pêlo de carneiro, cobrindo-se totalmente a superfície do concreto.

##### 3.1.3 PREPARO DA MANTA DE FIBRA DE CARBONO

Para as peças reforçadas em que foi especificada a largura máxima (500 mm), a manta de fibra de carbono foi cortada apenas na longitudinal para envolver a estrutura.

Para espessuras menores que 500 mm de largura, houve necessidade de cortes transversais na manta de fibra de carbono.

##### 3.1.4 APLICAÇÃO DA RESINA SATURANTE E DA MANTA DE FIBRA DE CARBONO

Após a aplicação do primer e execução do cortes na manta de fibra de carbono, fez-se a impregnação da manta com resina saturante, utilizando-se rolo de pêlo de carneiro. Deve-se, preferencialmente, iniciar a colagem da manta impreg-



Foto 1 – Confinamento total do pilar



nada através de uma das extremidades, esticando-se totalmente a mesma ao longo da peça reforçada. A aplicação de rolo tira-bolhas sobre a manta recém-colada é importante para eliminar bolhas de ar, tornando a aderência mais eficiente entre o concreto e a manta.

A aplicação da camada seguinte foi fei-

ta aproximadamente 30min depois, para não interferir na estabilidade da camada anterior. As outras camadas foram aplicadas obedecendo à mesma metodologia da aplicação da primeira.

Para monolitizar o sistema de reforço, aplicou-se uma camada de resina saturante após a aplicação de todas as camadas,

Foto 2 – Reforço de pilar com ancoragem de armaduras para construções novas



evitando-se excesso para não interferir na camada inferior.

### 3.1.5 PROTEÇÃO MECÂNICA

A proteção mecânica do reforço estrutural foi feita com argamassa cimentícia com fibra de polipropileno, para ação antifogo.

## 4. CONCLUSÕES

Os serviços executados resultaram na maior transferência de cargas em estruturas realizada no Brasil, o que se mostrou de grande importância, pois a Estação República está localizada em um dos maiores centros urbanos na cidade de

São Paulo e é uma das estações mais movimentadas do metrô.

Através do acompanhamento da instrumentação, após a realização de todos os serviços descritos, foi verificado que carga recebida pela estrutura existente foi gradativamente transferida para a nova estrutura, permitindo a passagem do Shield.

O sistema de reforço estrutural com manta de fibra de carbono permitiu que a obra ganhasse dinamismo, acelerando o cronograma da obra em pelo menos seis meses.

Toda a metodologia utilizada mostrou-se muito adequada ao tipo de obra.

## Referências Bibliográficas

- [01] SILVA, C. M.; PAULON, V. A. Reforço com Sistema Compósito de Fibra de Carbono: Exemplo Prático de Aplicação. 45º Congresso Brasileiro do Ibracon, Vitória, 2003
- [02] SIKA. Guia de Desenho e Instalação do Sistema Sika Carbodur. 2007
- [03] TÉCNICA Revista de Tecnologia da Construção. 2007, nº 08 ■



## 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
1/2 Página Horizontal	21,0 x 14,0 cm	3.000,00
1/2 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

concreto e arquitetura  
projeto estrutural

# Arena Pantanal: marco em sustentabilidade e requalificação urbana

SÉRGIO COELHO - ARQUITETO  
GCP ARQUITETOS

MARCELO UNGARETTI - ENGENHEIRO CIVIL  
EGT ENGENHARIA

O projeto elaborado pela GCP Arquitetos para a Arena Pantanal tem como objetivo a concepção de um equipamento esportivo de última geração, de acordo com as rigorosas exigências da FIFA, inserido em um amplo conjunto arquitetônico adequado à realidade de Cuiabá e essencialmente comprometido com a sustentabilidade, a responsabilidade

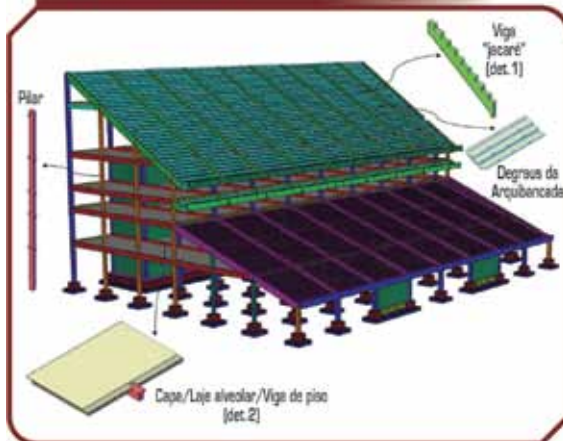
sócio-ambiental e a requalificação urbana da cidade.

A área do conjunto arquitetônico onde a Arena Pantanal está inserida ocupa aproximadamente 300 mil metros quadrados, espaço atualmente subutilizado e que será objeto de requalificação urbana. O novo projeto vai transformar o local em um grande parque com múltiplo uso, instala-

Figura 1 - Vista aérea do parque e Arena Pantanal



Figura 2 – Arena Pantanal, Modelo Computacional, Pré-Moldados



ções esportivas, culturais, educativas e de entretenimento.

O projeto tem como conceito a criação de uma arena multiuso que poderá ser operada futuramente por uma empresa privada, segundo tendência mundial do setor.

A preocupação central foi afastar o risco de, ao atender apenas às necessidades, recomendações e restrições específicas da FIFA, deixar como herança um equipamento superdimensionado e sem uso real pela comunidade.

Com uma capacidade de aproximadamente 43.600 espectadores, a arena poderá ter uma redução de até 15.000 assentos, possibilitando a adequação para a demanda real de público para eventos esportivos, culturais e de lazer em Cuiabá, após a Copa 2014.

## A ESTRUTURA

Para a viabilização da redução de capacidade e racionalização e barateamento

Figura 3 – Emenda das vigas "jacaré"

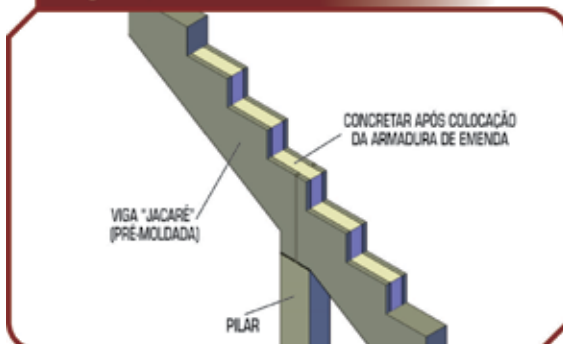
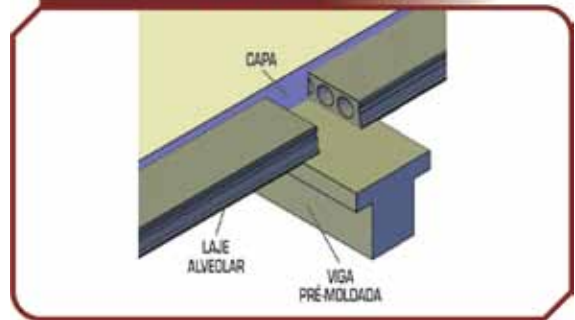


Figura 4 – Ligação Laje Alveolar – Viga – Capa



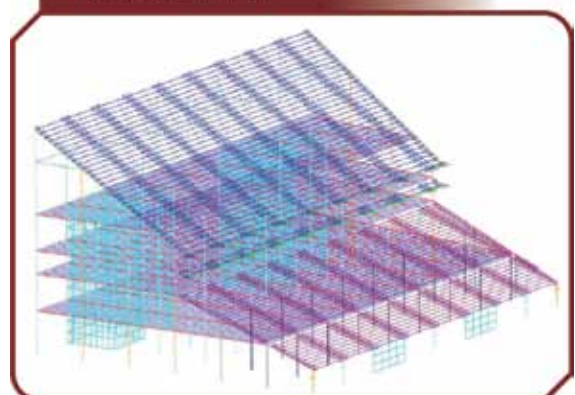
da construção, a Arena foi concebida em quatro módulos separados e idênticos dois a dois: Leste e Oeste; Norte e Sul.

Toda a estrutura das arquibancadas foi projetada pela EGT Engenharia em concreto pré-moldado em módulos de 8,0 x 8,0m. As caixas de escada serão executadas com concreto "in loco" aparente, funcionando como travamentos estruturais com a função de controlar o comportamento dinâmico global. A escolha por pré-moldados se deve aos prazos, que são curtos, e à repetitividade de peças que é intrínseca da estrutura da Arena.

Conciliando necessidades técnicas, aspectos econômicos e sustentabilidade do empreendimento, lançou-se mão de diferentes sistemas construtivos que combinados viabilizaram a solução proposta.

Já, a parte desmontável das arquibancadas e coberturas foi projetada em estrutura metálica aparafusada, de modo a ser facilmente desmontada e reaproveitada. A estrutura portante de cada módulo de cobertura será composta por pórticos treliçados em aço, devido aos seus grandes vãos.

Figura 5 – Arena Pantanal, Modelo Computacional, Visualização 3D



## Arena Pantanal

### Ficha Técnica

Área do terreno: 300.000,00 m<sup>2</sup>

Área construída: aproximadamente 80.000,00 m<sup>2</sup>

**GCP Arquitetos** - Sérgio Coelho (autor); Adriana Oliveira e Maurício Reverendo (co-autores); Alessandra Araujo (coordenação geral e sustentabilidade)

**Tecspex** - Especificações Técnicas

**MHA Engenharia** - Engenharia de instalações

**Construtora:** Consórcio Santa Bárbara/Mendes Júnior

**Sinclair Knight Merz (Inglaterra)** - Estrutura metálica e estruturas desmontáveis

**Ponto de Apoio** - Estrutura metálica

**Interact Engenharia** - Infraestrutura

**EGT Engenharia Ltda** - Estrutura de concreto e fundações

**CTE** - Certificação LEED

Assim, o projeto estrutural trabalhou com modelos computacionais completos, inclusive considerando a interação solo-estrutura, calculando as frequências dos modos naturais excitáveis e verificando a situação de conforto das multidões, garantindo o desempenho funcional adequado da estrutura.

Esses cuidados são necessários porque, em eventos quer esportivos, quer musicais (tipos shows), os espectadores pulam em conjunto, sintonizados com a cadência matriz.

## CONCEPÇÃO SUSTENTÁVEL

O conceito extremamente simples dos principais elementos estruturais de concreto e aço possibilitam até o fornecimento de material pelas empresas da região, atendendo aos anseios do Mato Grosso e em alinhamento com o conceito sustentável de valorização de compras locais. A parte superior das arquibancadas Norte e Sul ao ser desmontada, poderá ser reutilizada em outros equipamentos esportivos ou culturais, reforçando o legado da Copa 2014 para estado do Mato Grosso.

O uso de estrutura de concreto pré-moldado na maior parte dos elementos estruturais do empreendimento, viabiliza ainda a fabricação de pilares, vigas, degraus de arquibancada e lajes no próprio canteiro de obras, otimizando prazos de construção e montagem, além de contribuir muito para

a redução de impactos ambientais acarretados pelo transporte dos elementos estruturais, seja pela emissão de carbono, ruído, impacto no trânsito e outros desconfortos à comunidade.

Desde que haja o pleno atendimento aos requisitos de execução e controle de qualidade previstos na ABNT NBR 9062 - Projeto e execução de estruturas de concreto

pré-moldado -, os elementos pré-moldados podem ser executadas no canteiro de obras, permitindo uma maior flexibilidade para viabilização do empreendimento.

Da mesma forma, foram especificados materiais usuais e fáceis de se obter: pilares com fck = 40MPa; demais peças fck = 30MPa; aço CA-50 de formas comuns. Para as estruturas metálicas: em geral, aço A-36; e algumas peças com A-525.

Durante a concepção arquitetônica foram premissas fundamentais: qualidade estética e alinhamento com o desenvolvimento tecnológico, maximizando a eficácia e o potencial dos sistemas construtivos e materiais. Assim, na Arena Pantanal procura reforçar o diálogo entre os elementos em concreto pré-moldado e moldados “in loco” e a estrutura metálica, além de elementos tensionados em membranas.

Tanto internamente quanto na área externa, onde o concreto é utilizado em grandes muros de arrimo, optou-se pelo uso do concreto aparente, valorizando sua textura e expressão. ■

Figura 6 - Corte perspectivado da Arena Pantanal - espaços e funções



# A Norma brasileira ABNT NBR 15146:2011. Como era, como ficou e como será?

**FABIOLA RAGO BELTRAME - GERENTE TÉCNICA**  
NQCP - NÚCLEO DE QUALIFICAÇÃO E CERTIFICAÇÃO DE PESSOAL

**SIMÃO PRISZKULNIK - PROFESSOR**  
UNIVERSIDADE MACKENZIE  
COORDENADOR DA CE DE CONTROLE DE QUALIDADE DO CONCRETO (CE-18:300.01)

## 1. INTRODUÇÃO

Laboratórios de Controle Tecnológico do Concreto e Construtoras de Obras de grande porte têm revelado, ao longo dos anos, uma preocupação com a mão de obra para a realização deste controle de qualidade do concreto, tanto nos laboratórios quanto nas obras. Muitas vezes, os equipamentos são calibrados, os laboratórios acreditados pelo INMETRO, mas a mão de obra não é qualificada, implicando resultados distorcidos.

O Instituto Brasileiro do Concreto - Ibracon, a Petrobrás, os Laboratórios, as Construtoras e demais segmentos da cadeia produtiva do concreto elaboraram a Norma ABNT NBR 15146, com o objetivo de definir as categorias profissionais, as atividades, os conhecimentos e as habilidades requeridas dos profissionais de controle tecnológico do concreto. Em 2004, a Norma foi publicada e, então, começaram os trabalhos para a qualificação e certificação da mão de obra envolvida com o Controle Tecnológico do Concreto.

O processo de qualificação de pessoas

era realizado pelo SEQUI - Gerência de Certificação, Qualificação e Inspeção da Engenharia, da Petrobrás. Com a acreditação, em outubro de 2008, do Núcleo de Qualificação e Certificação de Pessoas - NQCP/IBRACON, pelo INMETRO, o processo de qualificação de profissionais de controle tecnológico do concreto passou a ser realizado por uma terceira parte. Desde então, o NQCP/IBRACON tem certificados profissionais, após todo um processo de qualificação e avaliação.

Os técnicos do setor envolvidos no processo de qualificação e certificação, seja por sua participação no Conselho de Certificação ou por sua participação no Comitê Técnico de Controle Tecnológico do Concreto (CTC), foram identificando alguns problemas em alguns itens da ABNT NBR 15146, o que motivou o IBRACON a solicitar a revisão da Norma ABNT NBR 15146 ao Comitê Brasileiro de Cimento, Concreto e Agregados da Associação Brasileira de Normas Técnicas (CB-18/ABNT).

A instalação da comissão revisora da norma (CE) ocorreu no início de 2010, le-

vando em conta textos-base elaborados pelo NQCP/IBRACON e pelo SEQUI (Petrobrás), além das diretrizes do INMETRO.

A revisão contou com o empenho de vários técnicos do setor, que discutiram amplamente as alterações propostas. Além das reuniões mensais, o assunto foi discutido em eventos do IBRACON e pela comunidade técnica na fase de consulta nacional, quando comentários foram emitidos. A vigência da nova norma, já publicada em janeiro de 2011, ocorrerá a partir de abril de 2011.

A versão da NBR 15146/2011 atende às solicitações da comunidade técnica, abrangendo construtoras, projetistas, proprietários das obras, produtores de insumos para o concreto estrutural e empresas de controle tecnológico, feitas com o objetivo de contribuir com a excelência das obras pelo estímulo à melhoria continuada dos profissionais envolvidos na produção e controle da qualidade das obras em concreto.

## 2. A ABNT NBR 15146: COMO ERA, COMO FICOU E COMO SERÁ?

A primeira grande alteração foi quanto à estrutura da Norma. A Norma era

formada de uma única parte, mas as discussões da CE mostraram que alguns serviços na construção civil são específicos e sua execução merece um controle específico. Por isso, foram criadas as partes para serviços específicos.

A ABNT NBR 15146, sob o título geral “Controle tecnológico de concreto - Qualificação de pessoal”, tem previsão de conter as seguintes partes:

- Parte 1: Requisitos
- Parte 2: Pavimentos de concreto
- Parte 3: Pré-moldados de concreto
- Parte 4: Concreto compactado com rolo (CCR)
- Parte 5: Concreto massa

Os termos e definições foram discutidos como um todo, sendo que as definições das categorias ficaram mais precisas em relação aos profissionais do mercado. São elas:

### AUXILIAR

Profissional apto a realizar coleta, redução de amostras de campo (no âmbito das atribuições indicadas no Anexo A da norma) e ensaios básicos de um ou mais grupos de atividades, sem avaliação e emissão de relatórios.

Tabela I – Requisitos mínimos de escolaridade/experiência profissional

Categoria	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C
CategoriaTecnologista/ Inspetor*	Estudantes de engenharia civil, arquitetura e tecnologia em construção civil e um ano de experiência na atividade	Técnico em edificações (ensino profissionalizante técnico em construção civil) e dois anos de experiência na atividade	Ensino médio e três anos de experiência na atividade
Laboratorista	Técnico em edificações (ensino profissionalizante técnico em construção civil) e seis meses de experiência na atividade	Ensino médio e um ano de experiência na atividade	Ensino fundamental e dois anos de experiência na atividade
Auxiliar	Ensino médio e seis meses de experiência na atividade	Ensino fundamental e um ano de experiência na atividade	4ª Série do ensino fundamental e um ano e seis meses de experiência na atividade

\* Os candidatos devem apresentar comprovação de conclusão das disciplinas “Resistência dos Materiais” e “Materiais de Construção”.

Tabela 2 – Programa básico de treinamento

Item	Assunto
1	<p>Conceitos básicos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Segurança do trabalho (Normas Regulamentadoras-NR)</li> <li>• Uso de equipamentos de proteção individual (EPI)</li> <li>• Metrologia e calibração de equipamentos</li> <li>• Noções básicas de matemática/cálculo (média, desvio padrão, volume, área, densidade, consumo)</li> <li>• Manuseio de equipamentos de medição em laboratórios</li> <li>• Noções de acreditação, conforme ABNT NBR ISO/IEC 17025</li> <li>• Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM) (termos básicos)</li> <li>• Regras para arredondamento e algarismos significativos</li> <li>• Meio ambiente e responsabilidade social</li> <li>• Elaboração de relatórios</li> </ul>
2	<p>Conceitos básicos sobre controle do concreto</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Normalização do concreto</li> <li>• Finalidade e aplicação do controle de qualidade do concreto</li> </ul>
3	<p>Materiais componentes do concreto, propriedades do concreto fresco e endurecido, controle de produção, aplicação e inspeção.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conforme tabelas por grupo de atividades do Anexo A.</li> </ul>

### LABORATORISTA I

Profissional apto a realizar ensaios de um ou mais grupos de atividades do Anexo A da norma e efetuar cálculos sem avaliação e emissão de relatórios. Tem sua atuação principal em campo (obra).

### LABORATORISTA II

Profissional apto a realizar ensaios de um ou mais grupos de atividades do Anexo A da norma e efetuar cálculos sem avaliação e emissão de relatórios. Tem sua atuação principal em laboratório.

### TECNOLOGISTA

Profissional apto a realizar ensaios, definir procedimentos executivos de inspeção e amostragem, discernir sobre os limites de aceitação de um ou mais grupos de atividades do Anexo A da norma e efetuar cálculos com avaliação e emissão de relatórios

### INSPETOR

Profissional apto a realizar todas as inspeções abrangidas na preparação do concreto, a saber: recebimento e armazenamento dos materiais componentes;

dosagem; mistura; transporte; lançamento; adensamento; acabamento superficial; proteção; cura; verificação de fôrmas, cimbramentos, armaduras e embutidos. Apto também a analisar e avaliar os resultados dos ensaios discriminados no Anexo A da norma, nos limites de aceitação estabelecidos pelas respectivas normas técnicas.

Os níveis I e II para Tecnologista e para Inspetor foram retirados, pois, na prática, não se observa a distinção entre os profissionais de campo e de laboratório. Ela só é necessária para os laboratoristas.

Os requisitos mínimos de escolaridade e experiência profissional, apresentados na Tabela 2 da versão de 2004 da norma, foram modificados com a exclusão da Alternativa D, onde o grau de escolaridade era muito baixo e não era aceito pelo documento do INMETRO (RAC - Requisitos de Avaliação da Conformidade). A Tabela 1 apresenta os requisitos mínimos atualmente especificados na Norma.

O treinamento foi outro item amplamente discutido. Na versão de 2004, a comprovação do treinamento era obriga-



Figura 1 – Número de exames aplicados, mensalmente em 2010



tória. O setor identificou que grande parte dos profissionais que desejam se certificar já possui um treinamento prático muito intenso e que o treinamento teórico é geralmente ministrado pela própria empresa, sendo opcional, uma vez que, se o candidato não estiver apto, ele não vai conseguir a aprovação nos exames e terá que buscar novos treinamentos externos, internos na empresa ou por meio de estudo individual.

A versão atual da norma recomenda que a qualificação seja baseada nos tópicos da Tabela 2, compatibilizada com o grupo de atividades de cada categoria, isto é, com as normas específicas de cada atividade.

No item “Qualificação”, a versão atual deixa mais claro que o profissional pode ser qualificado conforme cada grupo de atividade, separadamente, podendo acumular mais de um grupo de acordo com as Tabela A.1 a A.7 (Anexo A da norma), onde as siglas têm o seguinte significado:

- **EX** - Executa o ensaio e se limita a preencher o formulário com as devidas informações, sem fazer qualquer cálculo. Conhece o procedimento e tem habilidade para realizar os ensaios, por exemplo: o ensaio de inchamento da areia (agregados); a moldagem e cura dos corpos de prova de concreto (concreto fresco); o ensaio de finura (cimento); o ensaio de tração (aço).
- **CA** - Efetua cálculos, tomando como base as informações constantes nos formulários. Efetua os cálculos com

base nos resultados obtidos nos ensaios e nas equações fornecidas nas Normas, por exemplo: granulometria da areia (agregados); teor de ar incorporado (concreto fresco); resistência à tração na flexão (concreto endurecido); resistência à compressão (cimento).

- **CP** - Interpreta e avalia procedimentos executivos de inspeção ou ensaio, amostragem, quantidade de ensaios, periodicidade, pontos de coleta. Exemplos: amostragem de agregados e cimento; exsudação de água; execução de estruturas de concreto (concretagem).
- **AR** - Avalia os resultados, ou seja, tem discernimento dos limites de aceitação ou representatividade dos resultados. Exemplos: avaliar a umidade do agregado; verificar se o cimento recebido atende às especificações de acordo com o seu tipo; verificar o desempenho de aditivos; verificar o dimensionamento das fôrmas e posicionamento das armaduras.

**Nota:** O profissional pode eventualmente acumular as atribuições.

Nos “Grupos de atividades dos profissionais de controle tecnológico de concreto” definidos no Anexo A, a principal alteração foi com relação às normas técnicas. Foram atualizadas normas canceladas, substituídas ou revisadas. Foram incluídas normas não citadas na versão de 2004 e que a CE considerou importantes. Foram excluídos os níveis I e II para Tec-

Figura 2 – Avaliação das aprovações e reprovações nos exames realizados em 2010



Figura 3 – Realização de exames teóricos num CEO  
(Centro de Exame de Qualificação)



nologista e Inspetor. Foram revisadas as avaliações das funções de cada categoria de profissional nas Normas relacionadas.

A Comissão de estudos continua se reunindo mensalmente para elaboração

das demais partes previstas na nova versão desta norma. Outras aplicações não previstas podem surgir de acordo com a necessidade do mercado.

Com o conjunto completo publicado

Figura 4 – Realização de exames práticos num CEO  
(Centro de Exame de Qualificação)



nos próximos um ou dois anos acreditamos que ocorrerá um grande avanço na capacitação da mão de obra e que as empresas vão ter em mãos um guia para o estabelecimento de cargos e funções na área de Controle Tecnológico de Concreto.

### 3. QUALIFICAÇÃO E CERTIFICAÇÃO DE PESSOAL

Com a publicação da versão atual da ABNT NBR 15146, foi solicitada ao INMETRO uma revisão no seu documento de referência utilizado para a certificação de mão de obra, o RAC (Requisitos de Avaliação da Conformidade).

Válida a partir de abril de 2011, a nova versão da Norma irá modificar alguns procedimentos do sistema de certificação de pessoal em CTC do NQCP, o que será muito bom, pois o profissional

certificado deve ser aquele exigido pelo setor e que atenda as expectativas da empresa que o contrata.

O processo que consiste em envio de documentação comprobatória dos requisitos da ABNT NBR 15146 e realização de exames teórico geral, teóricos específicos e práticos estará mais alinhado com os profissionais atuantes nos laboratórios de ensaio e na obras.

As informações sobre o processo, bem como o calendário de exames para o ano de 2011 podem ser obtidas no site do IBRACON, [www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br) - Certificação. Lá, o profissional pode fazer download do Manual do candidato - POP 004, que trata da ABNT NBR 15146 de forma resumida e explicativa.

Os gráficos apresentados mostram que, embora recente, o processo de certificação de pessoal está em plena expansão e sempre buscando se atualizar com as solicitações do mercado.

Figura 5 – Realização de exames práticos num CEG (Centro de Exame de Qualificação)



### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A qualificação e certificação de pessoal é um importante requisito para a garantia da qualidade das obras esportivas e de infraestrutura que estão em andamento e estão por vir em todo o País.

Para um concreto de boa qualidade, faz-se necessária a aquisição de materiais constituintes com qualidade, a contratação de empresas de preparação e aplicação do concreto com qualidade, a contratação de laboratórios para o Controle Tecnológico de concreto acreditados no INMETRO e fundamentalmente que os profissionais do setor sejam cada vez mais treinados, avaliados e possam evoluir junto com a Tecnologia do Concreto.

A experiência na área de obras em concreto estrutural assegura que a disponibilidade de profissionais cada vez melhor preparados contribui para evitar retrabalhos, desperdício de materiais, maior durabilidade, menos recursos para manutenção e atrasos no cronograma. O resultado é diminuição dos custos gerais das obras e uma contribuição importante à preservação do meio ambiente.

A Engenharia e a Arquitetura brasileiras realizaram e continuam projetando e executando obras em concreto estrutural de referência internacional. A continuidade da melhoria é um objetivo sempre presente e a nova versão da norma contribui para a concretização deste objetivo, exigindo o avanço na qualificação da mão de obra.

## 5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao empenho do CB-18 na pessoa da Eng<sup>a</sup>. Inês Battagin, supe-

rintendente do Comitê, que tornou a revisão desta Norma técnica e produtiva; ao Eng<sup>o</sup> Julio Timerman, que tornou a certificação de pessoas pelo NQCP uma realidade; às Engenheiras Roseni Cesimbra e Karina Rago, que secretariaram as reuniões, ao Engenheiro Bruno Alves de Carvalho, relator do texto e a todos os profissionais que dedicaram suas horas nas várias discussões necessárias para que fosse possível a publicação da revisão desta norma.

## Referências Bibliográficas

- [01] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 145146 - Controle Tecnológico de concreto - Qualificação de pessoal. Parte 1: Requisitos gerais. São Paulo - SP, 2011.
- [02] NÚCLEO DE QUALIFICAÇÃO E CERTIFICAÇÃO DE PESSOAL. Manual do candidato - Controle tecnológico do concreto. POP 004, revisão 12. São Paulo - SP, 2010.  
Site: [www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br)
- [03] INMETRO. Regulamento de avaliação da conformidade para profissionais de controle tecnológico de concreto. Anexo da portaria nº 50, de 13 de fevereiro de 2008.  
Site: [www.inmetro.gov.br](http://www.inmetro.gov.br) ■



# Programa IBRACON de Qualificação e Certificação de Pessoal



Acreditado pelo INMETRO para certificar  
mão de obra da construção civil



O IBRACON é Organismo Certificador de Pessoas, acreditado pelo INMETRO.

Como primeira etapa desta conquista, o Instituto vem certificando **auxiliares, laboratoristas, tecnologistas e inspetores** das empresas contratantes, construtoras, gerenciadoras e laboratórios de controle tecnológico.

O certificado atesta que o profissional domina os conhecimentos e as práticas requeridos na atividade de controle tecnológico do concreto, entre os quais as especificações e os procedimentos de ensaios prescritos nas normas técnicas.

É a **garantia da qualificação do pessoal** de sua empresa!

**Inscrições abertas!**

PARA MAIS INFORMAÇÕES

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

# Prefabricación en proyectos de estadios - Nuevo Mestalla en Valencia

HUGO CORRES PEIRETTI - PROF. DR. INGENIERO DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS  
FRANCISCO PRIETO AGUILERA - INGENIERO DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS  
FHECOR INGENIEROS CONSULTORES

## 1. INTRODUCCIÓN

Dentro de las posibilidades tipológicas a contemplar en la concepción de las estructuras de hormigón, tanto de edificios como de puentes, la prefabricación constituye una alternativa que debe estar presente siempre en el proceso de análisis de alternativas, previo al desarrollo del proyecto.

Las soluciones prefabricadas resultan competitivas cuando las condiciones del proyecto incluyen los siguientes condicionantes:

- Plazos de ejecución cortos, puesto que el empleo de elementos prefabricados permite simultanear la fabricación de éstos con la ejecución de otras partes de la obra, con el consiguiente ahorro de plazos; hay que tener en cuenta además que esta reducción del plazo se puede aumentar en función de los medios empleados para prefabricar.
- Obras de grandes dimensiones en las que hay presencia de elementos repetidos, puesto que conforme aumenta el número de elementos similares a prefabricar los costes totales disminuyen.
- Existencia de importantes superficies que presenten dificultades para su cimbrado y encofrado in situ, a pesar de la necesidad de emplear medios de transporte y montaje importantes para los elementos prefabricados.
- Altas exigencias en la calidad de acabados y tolerancias de ejecución, dado que la ejecución en fábrica de los elementos permite imponer limitaciones exigentes en este sentido.
- Altas prestaciones mecánicas y de durabilidad del hormigón estructural, dado que los elementos prefabricados suelen proyectarse con un hormigón de resistencia mayor a la que se suele emplear en elementos similares ejecutados in situ, por la necesidad de disponer de elevadas resistencias a edades tempranas para desmoldar las piezas, y por la necesidad de reducir las dimensiones de las piezas para reducir la magnitud de los medios de transporte y montaje. Estas elevadas resistencias suelen requerir contenidos de cemento elevados y relaciones agua / cemento bajas, proporcionando al hormigón una compacidad alta y por tanto una durabilidad mayor.

Figura I - Vistas exteriores del futuro estadio de Mestalla en Valencia



En el presente artículo se resumen los aspectos más importantes relativos a la prefabricación de diferentes elementos estructurales en el Nuevo Estadio de Mestalla en Valencia y el Centro Insular de Atletismo de Tenerife.

## 2. NUEVO ESTADIO DE MESTALLA EN VALENCIA

### 2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ESTADIO

El futuro Estadio del Valencia Club de Fútbol tendrá un aforo de aproximadamente 75.000 espectadores. El edificio tiene planta elíptica con unas dimensiones de 280 x 240 m. Cuenta con varias plantas bajo rasante destinadas a aparcamientos, instalaciones y servicios. Sobre rasante se sitúan las gradas en tres niveles. Toda esta estructura se ha resuelto con una estructura de hormigón armado parcialmente in situ y parcialmente prefabricada.

La cubierta y la fachada se han resuelto de forma simultánea mediante unas cerchas metálicas de gran canto curvadas, que se extienden sobre la gradería, dejando un hueco elíptico sobre el terreno de juego de dimensiones 130 x 90 m. La cubierta cubre todos los asientos e incorporará una mezcla de cerramientos opacos y transparentes de modo que el terreno reciba suficiente luz.

### 2.2 CONDICIONES ESPECÍFICAS DEL PROYECTO

El proyecto de la estructura del Nue-

vo Estadio de Mestalla ha sido desarrollado por FHECOR Ingenieros Consultores para la Unión Temporal de Empresas formada por FCC Construcción S.A. y Grupo Bertolín, partiendo de un anteproyecto desarrollado en la fase del concurso de las obras, y teniendo en cuenta los siguientes condicionantes definidos por la propia obra y por las necesidades del constructor.

### PLAZO DE EJECUCIÓN

El plazo previsto para la ejecución de la estructura, de 14 meses, resultaba muy exigente para una obra de estas características, aspecto que se tuvo en cuenta en la definición de las soluciones de los diferentes elementos estructurales, optándose por la prefabricación de todos los elementos posibles.

### MEDIOS DE CONSTRUCCIÓN

Las alternativas analizadas por el equipo redactor del proyecto, conjuntamente con la empresa constructora, permitieron plantear una solución estructural que se ha ejecutado empleando medios convencionales para la práctica totalidad de los elementos.

### JUNTAS DE DILATACIÓN

Aunque el anteproyecto del estadio contemplaba cuatro juntas de dilatación dividiendo la elipse que constituye la estructura del estadio, en la fase de proyecto se propuso su eliminación, dado que una estructura continua permitía, por un lado, compensar las acciones

debidas al empuje de tierras sobre las pantallas de contención perimetrales y, por otro, desarrollar unos mecanismos resistentes que neutralizasen parte de las acciones de las cerchas de fachada y cubierta.

El análisis de los efectos de las deformaciones impuestas en estructuras continuas es un problema complejo, en el que FHECOR Ingenieros Consultores tiene experiencia en realizaciones importantes ejecutadas, que se han monitorizado y han dado lugar a distintos trabajos de investigación [1] [2] [3] [4] [5].

En este caso la supresión de las juntas de dilatación requirió de un análisis cuidadoso de los efectos de las deformaciones impuestas de retracción y temperatura, como se expondrá al describir el esquema resistente del edificio y los diferentes elementos planteados en cada zona. El método de cálculo empleado es el indicado en la referencia [1], una tesis doctoral dirigida por el primer autor.

### 2.3 SOLUCIÓN ESTRUCTURAL

La estructura de hormigón del esta-

dio está formada por una serie de pórticos radiales, constituidos por vigas descolgadas, pilares y núcleos de hormigón armado, que recogen la carga de los graderíos, forjados, fachada y cubierta.

La estructura circunferencial de las plantas tipo está constituida, según las zonas, por forjados de placa alveolar de 0,20 m de canto y 0,10 m de capa de compresión, o por losas macizas de hormigón armado de 0,30 m de espesor ejecutadas in situ. La solución prefabricada ocupa aproximadamente un 75% de la superficie de estas plantas tipo.

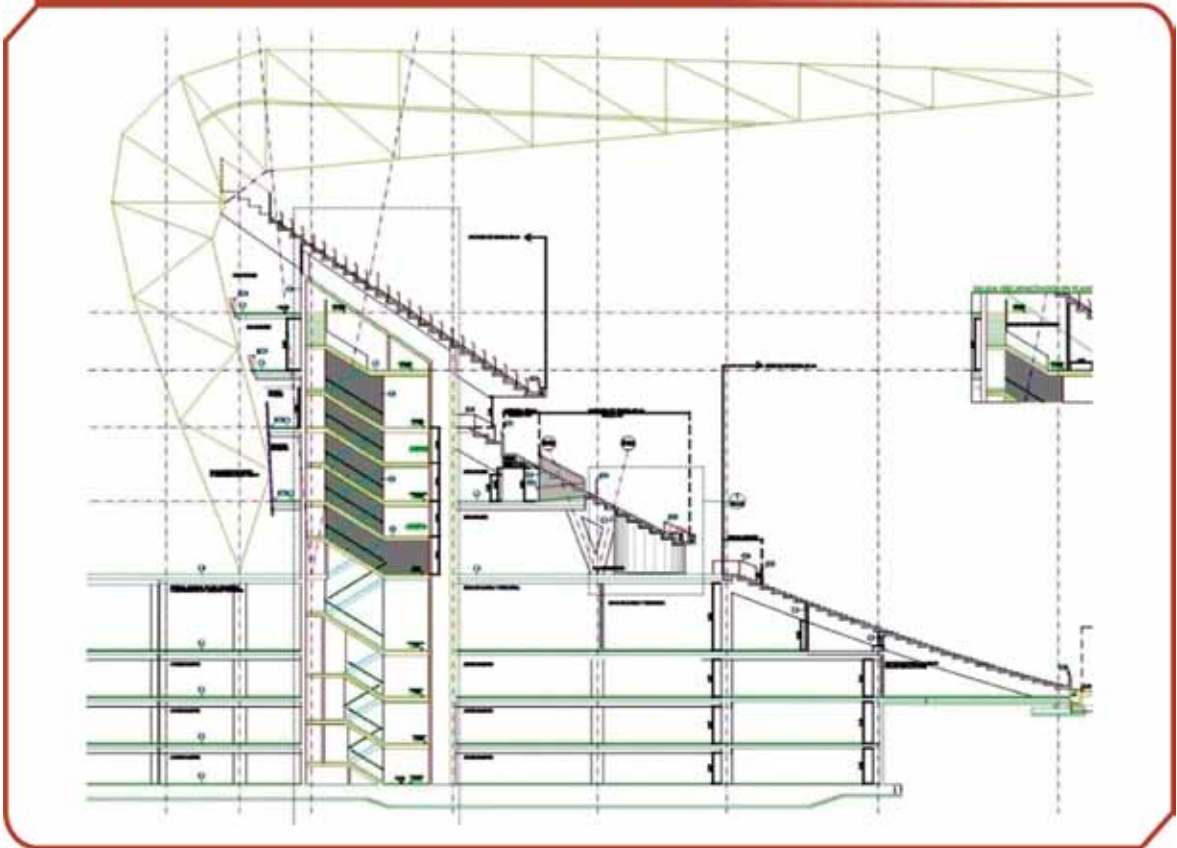
En las plantas baja y tercera se ha ejecutado una solución de losa maciza de hormigón armado dado que estas plantas reciben las acciones horizontales generadas por la estructura de fachada y cubierta, y se ha previsto su funcionamiento como sendos diafragmas que puedan transferir estas acciones horizontales a los núcleos.

Los núcleos están formados por pantallas de hormigón armado ejecutadas in situ. Estos elementos reciben, por un lado, las cargas verticales de los forja-

Figura 2 - Grúas torre empleadas en la ejecución de la estructura de hormigón del Nuevo Mestalla



Figura 3 - Sección transversal de uno de los pórticos radiales



dos adyacentes y, por otro, importantes acciones horizontales de las plantas baja y tercera, en las que como se ha indicado se apoya la estructura metálica de cubierta.

Además de las vigas descolgadas y los forjados de placa alveolar, todas las vigas portagradas y los propios elementos que forman el graderío se han proyectado y ejecutado con una solución prefabricada. Todos los elementos de geometría particular, particularmente los pétalos del graderío superior, se han construido con unas dimensiones que han permitido su transporte por medios convencionales.

De manera resumida las dimensiones estándar de los distintos elementos son:

- **Losa de cimentación:** cantos 1.00, 1.60 y 0.70 m.
- **Pilares:** entre 1.00 x 1.00 y 0.50 x 0.75 m los de mayor tamaño.
- **Viga de pórticos:** (h x b) 0.65 x 1.20 m.
- **Forjados:** In situ, canto de 0,30 m y alveolar 0.20+0.10 m.

- **Vigas portagradas:** (h x b) 1.20 x 0.75 m.
- **Gradas:** placas alveolares pretensadas de 0,20 cm de canto.

Desde el punto de vista resistente, las acciones verticales del conjunto de los graderíos son soportadas por los propios pilares de los pórticos radiales y, en menor medida, por los núcleos. Por otro lado, las acciones verticales de la fachada y la cubierta son recogidas por los pilares situados bajo los apoyos de la estructura metálica a nivel de planta baja.

Las acciones horizontales generadas en la estructura por el apoyo de la cubierta en otros niveles son soportadas por varios mecanismos resistentes:

- **Primer mecanismo.** Los pórticos se han dimensionado para resistir las cargas horizontales de las cerchas.
- **Segundo mecanismo.** Los núcleos resisten todas las cargas de la cubierta, que reciben por la continuidad de la losa en planta tercera y baja, trabajando como diafragmas.



- **Tercer mecanismo.** Dada la disposición simétrica de los pórticos y la continuidad de la losa situada en planta tercera, ésta puede resistir una parte de las cargas horizontales compensadas.

En relación al funcionamiento de la estructura sin juntas, se han analizado los efectos de las deformaciones impuestas considerando que estas pueden afectar a las losas macizas, a la capa de compresión de las placas alveolares, y a los elementos estructurales verticales que en este caso son exclusivamente los núcleos, dada su gran rigidez relativa en comparación con los pilares de los pórticos radiales.

Los esfuerzos asociados a las deformaciones impuestas se orientan fundamentalmente según el perímetro del edificio, puesto que en la dirección radial la dimensión de los forjados es moderada y estos efectos resultan despreciables. En esta dirección, la gran rigidez de los núcleos hace que las soli-

citaciones se transfieran solo a estos, y no a los pilares.

A estos efectos, los núcleos tienen un esquema estructural de elemento empujado en la cimentación, con coacciones horizontales debido a la presencia de los forjados inferiores enterrados, y en voladizo en su parte superior. La rigidez de los núcleos depende de los espesores de sus elementos, la altura, las coacciones y condiciones de fisuración para las cargas concomitantes, las condiciones de rigidez de la cimentación, etc. A medida que aumenta la sollicitación estos elementos se fisuran y por tanto se flexibilizan, disminuyendo el efecto de las deformaciones impuestas.

En Estado Límite Último se acepta que la degradación de la rigidez es tal que los efectos de las deformaciones impuestas se amortiguan. Esto es particularmente admisible en elementos de gran ductilidad como estos que trabajan prácticamente a flexión simple, con poca influencia del axil.

Figura 4 - Acopio, colocación de viga prefabricada, de placas alveolares, y placas antes de hormigonar la losa de compresión



Figura 5 - Detalle de placa de apoyo y de apoyo de viga portagada prefabricada



En Estado Límite de Servicio se ha realizado una comprobación de las condiciones de fisuración, analizando la posibilidad de considerar la rigidez fisurada de estos elementos en la estimación de los esfuerzos.

En los forjados las deformaciones impuestas producen efectos diferentes en las soluciones in situ y prefabricada. En el caso de la losa maciza, que se fisura por efecto de las cargas verticales que debe soportar, el efecto de las deformaciones impuestas se minimiza. En este caso la retracción y la fluencia junto con la temperatura producen pocas variaciones en la tensión del acero traccionado, por lo que la fisuración debida a las cargas verticales prácticamente no cambia por estos efectos. El efecto de las deformaciones impuestas no afecta prácticamente a las losas en sí mismas. Por otro lado, el acortamiento global que afecta a los elementos verticales se minimiza, porque las propias fisuras funcionan como juntas de dilatación.

En relación con el forjado alveolar,

el único elemento continuo es la losa de compresión. La capa de compresión en la zona que esta comprimida se descomprime y en la zona que esta traccionada puede haberse fisurado o no. Si está fisurada por efecto de las cargas exteriores, el efecto de las deformaciones impuestas se reduce extraordinariamente, porque esa fisura es el impedimento para la continuidad de los efectos de las deformaciones impuestas. Si no está fisurada por las cargas exteriores la fuerza máxima que puede transmitir es la de la máxima tracción que es capaz de resistir. En este caso, si se considera que no está fisurada, que es el caso más desfavorable, debe considerarse que la máxima tracción que es capaz de transmitir a los elementos verticales es la que es capaz de soportar por tracción del hormigón de la capa de compresión, de espesor 0,10 m.

## 2.4 PROCESO CONSTRUCTIVO

Debido a la magnitud de la obra, toda su organización de producción, medios

Figura 6 - Elemento prefabricado en voladizo de vigas portagaradas y detalle inferior de elemento colocado



auxiliares, tipologías y soluciones técnicas se plantearon para poder cumplir con el plazo de ejecución de la estructura de 14 meses, tomando como punto de partida el desarrollo de una solución fundamentalmente prefabricada. Esta propuesta se debió replantear, combinando la solución prefabricada con una solución in situ, para atender a distintos

condicionantes derivados de la falta de simetrías geométricas y de cargas, gestión de las fuerzas horizontales debidas a la cubierta y efectos diferidos, etc.

La obra se dividió en 4 tajos con producciones independientes, se planteó la ejecución de cada núcleo con su propio equipo de encofrado trepante, y se contó con cuatro casas de prefabricados

Figura 7 - Colocación de pétalos prefabricados en parte superior de gradas



Figura 8 - Superficie alabeada definida por los pórticos del graderío, cubierta con elementos prefabricados



que produjeron hasta 600 m de vigas semanales. El número de personas implicadas en la construcción directa de la estructura varió entre 500 y 800.

La industrialización ha conseguido ahorrar tiempo de ejecución, simplificar los procesos constructivos, y disponer de mayores espacios de trabajo, al ser necesarias menores zonas de acopio y menos medios auxiliares. Los elementos prefabricados han sido las vigas de pórticos, placas alveolares de forjados, prelosas para forjados especiales, gradas incluyendo las piezas especiales de los extremos inferior y superior, vigas portagradas incluyendo sus tramos especiales en voladizo prefabricados en obra, y otros elementos como muros de vomitorios, escalonados, etc.

La organización en fabricación supuso la ejecución de miles de piezas diferentes con códigos inequívocos, etiquetadas para su control e identificación, el acopio y transporte a obra según necesidades, bien en el orden de colocación o en orden contrario, según si las piezas iban directamente a su posición definitiva o al acopio.

La organización en obra, por su parte, supuso el control total de las piezas y el momento exacto de su colocación, para evitar desplazamientos innecesarios así como la ejecución milimetrada, para evitar errores de ejecución.

### 3. CENTRO INSULAR DE ATLETISMO DE TENERIFE

En el Centro Insular de Atletismo de Tenerife, proyectado por AMP Arquitectos y construido por DRAGADOS, se ha proyectado una estructura de hormigón en el único graderío del estadio, con capacidad para albergar 4000 asientos, situado entre los accesos a la pista central, y quedando el resto del perímetro del edificio formado por un talud en previsión de futuras ampliaciones.

La estructura de los graderíos tiene un gran valor arquitectónico. No en vano el Museo de Arte Moderno de Nueva York (MOMA) destacó este proyecto y lo seleccionó para su exposición denominada Nueva Arquitectura en España que se desarrolló del 12 de febrero al 1 de mayo de 2006, siendo elegido el mis-

Figura 9 - Vista del estadio terminado, con el graderio y los elementos de cubierta prefabricados



mo como portada del catálogo de dicha muestra [6].

La estructura organiza la cubierta de la tribuna mediante un conjunto de pórticos de hormigón de características geométricas variables que configuran una línea de borde alabeada en el espacio. Los pórticos se estudiaron para racionalizar su construcción, resultando un conjunto de 5 pórticos tipo, unas pla-

taformas y rampas intermedias interiores y un graderío exterior bajo el gran voladizo de cubierta.

En este caso la necesidad de la ejecución de elementos prefabricados vino impuesta por los condicionantes constructivos, dada la necesidad de resolver una serie de elementos con una geometría muy variable en los graderíos y los elementos de cubierta entre pórticos.

Figura 10 - Vista de pórticos radiales y parte inferior de la cubierta prefabricada



#### 4. CONSIDERACIONES FINALES

Como resumen de los aspectos tratados en el presente texto, se pueden destacar los siguientes:

- La alternativa de la prefabricación ha de constituir una opción más a considerar entre las posibles alternativas durante el desarrollo de los proyectos de estructura.
- En cualquier caso el proyecto de la estructura y en particular la posibilidad de prefabricarla requiere de una interacción intensa con el equipo de arquitectos.
- La prefabricación presenta indiscutibles ventajas en aquellos casos en que las dimensiones de la obra son grandes y hay elementos repetidos o en proyectos de gran envergadura en los que resulta posible desarrollar soluciones prefabricadas ad hoc, cuando hay requerimientos muy exigentes en la calidad de acabados y en las tolerancias de ejecución, o cuando se exigen altas prestaciones mecánicas o de durabilidad al hormigón o cuando se presentan grandes dificultades constructivas.
- En los proyectos de grandes dimensiones, la prefabricación puede atender de forma específica a unos requerimientos concretos, aún cuando la geometría no sea convencional.
- El estadio de Mestalla es un ejemplo de uso mixto de la prefabricación y la construcción in situ, para la solución idónea de un proyecto grande, que debía ser realizado en un corto periodo de tiempo. Con una superficie total construida de 330000 m<sup>2</sup>, más del 70% de la superficie se ha realizado con soluciones prefabricadas a pesar de una geometría poco regular, para poder atender a las exigencias de plazo de ejecución de la obra, y constituye una muestra de que en una obra de esta envergadura resulta viable desarrollar elementos específicos, aprovechando la tecnología y los medios de la prefabricación, que en ocasiones requieren de la realización de ajustes al contenido del proyecto, en función de la tecnología específica de las empresas prefabricadoras que realizan la obra.

#### Referências Bibliográficas

- [01] ESTUDIO ANALÍTICO Y EXPERIMENTAL DE LOS EFECTOS DE LAS DEFORMACIONES IMPUESTAS EN LAS ESTRUCTURAS INTEGRALES  
Monitorización de estructuras reales y contrastaciones teóricas  
Tesis Doctoral Tobias P. Petschke, 2010
- [02] PROYECTO DE INVESTIGACIÓN ESTUDIO ANALÍTICO Y EXPERIMENTAL DE LAS DEFORMACIONES IMPUESTAS EN LAS ESTRUCTURAS INTEGRALES  
Plan nacional de investigación científica, desarrollo e innovación tecnológica.  
Corres H., Caro J.M., Petschke T. y Torrico J., 2000-2003
- [03] ESTUDIO ANALÍTICO Y EXPERIMENTAL DE LOS EFECTOS DE LAS DEFORMACIONES IMPUESTAS EN LAS ESTRUCTURAS INTEGRALES  
Corres H., Caro J.M., Petschke T. y Torrico J., 2004, Hormigón y Acero, 232, pp. 63-81.
- [04] AUSCULTACIÓN DE ESTRUCTURAS REALES  
Corres H. y Petschke T., 2005. ACHE III Congreso de puentes y estructuras de edificación, Zaragoza.
- [05] PROFIT I+D: PUENTES INTEGRALES, PLAN NACIONAL DE I+D+I.  
Corres H., Petschke T. y Ezeberry J., 2007-2008,
- [06] NEW ARCHITECTURE IN SPAIN ESTADIO INSULAR DE ATLETISMO. AMP ARQUITECTOS. SANTA CRUZ DE TENERIFE 2007.  
Riley Terence Ed. 2006. The MOMA Museum of Modern Art. ■

---

concreto notícias

# A nova Norma Brasileira ABNT NBR 15146-1 tem vigência a partir de abril

A versão 2011 da Norma Brasileira ABNT NBR 15146-1/2011 - Controle tecnológico de concreto - Qualificação de pessoal - está prevista para entrar em vigor em 13 de abril, após longo processo de revisão e discussões técnicas, iniciadas em 2010.

Solicitação da comunidade técnica, desde construtoras, laboratórios de ensaio, usinas de concreto, fabricantes de cimentos, de aditivos e de outros tipos de materiais constituintes do concreto até instituições de ensino, pesquisa e divulgação, o projeto de revisão da norma reavaliou as atividades e requisitos das categorias profissionais responsáveis pelo controle tecnológico do concreto e adequou seus procedimentos de ensaios às respectivas atualizações das normas técnicas específicas.

“O objetivo é o de promover a melhoria continuada dos profissionais envolvidos na produção e no controle de qualidade das obras de concreto”, explica o professor da

Universidade Mackenzie, Simão Prizskulnik, coordenador da Comissão de Estudos.

A ABNT 15146 tem papel estratégico no contexto atual de crescimento do setor construtivo brasileiro, porque regulamenta a qualificação profissional de quem realiza o controle tecnológico do concreto, exigindo deste profissional os requisitos técnicos mínimos para o bom desempenho ocupacional. Neste contexto, a revisão da Norma tornou-se imperativa para atender às necessidades crescentes do mercado por profissionais mais qualificados e para aumentar a produtividade e sustentabilidade no canteiro de obras.

Num primeiro momento, foi aprovado o projeto relativo aos requisitos gerais para o controle tecnológico do concreto. A parte 2, referente aos pavimentos de concreto, já está sendo discutida pela Comissão de Estudos. Depois deverão vir as partes relativas ao concreto pré-fabricado, ao concreto compactado com rolo e ao concreto massa.

## Produtividade e sustentabilidade na construção de Centro Integrado de Ressocialização

Primeira Parceria Público-Privada (PPP) do sistema penitenciário do país, o Centro Integrado de Ressocialização (CIR) de Itaquitanga, em Pernambuco, está sendo construído com metodologia inova-

dora. Seus painéis pré-fabricados de concreto, com espessura de 15cm nas paredes internas e de 20cm nas externas, possuem 3,29m de altura, sendo concretados, transportados e içados na vertical.



*Etapa do processo construtivo do CIR Itaquitinga*

“Os painéis têm sido transportados na mesma posição em que são montados no empreendimento: verticalmente. Isso se deve pela forma como os elementos foram concebidos: tanto sua fabricação quanto seu manuseio devem ser feitos na posição vertical, caso contrário, elas poderiam apresentar deformações excessivas ou fissuras, ou até mesmo romper”, explica Vitor Almeida, diretor da T&A, empresa responsável pela fabricação das peças e pela montagem da estrutura. Segundo ele, esse detalhe

construtivo possibilitou a redução do consumo de aço em torno de 40%.

Para a produção das lajes maciças de concreto, tem-se utilizado o sistema BOC de fôrma trepante, tecnologia de fabricação onde as lajes produzidas servem de fôrma para a produção das demais, isto é, as lajes são fabricadas empilhadas.

Os conjuntos de fôrmas-bateria, usados na fabricação dos painéis pré-fabricados, têm capacidade de produzir 40 painéis ao dia. Já, a produção das lajes atinge o número de 30 peças ao dia. Com isso, a tecnologia dos pré-fabricados de concreto possibilitará que o cronograma da obra seja cumprido.

Para elevar a produtividade, os elementos pré-fabricados têm sido transportados em kits, de maneira que a estrutura de cada módulo

seja montada tão logo sejam descarregados no local. “Como o número de peças é muito grande, a adoção dessa medida tem evitado que percamos tempo e que



*Visão da fundação do CIR Itaquitinga*



tenhamos retrabalho, deslocando os guindastes. Com isso, não ocupamos tanto espaço no canteiro”, afirma Vitor Almeida.

A quantidade de mão de obra para fabricar a enorme quantidade de peças - a previsão é que a obra deve demandar um volume de, aproximadamente, 28,5 mil metros cúbicos de concreto pré-fabricado - foi um dos motivos porque se optou pelo concreto autoadensável. Este possibilita uma maior produtividade, porque a concretagem é mais rápida e contínua, mesmo considerando a grande altura de alguns dos painéis, com menor número de operários e de operações, com excelente acabamento superficial sem a necessidade de vibrar a peça.

Além da maior produtividade, o autoadensável possui outras vantagens, como o menor consumo de energia elétrica, o baixo consumo de cimento e de água de amassamento e a elevada durabilidade. Segundo o tecnologista, Paulo Helene, contratado pela T&A para consultoria técnica, o concreto autoadensável dispensa o vibrador mecânico de agulha ou a vibração das fôrmas, o que contribui para poupar o desgaste prematuro dessas, aumenta seu reuso e reduz custos e tempos com a produção de novas fôrmas.

Por isso tudo, o concreto autoadensável enquadra-se na categoria de produto sustentável.

## Manual de melhores práticas para pisos permeáveis

A Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) lançou cartilha com orientações para os profissionais sobre “Melhores Práticas - Pavimento Intertravado Permeável”, tipo de piso que permite a infiltração de água para o solo, uma das ferramentas que pode ajudar no combate às enchentes nos centros urbanos. A técnica é usada há mais de trinta anos em países como Alemanha, Inglaterra e Estados Unidos.

“A urbanização das cidades acarreta impermeabilização das superfícies. Ou seja, as ruas pavimentadas, o crescente número de construções e a redução de áreas verdes dificultam a drenagem da água através do solo e o retorno ao lençol freático. Isso provoca alterações nos leitos dos rios e dos canais, aumentando o volume das águas e a frequência das enchentes”, explica Mariana Marchioni, engenheira responsável pelo projeto na ABCP.

O problema é agravado pelo efeito das “ilhas de calor”, aumento de temperatura em áreas densamente povoadas, intensificando a precipitação, e pelo acúmulo de detritos diversos nas superfícies das ruas,

calçadas, estacionamentos e garagens, que acaba sendo levado para os rios e canais durante as enchurradas.

O sistema de pavimentos intertravados permeáveis permite a infiltração da água, colaborando com a diminuição das superfícies impermeabilizadas na cidade, reduzindo o escoamento superficial e retardando a chegada da água ao subleito, reduzindo a erosão. A camada de base granular do piso ainda funciona como um filtro para a água da chuva, reduzindo a contaminação do solo.

Podem ser utilizados em pátios residenciais, comerciais e industriais, estacionamentos, calçadas e vias de tráfego leve.

Os pavimentos permeáveis são definidos como aqueles que possuem espaços livres na sua estrutura por onde a água e o ar podem atravessar. A camada de revestimento dos pavimentos permeáveis nos sistemas à base de cimento pode ser executada com concreto poroso moldado *in loco* ou com peças pré-moldadas de concreto.

O Manual está disponível no site do projeto Soluções para Cidades [www.solucoes-paracidades.org.br](http://www.solucoes-paracidades.org.br) para download na área de mobilidade.

# Inscrições abertas para o *Holcim Awards*

As inscrições para o 3º Ciclo do *Holcim Awards* seguem até o dia 23 de março pelo site [www.holcimawards.org](http://www.holcimawards.org).

Criado pela *Holcim Foundation for Sustainable Construction*, o *Holcim Awards* é um prêmio de estímulo à construção sustentável do mundo e tem como objetivo reconhecer projetos que reúnam inovação, eficiência e visão de futuro para este segmento. O concurso é dividido em duas fases: regional e global. A primeira etapa é realizada em cinco regiões: Europa, América do Norte, América Latina, África&Oriente Médio e Ásia&Pacífico.

No total, o *Holcim Awards* irá distribuir US\$ 2 milhões em prêmios para os melhores projetos em construção sustentável. Cada uma das cinco regiões distribuirá US\$ 300 mil, sendo divididos em: US\$ 100 mil para a cate-



goria Ouro, US\$ 50 mil para a categoria Prata, US\$ 25 mil para a categoria Bronze além dos US\$ 50 mil para a categoria *Next Generation*. As regionais poderão apontar 4 projetos para receber Prêmios de Reconhecimento, concedidos pelo júri, totalizando até US\$ 75 mil.

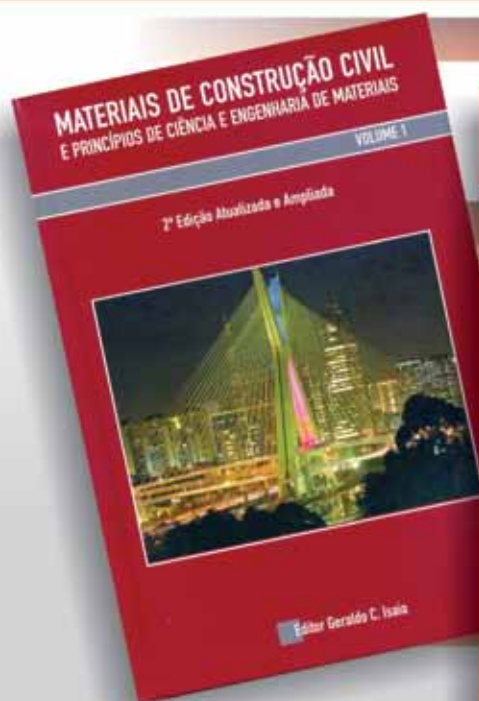
Na fase global, os projetos que forem premiados com Ouro, Prata e Bronze, de cada região, serão submetidos a um júri mundial. Os vencedores desta etapa receberão um total de US\$ 350 mil, sendo US\$ 200 mil para o prêmio Ouro; US\$ 100 mil para o prêmio Prata; US\$ 50 mil para o prêmio Bronze. ■

## Livro “Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais”



Edição Revisada e Ampliada

Editor: Geraldo Cechella Isaia



### SINOPSE

Livro-texto sobre materiais de construção civil, escrito por profissionais brasileiros, referenciado nas normas brasileiras e nas práticas nacionais de engenharia.

### PÚBLICO

Estudantes de engenharia civil e de arquitetura; profissionais do setor construtivo; professores e pesquisadores

### FICHA TÉCNICA

- 2 Volumes
- 1776 páginas
- Capa dura

### VENDA

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

### INVESTIMENTO

Não-sócios: R\$ 250,00  
Sócios: R\$ 200,00

UMA DAS MAIORES EMPRESAS DE  
PRÉ-FABRICADOS DO BRASIL ACABA DE CHEGAR AO  
MAIOR CENTRO DE NEGÓCIOS DA AMÉRICA LATINA.  
E ISSO NÃO É MERA COINCIDÊNCIA.



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



São Paulo, estado que abriga a capital dos arranha-céus, lugar onde o país mais se desenvolveu nas últimas décadas, agora tem também uma das mais modernas fábricas de concreto do país. A T&A Pré-fabricados ganhou reconhecimento criando soluções inteligentes para as mais diferentes demandas, acumulando experiência na participação de grandes obras e, principalmente, apostando na inovação tecnológica. E, aqui, na imensa São Paulo, não poderia ser diferente. Mantendo a sua tradição, a T&A quer seguir **à frente do seu tempo, concretizando o futuro.**

# Detalhes construtivos e a qualidade das estruturas em concreto armado

LEANDRO TEIXEIRA TAKATA - MESTRE EM CONSTRUÇÃO CIVIL  
JASSON RODRIGUES DE FIGUEIREDO FILHO - PROFESSOR DOUTOR  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS - UFSCAR

## 1. INTRODUÇÃO

Um dos principais fatores que afeta a qualidade das construções é a execução correta de detalhes muitas vezes negligenciados em uma obra. Para isso, é fundamental que os projetos sejam bem feitos, claros e que contenham informações objetivas. Projetos falhos e procedimentos construtivos incorretos causam em uma edificação o que, atualmente, é chamado de patologia. Assim, patologia é o ramo da engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e origens dos defeitos das construções civis. No caso das estruturas, ela se ocupa das causas de degradação e de como recuperá-las com procedimentos e técnicas adequadas. Por outro lado, mesmo que as etapas de concepção, projeto e execução sejam feitas corretamente, a estrutura pode vir a sofrer manifestações devido à utilização errônea da edificação ou à falta de um programa de manutenção adequado.

Identificado um problema, o passo seguinte é a correção, chamada também de terapia. A terapia cabe estudar a correção e a solução de problemas patológicos. Para obter êxito nas medidas terapêuticas, é necessário que o estudo precedente e o diagnóstico da questão tenha sido bem conduzido. As medidas terapêuticas de correção dos problemas tanto podem in-

cluir pequenos reparos localizados, quanto uma recuperação generalizada da estrutura ou reforços de fundações, pilares, vigas e lajes. É sempre recomendável que, após qualquer uma das intervenções citadas, sejam tomadas medidas de proteção da estrutura, com implantação de um programa de manutenção periódica.

Este artigo não apresenta inovações tecnológicas para a execução das estruturas em concreto armado, mas relata medidas que minimizem a possibilidade de patologias e que melhorem a qualidade e o desempenho das edificações. As discussões englobam projeto, montagem das fôrmas e armaduras, concretagem, adensamento, cura e retirada de fôrmas e escoramentos. A base para tal discussão é feita em um estudo de caso centrado em um edifício residencial de 18 pavimentos, com base nas normas NBR6118:2003 [1] e NBR14931:2003 [2].

## 2. ORIGEM DA PATOLOGIA DE ESTRUTURAS

Os problemas patológicos têm suas origens em falhas que ocorrem durante a realização de uma ou mais das atividades inerentes à construção, o que pode ser dividido, em três etapas básicas:

- **Concepção** - erros ocasionados nos estudos preliminares, no anteprojeto e na elaboração do projeto;

- **Execução** - falhas de diversas naturezas, associadas a causas como a falta de condições locais de trabalho, baixo nível de capacitação profissional da mão de obra, inexistência de controle de qualidade de execução, má qualidade de materiais e componentes, falta de fiscalização, etc.;
- **Utilização** - problemas originados da utilização errônea ou falta de um programa de manutenção adequado.

### 3. QUALIDADE DOS MATERIAIS

Os principais materiais das estruturas de concreto armado são o concreto (mistura de cimento, agregados, água e, eventualmente, aditivos, que resiste principalmente aos esforços de compressão) e o aço (elemento para suportar principalmente esforços de tração), que trabalham solidariamente.

A patologia do concreto armado está relacionada aos seus componentes, que devem reunir uma série de características que impeçam a ocorrência, em curto prazo, de defeitos mais ou menos graves. Os casos mais comuns na utilização incorreta dos materiais de construção poderiam ser exemplificados como:

- a) Aceitação de concreto fora dos requisitos (resistência, módulo de elasticidade, traço, consumo de cimento, etc.);
- b) Emprego de concreto não proveniente de central dosadora certificada;
- c) Uso de aço com características diferentes das especificadas;
- d) Uso de agregados reativos ou com impurezas que possam reagir com a pasta cimentícia;
- e) Aplicação inadequada de aditivos - por característica, falta ou excesso;
- f) Falta de controle granulométrico dos agregados graúdos e miúdos.

Também, cuidados básicos devem ser tomados na utilização dos materiais:

- O cimento deve ser corretamente armazenado, de modo a garantir a conservação de suas qualidades e evitar alterações em suas propriedades que comprometam o concreto com ele fabricado; devem ser evitadas as correntes de ar, principalmente em climas úmidos;

- Os agregados não devem reagir com o cimento e ser estáveis diante da ação dos agentes externos; devem estar isentos de substâncias prejudiciais, como argila e matéria orgânica, que podem diminuir sua aderência à pasta de cimento ou prejudicar as reações de pega e endurecimento do concreto;
- A água deve ser de boa qualidade, sem impurezas que possam afetar a resistência do concreto, causar manchas na sua superfície e, também, resultar em corrosão da armadura;
- Os aditivos (produtos químicos que são adicionados à mistura de concreto para se obter modificações de algumas de suas propriedades), se inadequadamente empregados, podem causar efeitos não previstos, prejudicando a funcionalidade e a eficiência desejadas, comprometendo qualidade e durabilidade da estrutura.

### 4. CAUSAS DE DETERIORAÇÃO DAS ESTRUTURAS DURANTE A CONSTRUÇÃO

#### 4.1. INTERPRETAÇÃO DO PROJETO

Ainda que exista um bom projeto e a estrutura esteja perfeitamente calculada, podem ser encontrados defeitos indicando que houve erro de desenho ou interpretação do projeto executivo.

Na verdade, nos passos intermediários entre o projeto em si e a execução, muitas vezes, são introduzidos erros que são evitáveis, fazendo-se uma revisão e comprovação detalhada para retificar o que for necessário antes do início da obra.

#### 4.2. FÔRMAS E ESCORAMENTOS

O uso de fôrmas convencionais, de madeira ou metálica, pode causar na superfície do concreto a formação de uma camada de pasta com qualidade inferior às camadas internas do concreto, devido à elevada relação água/cimento quando o concreto é adensado.

Essas fôrmas podem ocasionar efeitos indesejáveis no concreto e afetar sua própria estrutura produzindo vazios, al-



*Figura 1 - Descuidos no lançamento do concreto: operários pisando diretamente nas barras, afetando diretamente o posicionamento das mesmas*

véolos, ondulações, deformações, ou outros, como alterações de homogeneidade e coloração em concretos aparentes. Para CÁNOVAS [3], esses efeitos indesejáveis podem ser resumidos em: cavidades em forma de ninhos de pedras (devido à segregação, compactação ou fuga da nata através das juntas da fôrma); destacamentos por aderência do concreto à fôrma; deformações por deficiência no preenchimento; deformação sob a carga do concreto fresco; e aberturas das fôrmas durante a concretagem.

#### **4.3. DEFICIÊNCIA NAS ARMADURAS**

Os problemas patológicos causados por deficiências ou erros na colocação das armaduras são das mais diversas ordens e ocorrem com frequência elevada. As deficiências que mais ocorrem são: má interpretação dos elementos de projeto; insuficiência, qualidade e posicionamento de armadura.

##### **4.3.1. COBRIMENTO**

O cobrimento insuficiente, ou de má qualidade, facilita o início de processos de deterioração ao permitir acesso direto dos agentes agressivos externos. Neste caso, torna-se indispensável o recurso aos espaçadores. Além de respeitar o cobrimento mí-

nimo exigido, devem ser tomadas medidas para aumento de proteção da armadura, se o concreto for sujeito à abrasão, a altas temperaturas, a correntes elétricas ou a agentes fortemente agressivos, tais como: ambientes marinhos e agentes químicos.

##### **4.3.2. DOBRAMENTO E ANCORAGEM**

O dobramento das barras sem atendimento aos dispositivos regulamentares faz com que o aço venha a “morder” o concreto, provocando seu fendilhamento por concentração de tensões de tração no plano ortogonal ao de dobramento. Deficiências nos sistemas de ancoragem, com utilização indevida de ganchos na compressão, por exemplo, também causam concentração de tensões. Outra situação falha é a não observância do correto comprimento de ancoragem necessário. Em ambos os casos, o resultado será o surgimento de fissuras que, algumas vezes, podem trazer conseqüências bastante graves.

##### **4.3.3. EMENDAS**

As emendas de barras devem ser projetadas respeitando-se todas as dimensões de comprimento de transpasse e cobrimento, sem colocar mais emendas em uma seção que as prescritas em norma. É recomendável que as emendas fiquem afastadas das zonas nas quais a armadura trabalha com sua carga máxima e que sejam sempre fixadas por estribos que assegurem sua posição e aderência.

#### **4.4 ERROS DURANTE A CONCRETAGEM**

O concreto é um bom material quando tratado adequadamente, mas, sem cuidados na execução, pode sofrer muita degradação desde o início da concretagem até



**Figura 2 - Resultado do adensamento efetuado de maneira correta e com o devido cuidado**

sua cura. A falta de cuidado leva a erros que podem diminuir a resistência e ocasionar falta de uniformidade na mistura, com o aparecimento de trincas, fissuras, vazios, bolhas e desprendimentos. A maior parte dos erros e descuidos corresponde às fases de aplicação e cura do mesmo (figura 1).

#### 4.4.1. LANÇAMENTO DO CONCRETO

É preciso que o concreto preencha todas as cavidades e reentrâncias das fôrmas e que seja compactado adequadamente, e isso é especialmente difícil quando as fôrmas apresentam geometrias complexas e o concreto é de consistência seca. Não se deve lançar um volume maior de concreto que aquele que possa ser compactado de maneira eficaz.

Nos casos onde a altura de queda livre é maior do que as mencionadas pelas normas RIPPER [4] recomenda, para evitar o ricochete de

agregados na queda da massa sobre o fundo da peça (pode desagregar o concreto), aplicar, por uma janela na base da fôrma, uma camada de argamassa de cimento e areia, que servirá como amortecedor da queda e que envolverá os agregados que caem antes da argamassa.

#### 4.4.2. ADENSAMENTO

A finalidade do adensamento do concreto é alcançar a maior compactação possível, sendo seu meio usual a vibração. Quando o concreto é recém colocado na fôrma, há uma quantidade de bolhas no volume total: maiores em concretos de alta trabalhabilidade e menores nos concretos mais secos, com menor abatimento.

Segundo a norma NBR14931:2003 [2], o concreto, após o lançamento, deve ser vibrado de maneira contínua com equipamento adequado, de maneira cuidadosa a preencher



**Figura 3 - Conseqüência da baixa qualidade do adensamento: aparecimento de vazios no concreto**

todos os recantos da fôrma, que seja feito cuidadosamente para não haver vibração na armadura e que não sejam formados ninhos ou haja a segregação do material (figura 2).

A vibração tem o efeito de fluidificar a argamassa da mistura, diminuindo o atrito interno e acomodando o agregado graúdo, reduzindo o chamado efeito parede. Deve ser aplicada uniformemente em toda a massa do concreto, evitando partes pouco adensadas e outras com excesso.

Uma vibração mal feita pode ocasionar diversos problemas, sendo os mais frequentes os ninhos de pedras e bolhas (figura 3).

A baixa qualidade no processo de adensamento do concreto traz como consequência a diminuição da resistência mecânica, aumento da permeabilidade e porosidade e falta de homogeneidade da estrutura.

#### 4.4.3. CURA DO CONCRETO

Dá-se o nome de cura aos procedimentos efetuados para promover a hidratação do cimento, que consiste em controlar a temperatura e a saída e entrada de umidade no concreto. Como a umidade e a temperatura agem como catalisadores das reações de hidratação, a cura tem como finalidade principal evitar que falte água ao concreto e que a temperatura seja a adequada durante os primeiros dias que compreendem a pega e o primeiro endurecimento.

A cura pode ser feita através da molhagem das fôrmas, irrigação periódica da superfície (figura 4), cobrimento com material para manter a região sempre úmida, a vapor, entre outras.

Dessa maneira, o que se busca com a cura é manter o concreto saturado, ou o mais próximo possível disso, até que os espaços da pasta de cimento fresca, ini-



Figura 4 - Cura a partir da molhagem da superfície, com cobrimento de tecidos para retenção da água

cialmente preenchidos com água, tenham sido satisfatoriamente preenchidos pelos produtos da hidratação do cimento. No caso do concreto em obras, quase sempre a cura é interrompida bem antes que tenha ocorrido a máxima hidratação possível.

Os motivos que levam à fissuração do concreto ou a que ele não atinja sua resistência, ou a atinja tardiamente, são temperatura do ar superior à massa do concreto, baixa umidade relativa do ar e superfícies de concreto expostas ao vento seco e quente.

#### 4.4.4. DESFÔRMA E DESCIMBRAMENTO

Para realizar a desfôrma e o descimbramento dos elementos estruturais é preciso esperar que o concreto tenha uma resistência adequada para suportar, por si próprio, a ação do seu peso e mais as das sobrecargas que existam sobre ele.

Os fundos de vigas, cimbramentos e apoios devem ser retirados sem vibração ou golpes na estrutura, recomendando-se que, quando os elementos são de maior importância, sejam empregadas cunhas, caixas de areia etc., para conseguir uma descida uniforme dos apoios.

São muito frequentes as falhas produzidas como consequência de descimbramento com cargas superiores às estimadas ou quando o concreto ainda não atingiu o endurecimento e resistências adequadas nas datas previstas,



devido à influência de baixas temperaturas ou emprego de cimentos inadequados.

É comum encontrar obras que têm um ritmo de construção muito rápido e os meios de escoramentos não são suficientemente abundantes para acompanhar este ritmo construtivo.

## 5. CONCLUSÕES

Neste trabalho abordou-se a importância da fase de desenvolvimento do projeto e execução de uma edificação. O foco do trabalho foi analisar as possíveis patologias que pode-

rão ocorrer em uma estrutura, decorrentes de procedimentos errôneos ou equivocados de projeto e de execução. Foram apresentados alguns cuidados básicos, que não resultam em aumento de custo ou recursos humanos em canteiro, os quais podem minimizar o tempo de retrabalho por decorrência de má execução ou exigir interferências mais onerosas para recuperar as estruturas (e os edifícios) que sofreram patologias severas, seja por problemas decorrentes de procedimentos de projeto ou de execução inadequados, seja por falta de informação fornecida aos usuários.

## Referências Bibliográficas

- [01] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 6118:2003. **Projeto de estruturas de concreto - procedimento**. Rio de Janeiro, ABNT, 2003.
- [02] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 14931:2003. **Execução de estruturas de concreto - procedimento**. Rio de Janeiro, ABNT, 2003.
- [03] CÁNOVAS, Manuel F. **Patologia e terapia do concreto armado**; tradução de M. Celeste Marcondes, Beatriz Cannabrava. São Paulo: PINI, 1988.
- [04] RIPPER, Ernesto. **Como evitar erros na construção**. São Paulo, Pini, 1984. ■



01 a 04 de novembro de 2011  
CENTROSUL - Florianópolis/SC



## TEMAS

- |  |  |
|--|--|
| <p>1   <b>Gestão e Normalização</b><br/><i>Management and Standardization</i></p> <p>2   <b>Materiais e Propriedades</b><br/><i>Materials and Properties</i></p> <p>3   <b>Projeto de Estruturas</b><br/><i>Structural Design</i></p> <p>4   <b>Métodos Construtivos</b><br/><i>Construction Methods</i></p> | <p>5   <b>Análise Estrutural</b><br/><i>Structural Analysis</i></p> <p>6   <b>Materiais e Produtos Específicos</b><br/><i>Specific Products</i></p> <p>7   <b>Sistemas Construtivos Específicos</b><br/><i>Specific Construction Systems</i></p> |
|--|--|

## DATAS IMPORTANTES

- |                                    |                        |
|------------------------------------|------------------------|
| <b>Envio de Resumos</b>            | → até 31/março/2011    |
| <b>Aceitação de Resumos</b>        | → até 31/março/2011    |
| <b>Envio de Artigos</b>            | → até 27/junho/2011    |
| <b>Aceitação de Artigos</b>        | → até 30/agosto/2011   |
| <b>Envio de Revisão de Artigos</b> | → até 12/setembro/2011 |
| <b>Evento</b>                      | → 01/11 a 04/11/2011   |

**Fique atento para não perder os prazos! As datas estabelecidas não serão prorrogadas!**

## INFORMAÇÕES

Site → [www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br)  
email → [office@ibracon.org.br](mailto:office@ibracon.org.br)

## COMISSÃO ORGANIZADORA

Rua Julieta do Espírito Santo Pinheiro, 68 Fone/Fax → **+55 11 3735-0202**  
Bairro Jardim Olímpia Fax → **+55 11 3733-2190**  
São Paulo - SP - Brasil e-mail → [office@ibracon.org.br](mailto:office@ibracon.org.br)  
05542-120

# Dinâmica estrutural aplicada ao projeto de estruturas de estádios de futebol

**SÉRGIO STOLOVAS - ENGENHEIRO**  
STO ANÁLISE E SOLUÇÕES ESTRUTURAIS S/S LTDA

## 1. INTRODUÇÃO

A sofisticação progressiva das ferramentas de projeto e os avanços tecnológicos na construção civil propiciam soluções estruturais cada vez mais arrojadas e eficientes quanto a custos e segurança. Porém, as mesmas podem resultar em desempenhos vibracionais inadequados. De fato, muitas das Arenas no Brasil e no mundo afora apresentam desempenhos dinâmicos muito insatisfatórios associados a deslocamentos estruturais excessivos induzidos pelas multidões.

A evolução na compreensão e quantificação analítica das excitações induzidas pelas multidões e dos critérios de aceitabilidade dos níveis de conforto humano atingidos na primeira década do século XXI coloca a *Engenharia de Estruturas* em novos patamares nos aspectos essenciais que poderão propiciar que os projetos futuros sejam isentos de muitos dos vícios que propiciaram o pobre desempenho vibracional das estruturas de arquibancadas de estádios projetadas no século XX.

Os softwares de projeto estrutural usados no Brasil já incorporaram as ferramentas de Análise de Resposta, e isso permite formular alvos de desempenho em termos

de limitação de acelerações de resposta estrutural. Daí resulta ser operacionalmente possível acolher e adotar, no desenvolvimento dos projetos, os novos critérios de aceitabilidade funcional.

O objetivo do presente artigo é divulgar aspectos essenciais das novas concepções, critérios e metodologias analíticas adotadas no desenvolvimento dos projetos de arquibancadas dos estádios de futebol a serem construídos para o Mundial de 2014.

## 2. ASPECTOS GERAIS

Podemos afirmar que as normas estruturais brasileiras estão entre as mais evoluídas e confiáveis nos aspectos associados às Verificações Resistentes e de Serviço (Estados ELU e ELS). A inclusão, na Norma ABNT NBR 6118, dos itens referentes à aceitabilidade de desempenho no Estado Limite de Vibrações Excessivas (ELS-VE) já manifesta a necessidade (ou intenção) de atribuir às nossas estruturas também um comportamento vibracional adequado. Porém, tanto as normas ABNT como as demais normas internacionais modernas, não estão conseguindo acompanhar a evolução antes mencionada. Além disso, o escopo abrangente das nor-

mas de Projeto de Estruturas de Concreto Armado dificulta aprofundar e dedicar itens específicos que estejam associados ao desempenho dinâmico singular de todas e cada uma das tipologias estruturais para todos os cenários. Acreditamos que, da mesma maneira que existem normas específicas para Ações Induzidas pelo Vento (e outras ações), resulta natural que, no futuro, sejam também publicadas Normas Brasileiras que se especializem nos aspectos associados a ações induzidas por seres humanos e multidões. Por enquanto, o pragmatismo e a necessidade de garantir o desempenho adequado das estruturas obrigam que o Engenheiro de Estruturas incorpore os novos conhecimentos como complemento das normas existentes. Cabe ressaltar que se trata de incrementar o conteúdo das normas com critérios de aceitabilidade complementares, que não substituem nem estão em conflito com a avaliação estrutural resistente das normas vigentes.

### 3. DEFINIÇÃO DA EXCITAÇÃO PADRÃO VERTICAL

As frequências diretrizes para as quais a excitação induzida pela multidão resulta eficiente são as incluídas na faixa de 1,5 Hz a 2,7 Hz. Baseando-se em parâmetros adotados pelo “*Dynamic performance requirements for permanent grandstands subject to crowd action: Recommendations for management, design and assessment*”, IStructE, 2008 (“*The IStructE Guide*”) [1], podemos assumir a excitação padrão vertical induzida pela multidão de espectadores (em eventos esportivos) de acordo à superposição dos efeitos dos 3 harmônicos definidos na figura 1.

Para a definição das amplitudes dos harmônicos da excitação, recomenda-se que o peso associado a um indivíduo seja estimado em 80 kgf.

Nos eventos “extremos” (p.e. shows de Rock), nos quais quase 100% dos empolgadíssimos espectadores pulam sintoni-

Figura 1 – Definição dos Harmônicos da excitação padrão vertical induzida pelos espectadores de eventos esportivos

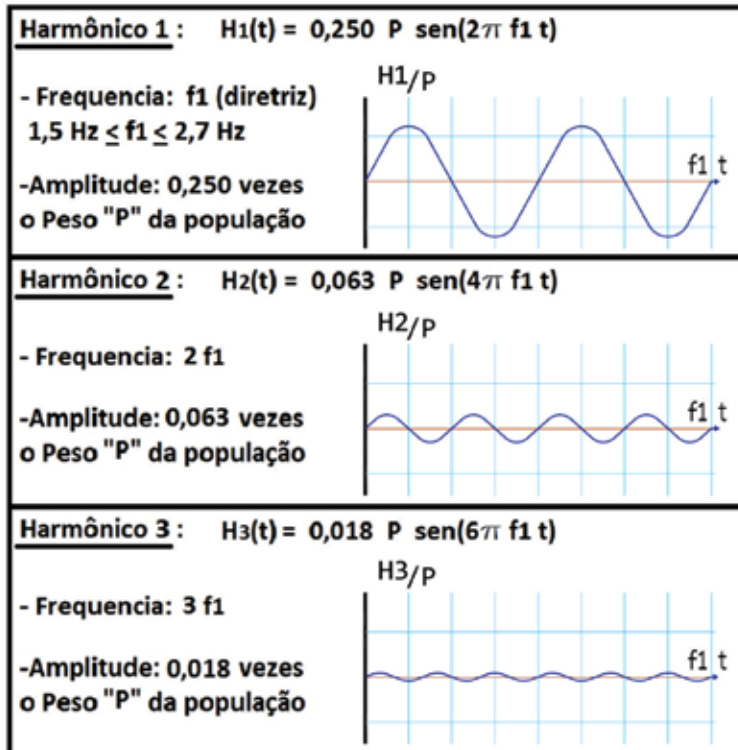
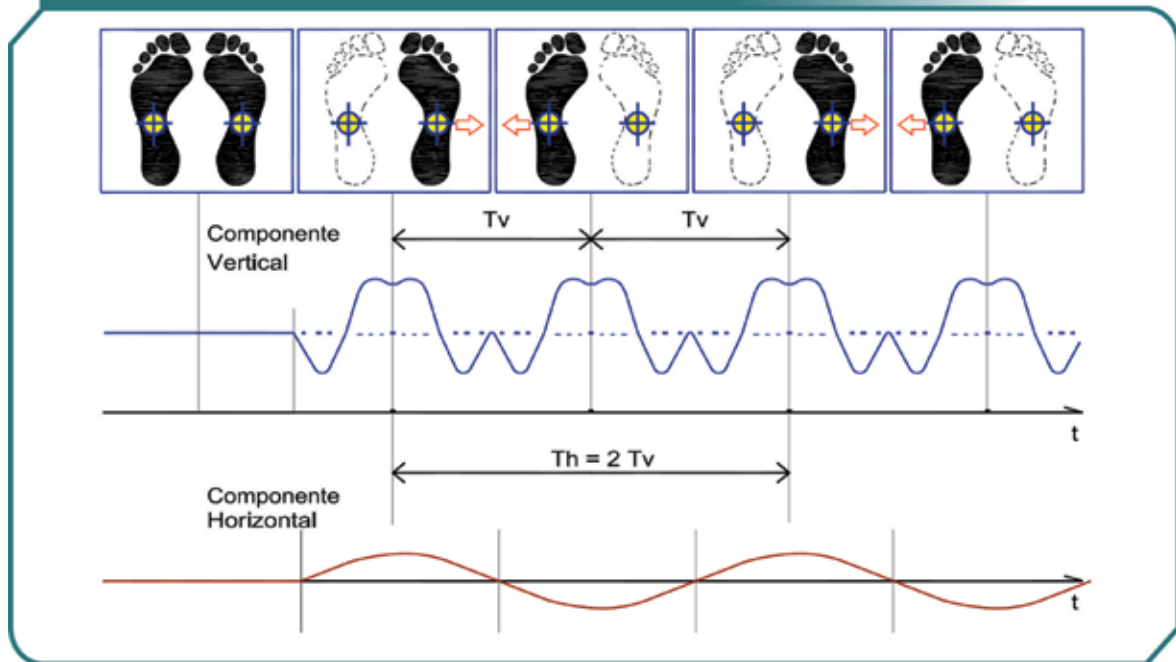


Figura 2: Descrição das histórias de resultantes das componentes de força transmitida na vertical e na horizontal por um indivíduo que se balancea (movimento quase involuntário associado à audição de música com cadência nítida).



zados com a cadência diretriz da música, deveriam ser estimadas amplitudes de excitação na ordem de 2 vezes as adotadas como padrão de eventos esportivos (vide referência [1]). Porém, para essa classe de eventos, assumem-se como toleráveis valores de resposta 2,7 vezes maiores que para eventos esportivos. Isso implicaria que os eventos “extremos” não seriam funcionalmente críticos. A avaliação exaustiva da estrutura para esses casos extremos exigiria levar em conta a extensão do domínio da frequência diretriz para além dos 3 Hz e efetuar uma análise resistente (e de estabilidade) cuidadosa na base dos deslocamentos amplificados induzidos. Considerando que a maioria das arenas projetadas para o Mundial de 2014 são concebidas como “multifuncionais”, as verificações pertinentes não devem ser dispensadas.

#### 4. DEFINIÇÃO DA EXCITAÇÃO PADRÃO HORIZONTAL

Para toda atividade humana, as excitações cíclicas induzidas na horizontal resultam sempre de frequências diretrizes bem menores que as induzidas na vertical.

Observe-se que uma pessoa caminhando a 2 passos por segundo excitaria a estrutura que a sustenta na vertical com uma frequência diretriz de 2 Hz, mas a componente horizontal concomitante flutuaria a 1 Hz, já que o ciclo se completa cada 2 passos (pé direito empurra à direita e pé esquerdo à esquerda, alternativamente). Devido a razões ergométricas e às limitações na sincronização entre harmônicos superiores, considera-se pouco factível que a frequência diretriz da excitação cíclica horizontal crítica induzida pela multidão resulte maior do que 1,35 Hz e que apresente harmônicos superiores relevantes. (vide figura 2).

A consideração das respostas induzidas pelas componentes horizontais da multidão apresenta características singulares que eram desconhecidas no século XX. A principal delas é o efeito “Lock-in”, que consiste na sincronização involuntária “indivíduo-estrutura”, quando a mesma oscila na horizontal. Esse fenômeno, que provocou o desempenho inadequado na inauguração da *Passarela do Millenium* em Londres, resulta impossível de quantificar mediante ferramentas tradicionais de

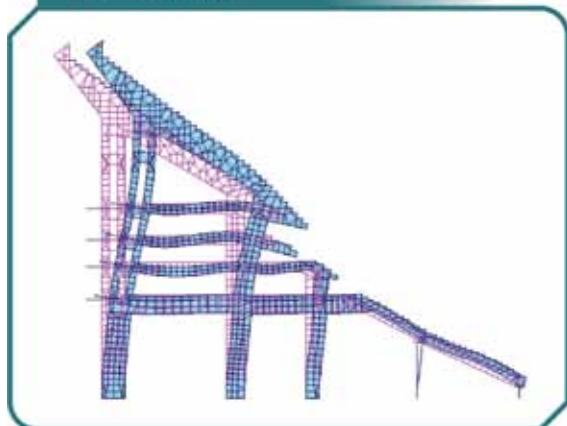
análise de resposta, já que a excitação é retroalimentada pela resposta e a mesma não pode ser cotada assertivamente. Nos casos nos quais não seja implementados dispositivos de controle da resposta (dissipadores ou atenuadores), a estratégia de projeto é adotar a prescrição de impedir que a estrutura possua frequências naturais menores que 1,5 Hz.

O monitoramento de eventos reais demonstra que o cenário de excitação extrema transiente induzida na horizontal estaria associado ao evento no qual os espectadores se sentam simultaneamente (por exemplo, depois de um chute a gol que não foi). A cobertura dos efeitos desse cenário transiente e de outros deverá ser considerada na análise resistente e de estabilidade da estrutura, submetendo a mesma a forças horizontais nominais estáticas equivalentes, cujo valor será 0,075 vezes o peso real da população de espectadores aplicadas (não simultaneamente) nas direções horizontais.

## 5. CARACTERÍSTICAS MODAIS DAS ESTRUTURAS DE ARQUIBANCADAS DE GRANDE PORTE

Na figura 3, pode ser apreciada a forma do 1º modo de vibração na direção radial da estrutura de uma arquibancada de grande porte.

Figura 3 – 1º modo de vibração (radial) da estrutura que sustenta uma arquibancada de grande porte



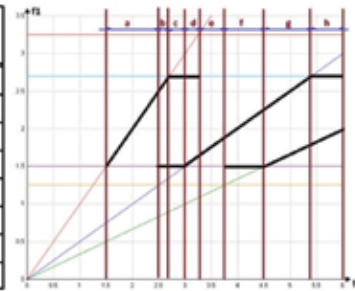
O modo fundamental possui sempre deslocamentos preponderantemente horizontais. Porém, resulta errado supor que o mesmo não possa ser excitado pelas componentes verticais de forças induzidas pela multidão. Muito pelo contrário, em geral, a excitabilidade vertical desses modos preponderantemente horizontais é crítica no desempenho dinâmico.

As arquibancadas de grande porte são estruturas cuja altura ultrapassa geralmente os 40 metros e cuja massa solidária é bem maior que a associada aos degraus que sustentam os espectadores, já que incluem 4 (ou mais) pavimentos de serviço. Estruturas habituais de moradia, escritórios ou comerciais dessa altura terão frequências naturais horizontais bem menores que 1 Hz.

Para poder neutralizar os efeitos de ressonância dos 2 primeiros harmônicos da componente vertical da excitação da multidão, deveríamos projetar as estruturas de maneira que a frequência natural fundamental seja maior do que 6 Hz. Com essas hipóteses, as amplificações seriam suficientemente baixas para dispensar a análise de resposta. Impor que as frequências fundamentais de estruturas de grande porte (como as que estão sendo projetadas para o Mundial de 2014) sejam maiores que 6 Hz levaria a realizar obras “faraônicas”, possivelmente dotadas de opulentos núcleos rígidos, que, além de caros, estariam possivelmente em conflito com as necessidades funcionais das áreas de serviço. Isso implica que devemos assumir como “inevitável” que as nossas estruturas estejam expostas a efeitos de ressonância do 2º harmônico e, em certos casos, também do 1º harmônico da excitação vertical induzida pela multidão. Para casos que cumprem as condições prescritivas mencionadas (nos quais a frequência natural é maior que 1,5Hz), a potência da excitação da multidão sobre os modos fundamentais se deve ao fato de que os deslocamentos desses modos não são jamais puramente horizontais. Devemos ter sempre presente que os efeitos dinâmicos críticos em arquibancadas de grande porte estarão

Figura 4 – Frequências diretrizes de avaliação

Domínio	Frequencia natural $f_{ni}$	Frequências Diretrizes de Avaliação
a	$1,50 < f_{ni} \leq 2,50$	$f_{ni}$
b	$2,50 < f_{ni} \leq 2,70$	$f_{ni}/2$ ; 1,5 Hz
c	$2,70 < f_{ni} \leq 3,00$	1,5 Hz ; 2,7 Hz
d	$3,00 < f_{ni} \leq 3,25$	$f_{ni}/2$ ; 2,7 Hz
e	$3,25 < f_{ni} \leq 3,75$	$f_{ni}/2$
f	$3,75 < f_{ni} \leq 4,50$	1,5 Hz ; $f_{ni}/2$
g	$4,50 < f_{ni} \leq 5,40$	$f_{ni}/2$ ; $f_{ni}/3$
h	$5,40 < f_{ni} \leq 6,00$	2,7 Hz ; $f_{ni}/3$



sempre associados a deslocamentos preponderantemente horizontais induzidos pelas componentes verticais da excitação. As frequências naturais desses modos são as que determinarão a frequência diretriz para a qual a amplificação poderá ser extrema. O estudo exaustivo dos deslocamentos modais (especialmente, das direções das componentes verticais dos mesmos) será o que propiciará a escolha adequada da configuração da carga ativa crítica.

## 6. ALVOS DE DESEMPENHO E ACEITABILIDADE DA RESPOSTA ESTRUTURAL

Para eventos esportivos, a conformidade funcional da estrutura poderá ser condicionada pela limitação de acelerações-pico totais de resposta a valores menores de 10% g (aceleração gravitacional) ( $1 \text{ m/s}^2$ ). A adoção deste valor está correlacionada aos valores alvos de desempenho enunciados no IstructE Guide [1].

Porém, o ser humano manifesta níveis de desconforto muito maiores para deslocamentos horizontais que para deslocamentos verticais. Daí que a limitação de 10% g resulta inadequada quando a componente horizontal de deslocamento for preponderante. De acordo a valores de referência fornecidos por Hugo Bachmann, na obra “*Vibration problems in Structures*” [2], os valores associados a componentes horizontais não deverão exceder 5% g ( $0,5 \text{ m/s}^2$ ), o que equivale ao limite superior de desconforto tolerável (correspondente à qualificação *very annoying*).

## 7. ROTEIRO DA AVALIAÇÃO DAS ACELERAÇÕES DE RESPOSTA

Da análise modal e da avaliação das características dos deslocamentos modais, podem ser escolhidos os modos de vibração expostos à ressonância associada a excitações atuantes na vertical e as distribuições de população ativa crítica. Esses modos serão todos aqueles cuja frequência possa ser igual (ou próxima) ou múltipla (ou próxima a múltipla) da frequência diretriz. Dessa maneira, cada modo de vibração com frequência menor que 6 Hz gerará um ou mais “estados dinâmicos de carga”, compostos cada um por três harmônicos. Na figura 4, é apresentada a chave para a listagem das Frequências Diretrizes de excitação a serem avaliadas em função das frequências naturais resultantes da análise.

Os nós de controle, para os quais será efetuada a avaliação da resposta, serão aqueles com maior deslocamento modal absoluto no modo ressonante.

## 8. PAUTAS E RECOMENDAÇÕES PARA A ANÁLISE DE ESTRUTURAS DE ARQUIBANCADAS DE ESTÁDIOS DE FUTEBOL

A Engenharia de Estruturas procura sempre realismo e exatidão. Muitas vezes esses propósitos conduzem à necessidade de gerar modelos analíticos de grande complexidade. Porém, o pragmatismo nos obriga a simplificar tudo o que for simplificável, para que os resultados relevantes

fiquem manifestos e não naufraguemos no mar dos resultados irrelevantes que ocultam o que é realmente crítico. Na análise de resposta dinâmica de estruturas, agrega-se a necessidade de poder vislumbrar todos os efeitos dos modos excitáveis e eles devem ter sido incluídos na avaliação modal preliminar. No nosso caso, a análise deverá incluir, pelo menos, todos os modos de frequência menor que 6 Hz e, para isso, em muitos casos, devemos simplificar e até eliminar (no modelo analítico) apêndices flexíveis que não são excitáveis e incorporam modos de baixa frequência que são irrelevantes.

Para que a avaliação seja confiável, devemos estudar a estrutura mediante modelos analíticos globais em 3D. Porém, se começarmos a nossa análise, lançando modelos globais em 3D detalhados dos setores de arquibancadas, os resultados serão quase indecifráveis, a interpretação da relevância de cada um dos modos ficará certamente oculta do nosso entendimento, não poderemos gerar eficientemente os carregamentos dinâmicos críticos de avaliação nem escolher adequadamente os pontos de controle e, com certeza, não saberemos quais são os elementos que devemos eventualmente re-dimensionar para atingir os alvos de desempenho. O modelo global em 3D é necessário para a avaliação final da estrutura e para conferir que não existem modos transversais nem de torção com frequência natural menor que 1,5 Hz.

A metodologia de trabalho recomendada é sempre começar pela análise de um pórtico no qual incluímos todas as massas associadas aos “elementos degraus”, como solidárias ao apoio dos mesmos na viga jacaré, bem como todas as massas associadas aos pavimentos de serviço, como solidárias aos apoios das lajes no pórtico. Do estudo analítico das propriedades modais desse modelo, surgirá possivelmente a necessidade de mudanças estruturais do pórtico devido à presença de modos com frequências menores de 1,5 Hz ou devido a respostas de aceleração maior que as aceitáveis. Uma

vez verificada a viabilidade em termos de desempenho da estrutura dos pórticos e reconhecidas as frequências e os modos naturais relevantes, ao lançar o modelo espacial global, veremos que cada modo natural do pórtico gerará um modo global de frequência quase idêntica ou um “pacote” de modos de frequências na faixa daquele modo. O modelo global deve incluir os degraus mediante uma configuração realista, principalmente relacionada ao desempenho do mesmo como diafragma que controlará mais ou menos eficientemente o deslocamento dos pontos mais elevados da arquibancada, o que será crítico na limitação da frequência natural por baixo de 1,5 Hz.

Sem importar o tipo de modelo a ser analisado, as massas solidárias deverão ser adotadas de maneira realista e não de acordo a cenários extremos de carga aos quais se referem as normas (assumir massas maiores das reais não resulta necessariamente um critério do lado da segurança). Deve ser ressaltado que a massa associada à sobrecarga útil real não representa necessariamente “massa solidária” (nenhum espectador está grudado ao degrau, menos ainda se ele estiver pulando). Para poder adotar os parâmetros e amplitudes de excitação definidos anteriormente, não deverá ser incorporada ao modelo a massa suplementar associada ao peso dos espectadores, já que a metodologia se baseia na retroanálise de efeitos de eventos reais e foram usados modelos de correlação nos quais essa massa foi intencionalmente desconsiderada.

Aos efeitos da análise de resposta, recomenda-se adotar a taxa de amortecimento modal uniforme de 0,025. A justificativa desta taxa (maior da correspondente ao amortecimento estrutural) é a de levar em conta os efeitos da interação espectadores-estrutura. Ou seja, efeitos de atenuação associados ao fato dos espectadores estarem atuando involuntariamente como amortecedores de massa sintonizada. A taxa adotada resulta baseada nos valores médios medidos na pesquisa específica para este tipo de estruturas,

divulgadas no documento: “*Changes of modal properties of a stadium structure occupied by a crowd*” -Paul Reynolds, Aleksandar Pavic and Zainah Ibrahim-The University of Sheffield -Department of Civil and Structural Engineering) [3].

Cabe ressaltar que, de acordo à pesquisa mencionada e a outras divulgadas nos últimos anos, as taxas podem atingir valores modais críticos bem maiores quando a população passiva relevante for maior. Daí que o valor adotado resulta razoavelmente conservativo para cenários de população ativa massiva, e resultará justificado elevar o mesmo até 0,05 para excitações assimétricas ou parciais, especialmente quando as regiões passivas têm associados deslocamentos modais ressonantes consideráveis.

Geralmente, o 1º e o 2º harmônico resultam preponderantes. Aos efeitos da avaliação primária, poderá se desconsiderar os efeitos associados ao 3º harmônico. As acelerações relevantes serão as estacionárias e se devem desestimar efeitos transientes (por exemplo, considerar a resposta para um intervalo entre  $t=50s$  e  $t=55s$ ). Porém, resulta importante visualizar a história desde tempo zero para o efeito de conferir que existe realmente ressonância e que não foi cometido um erro na definição da frequência diretriz crítica.

Recomenda-se não realizar combinações de harmônicos. Sugere-se analisar as histórias de respostas para cada harmônico, obter as acelerações dos picos estacionários e assumir a aceleração máxima de resposta total como raiz quadrada da soma dos quadrados das acelerações-pico correspondentes aos diferentes harmônicos.

Para solos de baixa rigidez, poderá ser relevante a incorporação no modelo, de maneira realista, da interação solo estrutura. Porém, nesses casos, deve ser levado em conta que os modos que apresentem deslocamentos significativos dos apoios devem ser considerados com taxas de amortecimento bem maiores, já que as respostas associadas estarão altamente influenciadas pelos parâmetros de amortecimento geométrico do solo. Na reali-

dade, estruturas de arquibancadas sobre solos de baixo desempenho, deveriam ser analisadas mediante análise não linear, já que darão lugar a modos não clássicos e não será certo assumir as hipóteses de Rayleigh como uma boa aproximação. Isso obrigaria a mudar de metodologia, mas poderá ser evitado mediante a adoção de vigas baldrame que controlem, no possível, os efeitos da interação.

A interação da arquibancada com a estrutura da cobertura deve ser considerada da maneira o mais realista possível. Em caso de falta de dados detalhados da estrutura da cobertura, deverá ser estimada a frequência natural e a massa da mesma, e adotar um esquema de apêndice representado como pêndulo invertido com a massa aferente e a frequência natural calculada. Deve ser ressaltado que a condensação da massa da cobertura como massa concentrada no apoio conduz a resultados não realistas.

Da análise dos elementos de degraus adotados em arquibancadas e que cumprem as exigências resistentes das Normas ABNT, surge que a frequência natural (considerados simplesmente apoiadas) será sempre maior que 9 Hz. Daí que o comportamento dinâmico global da estrutura e a resposta dinâmica não estarão governados pelo desempenho desses elementos. Podemos assumir que os degraus são infinitamente rígidos (considerar toda a massa condensada nos apoios das vigas jacarés) e isso não alterará a aceleração de resposta extrema crítica. Porém, como mencionado anteriormente, a presença dos elementos de degraus resulta crítica e, geralmente, eficiente no controle de deslocamentos horizontais transversais, já que o conjunto de elementos de degraus atua como diafragma acoplado entre pórticos radiais e tangenciais.

Cabe destacar que o monitoramento do desempenho de protótipos de elementos de degraus montados sobre apoios (antes da construção da arquibancada e não entre os pórticos da estrutura real) não fornecerá nenhuma informação relevante do real desempenho da estrutura. A realização dessa classe de testes é desnecessária.



## 9. CONCLUSÃO

As estruturas de arquibancadas de grande porte poderão ser projetadas de maneira a controlar amplificações ressonantes induzidas pelas componentes horizontais das excitações exercidas pelas multidões nas partidas de futebol, mediante a limitação (prescritiva) das frequências naturais a valores maiores de 1,5 Hz. Porém, essa condição “necessária e não suficiente” não evitará efeitos de ressonância induzidos pelas componentes verticais da excitação, que resultarão em respostas amplificadas horizontais e verticais.

A inevitável amplificação associada à

ressonância induzida pelas componentes verticais da excitação obriga a realizar avaliações analíticas da resposta de acelerações de acordo com os critérios e metodologias mencionadas no presente artigo para conferir que as mesmas não excedam os limites de aceitabilidade.

Geralmente, a conformidade vibracional será crítica no dimensionamento dos pórticos das arquibancadas, porém não será crítica no dimensionamento dos elementos de degraus, quando os mesmos sejam projetados de acordo aos requisitos resistentes das normas vigentes.

## Referências Bibliográficas

- [01] Dynamic performance requirements for permanent grandstands subject to crowd action: Recommendations for management, design and assessment”, IStructE, 2008 (“The IStructE Guide”).
- [02] Vibration problems in Structures- Hugo Bachmann [2]
- [03] “Changes of modal properties of a stadium structure occupied by a crowd” - Paul Reynolds, Aleksandar Pavic and Zainah Ibrahim-The University of Sheffield - Department of Civil and Structural Engineering). ■

## Segunda Conferência Internacional sobre as Melhores Práticas em Pavimentos de Concreto



Florianópolis, Brasil  
2 a 4 de Novembro 2011

### Objetivo

*Discutir as inovadoras tecnologias construtivas e de manutenção de pavimentos de concreto.*

### Temas

- Pavimentos de concreto sem juntas
- Técnicas de reciclagem de pavimentos de concreto
- Pavimentos de concreto pré-moldado
- Tecnologias inovadoras de construção e manutenção de pavimentos de concreto

### Datas importantes

- **Envio de artigos:** 31 de março
- **Notificação de aceitação:** 31 de maio
- **Envio de artigos revisados:** 31 de julho

### Informações importantes

- Os artigos devem ser escritos em inglês ou espanhol
- Os artigos devem ser enviados pelo endereço eletrônico:  
[http://www.ibracon.org.br/eventos/2nd\\_pavement/informacoes.asp](http://www.ibracon.org.br/eventos/2nd_pavement/informacoes.asp)

### Mais informações

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

# Balanco de atividades do NQCP

O Núcleo de Qualificação e Certificação de Pessoal (NQCP), do Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON), responsável pela qualificação e certificação de profissionais que realizam o controle tecnológico do concreto examinou, no ano passado, 29 profissionais, por meio da aplicação de 151 exames, subdivididos em teórico geral, teórico específico e prático.

Foram emitidos um total de 49 certificados, para os candidatos aprovados nos diversos exames e para os profissionais qualificados pelo SEQUI/PETROBRÁS, reconhecidos pelo NQCP.

A categoria predominante avaliada foi a de inspetores (59%). Em seguida, vêm os tecnologistas (24%) e os laboratoristas (17%). Não houve avaliação de auxiliares. “A maior procura da certificação pelos inspetores se deve ao fato dessa cate-

Gráfico 1 – Número de exames aplicados por mês



ria conter o maior número de profissionais autônomos e com curso superior”, esclarece Karina Rago, gerente da qualidade do NQCP.

Como um profissional pode se candidatar para obter a certificação em mais de uma categoria e, mesmo

dentro de uma categoria, ele pode se candidatar a mais de uma atividade (concreto fresco, concreto endurecido, agregados etc.), a distribuição de candidatos para os meses de abril a novembro de 2010, realizando exames e reexames, ficou conforme a tabela 1.

A distribuição dos exames realizados por mês, em 2010, é dado pelo gráfico 1.

Nesses exames, os índices gerais de aprovação e reprovação são apresentados pela tabela 2.

“A maior parte dos candidatos a laboratoristas não conhece o conteúdo das

Tabela 1 – Número de candidatos por mês

Mês/ 2010	Número de Candidatos
Maio	4
Junho	4
Julho	4
Agosto	6
Setembro	9
Outubro	3
Novembro	12

Tabela 2 – Resultados dos exames aplicados

Mês	Aprovados	Reprovados
Maio	10	5
Junho	10	4
Julho	9	3
Agosto	9	1
Setembro	14	27
Outubro	3	9
Novembro	30	17

## Pesquisa de Opinião

Dos 38 formulários de opinião recebidos pelo NQCP sobre suas atividades, tabulou-se o seguinte:

Ação	Bom	Regular	Ruim
<b>Atendimento Telefônico</b>	😊	😐	😞
Tempo de Espera	36	1	-
Cortesia	37	0	-
Acesso a pessoa chamada	32	3	-
<b>Atendimento na recepção</b>	😊	😐	😞
Cortesia	35	1	-
Rapidez nas informações	35	1	-
Clareza nas informações	32	5	-
<b>Proposta da certificação</b>	😊	😐	😞
Apresentação	38	0	-
Esclarecimento	36	2	-
Prazo de término do processo	33	4	-
<b>Pessoa de contato para informações</b>	😊	😐	😞
Cortesia	38	0	-
Clareza nas informações	38	0	-
Segurança nas informações	36	2	-
Orientação técnica	38	0	-
Prazo de realização do processo	34	3	-
<b>Exames de Qualificação</b>	😊	😐	😞
Cortesia	37	0	-
Clareza nas informações	33	4	-
Esclarecimento	36	1	-
Prazo de realização dos exames	33	3	-
<b>Certificado</b>	😊	😐	😞
Apresentação	21	2	-
Prazo de envio	16	6	-

normas técnicas pertinentes, realizando ensaios conforme a experiência adquirida na prática profissional. Já, os candidatos a inspetores têm maior dificuldade nos exames práticos, porque não têm, muitas vezes, habilidade de realização dos ensaios. Os tecnologistas se dividem entre os que têm conhecimento teórico e prático, só prático ou só teórico”, avalia Rago.

O NQCP compilou ainda as observações enviadas pelos candidatos sobre as principais etapas do processo de certificação, para tomar ações cabíveis no sentido de melhorar todo o processo de qualificação e certificação de pessoal.

Dentre as ações tomadas, citam-se:

- A revisão do banco de questões, após a realização de cada exame, segundo as respostas obtidas dos candidatos nos exames,

suas observações e as dúvidas levantadas nas entrevistas técnico-pedagógicas;

- A revisão do caderno de normas, separando as normas por atividades e identificando os números das normas em suas abas;
- A revisão do formulário de opinião, com a inclusão da opção ‘ótimo’;
- A contratação de profissional para atendimento dos candidatos, esclarecendo suas dúvidas sobre prazos e etapas do processo de qualificação.

Registre-se, ainda, entre as atividades do NQCP, as reuniões de seu Conselho de Certificação, as reuniões de seu Comitê Técnico em Controle Tecnológico do Concreto, as reuniões com examinadores e a participação de seus membros em eventos técnicos do setor.

# II Encontro Regional do IBRACON em Sergipe

Com o objetivo de promover a atualização profissional, a discussão técnica e científica sobre temas atuais da engenharia e da arquitetura e o estreitamento de relações entre os sócios da região, será realizado, em Aracaju, dias 9 e 10 de junho, o II Encontro Regional do IBRACON em Sergipe.

O evento vai debater os avanços na tecnologia do concreto e recebe resumos de trabalhos técnicos até 14 de março. Os interessados devem encaminhar seus resumos para o endereço eletrônico: [ibracons Sergipe@globomail.com](mailto:ibracons Sergipe@globomail.com). Na mensagem, o autor deve enviar dois arquivos: um com o resumo, incluindo título do trabalho, nome e a empresa/instituição de trabalho; outro com o resumo mais o título do trabalho. No assunto da mensagem deve estar indicada a área na qual o trabalho se insere



(Estruturas; Materiais; Construção Civil). O autor precisa indicar ainda na mensagem a forma de apresentação do trabalho - oral ou pôster.

Mais informações: Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Sergipe (UFS). ■



01 a 04 de novembro de 2011  
CENTROSUL - Florianópolis/SC

Fórum nacional de debates sobre a tecnologia do concreto e suas aplicações em obras civis



## PALESTRANTES

- Bryan Perrier - Instituto de Concreto, África do Sul
- Rui Calçada - Universidade do Porto, Portugal
- Dan Frangopol - Lehigh University, Estados Unidos
- Willian Price-Agbodjan - INSA de Rennes, França

## EVENTOS PARALELOS

- 2nd International Conference on Best Practices for Concrete Pavements
- Seminário de Infraestrutura Metroviária e Ferroviária
- Seminário de Grandes Construções
- Seminário de Sustentabilidade
- Workshops de Temas Controversos

## VII FEIBRACON - Feira Brasileira das Construções em Concreto

Excelente oportunidade para divulgação, promoção e relacionamento. Cotas de patrocínio e de exposição à venda.

## CONSULTE

Arlene Lima  
Fone → +55 11 3735-0202  
e-mail → [arlene@ibracon.org.br](mailto:arlene@ibracon.org.br)

## INFORMAÇÕES

Site → [www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br)  
email → [office@ibracon.org.br](mailto:office@ibracon.org.br)

# Norma técnica

Muitos gols e muita alegria é o que desejamos para a Copa de 2014! Para atingir esses objetivos, a infraestrutura do maior evento esportivo mundial deve estar pronta a tempo e com qualidade.

Os estádios são o ponto focal de encontro de multidões de apaixonados, mas tantos outros tipos de construção são imprescindíveis ao sucesso do evento, como portos, aeroportos, estradas, vias de tráfego e edificações diversas.

As obras para construção dessa infraestrutura serão o legado brasileiro, que deve ser sustentável, com construções que sirvam à sociedade por muitos e muitos anos de maneira adequada.

As Normas Técnicas são a base para essa conquista e ferramentas de trabalho necessárias ao desenvolvimento do País neste importante momento de crescimento.

Apesar de muito conhecidas e de larga aplicação pelo meio técnico, é sempre interessante ressaltar e reafirmar o escopo e a importância de algumas normas brasileiras aplicáveis à construção civil.

## 1. ABNT NBR 6118 - PROJETO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO

Publicada em última versão em 2007, essa Norma cobre de forma geral o espectro completo das aplicações do concreto como material estrutural e estabelece os requisitos necessários para o projeto e o dimensionamento das estruturas em concreto.

Para aplicações específicas foram criadas normas que seguem basicamente a mesma linha da ABNT NBR 6118, mas tratam de forma direcionada as particularidades de cada aplicação, como a ABNT NBR 9062 (Estruturas pré-moldadas de concreto) e a ABNT NBR 7187 (Pontes de concreto armado e protendido).

Como documentos que a complementam, vale mencionar a ABNT NBR 14931 (Execução de estruturas de concreto) e a ABNT NBR 12655 (Preparo, controle e recebimento de concreto).

A ABNT NBR 6118 é historicamente conhecida como NB-1, que foi a primeira Norma Brasileira de projeto e execução de estruturas de concreto, publicada em 1940. Daquela época aos dias atuais, essa Norma passou por algumas revisões parciais (1955, 1960, 1978), sempre mantendo seu escopo original, ou seja, enfocando apenas o concreto armado e estabelecendo requisitos para alguns aspectos relativos à execução da estrutura, além dos critérios a serem obedecidos no projeto e no dimensionamento estruturais.

Após diversos anos de estudo e incessante trabalho de atualização, a versão de 2003 trouxe mudanças de escopo e enfoques mais abrangentes, que exigiram a atualização de diversas outras normas brasileiras (como a ABNT NBR 8681 - Ações e segurança nas estruturas), além do cancelamento de alguns documentos (como a ABNT NBR 7197, que versava sobre concreto protendido).

Para facilitar seu entendimento pelo meio técnico, comentários, exemplos práticos de aplicação e detalhamentos sobre a Norma foram publicados como Práticas Recomendadas pelo Instituto Brasileiro do Concreto (consulte o site do IBRACON, na seção de publicações e conheça as Práticas Recomendadas do Instituto).

O grande potencial do concreto como material de construção durável, resistente e versátil é ponto focal na Norma, que dedica seções específicas para questões como:

- garantia da qualidade;
- durabilidade;
- limites para dimensões, deslocamentos e abertura de fissuras;
- análise estrutural;

- instabilidade e efeitos de segunda ordem;
- regiões e elementos especiais.

Participando dos trabalhos de normalização internacional no âmbito do ISO/TC71 (*International Committee of Concrete, Reinforced Concrete and Pre-stressed Concrete*), verificou-se a possibilidade de registro dessa Norma Brasileira na ISO, como documento de validade internacional, conforme prevê a Norma ISO 19338 - *Performance and assessment requirements for design standards on structural concrete*, do ISO/TC71/SC4 - *Performance requirements for structural concrete*.

Para tanto, algumas normas brasileiras que hoje servem de apoio à ABNT NBR 6118 precisaram ser criadas (caso da ABNT NBR 15200, de estruturas de concreto em situação de incêndio, e da ABNT NBR 15421, de estruturas resistentes a sismos) e outras já mencionadas anteriormente foram revisadas e adequadas à nova realidade.

Com 88% dos votos dos países membros do ISO/TC71, a Norma Brasileira, traduzida para o idioma inglês, foi aceita e registrada pela ISO 19338 como documento de validade internacional para o projeto de estruturas de concreto, passando a fazer parte de um seleto grupo de 10 (dez) documentos apresentados por 7 (sete) países, entre os quais estão o Eurocode 2, da Comunidade Européia, e o ACI 318, dos Estados Unidos da América.

O registro dessa Norma Brasileira como documento reconhecido internacionalmente no âmbito da ISO, coloca o Brasil entre os países mais avançados do mundo nesse âmbito de atuação, estabelecendo a presença consciente, técnica e consistente do País no cenário internacional.

## 2. ABNT NBR 9062 - PROJETO DE EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO

A publicação da ABNT NBR 9062 representou um grande salto de qualidade para a indústria da pré-fabricação no Brasil, tendo em vista distinguir os elementos pré-moldados dos pré-fabricados, estabelecendo condições específicas de projeto, produção e controle de execução.

Vale esclarecer que o conceito de elemento pré-moldado inclui os elementos estruturais moldados no canteiro de obras e também aqueles produzidos em unidade industrial, mais especificamente denominados pré-fabricados. Em ambos os casos os elementos são içados e a estrutura é montada no local, mas as exigências e controles são mais acentuados no caso de produtos elaborados industrialmente.

A edição de 2006 da ABNT NBR 9062 segue os princípios básicos da nova versão da ABNT NBR 6118 e fixa condições particulares como:

- **Dimensões e tolerâncias dos elementos estruturais:** a Norma define os termos e estabelece os limites dimensionais (de ordem milimétrica), possibilitando rigoroso controle da qualidade desses elementos e viabilizando encaixes perfeitos;
- **Ligações:** a estabilidade global da estrutura depende da distribuição dos esforços e sua transferência entre os elementos que a compõem, motivo que norteou os trabalhos da ABNT NBR 9062 no sentido de incluir uma seção específica para tratar do tema, abrangendo as soluções usuais e estabelecendo requisitos específicos que sirvam de orientação ao meio técnico;
- **Materiais:** controles rigorosos, com base nas normas técnicas brasileiras, tanto no recebimento dos materiais componentes do concreto e sua preparação, como das armaduras ativas e passivas, garantem a geração de produtos duráveis e o aproveitamento adequado dos recursos materiais. O uso crescente do concreto auto adensável, (ABNT NBR 15832) tem demonstrado a viabilidade técnica e econômica dessa solução, que vai ao encontro às premissas de crescimento sustentável, com melhores condições de trabalho, minoração do ruído, melhor acabamento final dos elementos estruturais e maior rapidez no processo produtivo;
- **Cura:** condições adequadas de cura garantem a maturidade do concreto no momento em que os elementos estruturais venham a ser solicitados, promovendo melhor desempenho em uso

e maior durabilidade. A ABNT NBR 9062 traz orientações para os procedimentos de cura normal e a acelerada;

- **Controle de execução e inspeção:** uma seção da Norma é dedicada ao tema, que reforça as exigências já estabelecidas anteriormente e prescreve cuidados adicionais para produtos pré-fabricados e pré-moldados.

A pré-fabricação em concreto é consagrada nos países desenvolvidos e tem experimentado crescimento notável no Brasil com as ações desenvolvidas pela ABCIC - Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto que, entre outras iniciativas, atesta a qualidade dos produtos pré-fabricados pela concessão do Selo de Excelência ABCIC às empresas cujo processo produtivo e qualidade dos produtos cumpram com as exigências das normas técnicas, comprovadas por criterioso sistema de avaliação e controle periódico, além de outros requisitos legais e que visam ao crescimento e à busca da sustentabilidade.

### 3. ABNT NBR 12655 CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND - PREPARO, CONTROLE E RECEBIMENTO

A ABNT NBR 12655, que desde 1992 trata especificamente deste tema, era anteriormente um capítulo da ABNT NBR 6118.

A necessidade de maior detalhamento das etapas de preparação, controle e recebimento do concreto na obra geraram a separação das normas em documentos distintos.

Assim, na mesma linha de desenvolvimento da ABNT NBR 6118, dando o necessário suporte ao projeto estrutural e à execução das estruturas de concreto, a ABNT NBR 12655 estabelece requisitos visando a segurança e a durabilidade das estruturas.

A versão de 2006 da ABNT NBR 12655 contempla aspectos de durabilidade do concreto estrutural e, portanto, a melhoria da performance das construções quanto ao seu ciclo de vida, diminuindo o impacto ambiental e social, a exemplo de normas já aplicadas em outros países, em especial a EN 206-1 *Concrete. Specification, performance, production and conformity*, mas

adotando soluções apropriadas aos aspectos regionais de clima e materiais disponíveis no Brasil, bem como respeitando a cultura brasileira de construir em concreto.

A ABNT NBR 12655:2006 incorporou uma série de definições, antes não estabelecidas na Norma e alinhou a limitação de composição do concreto aos requisitos da nova ABNT NBR 6118, complementando-a. Novas exigências para os materiais componentes do concreto foram incorporadas, de forma a garantir a qualidade dos concretos convencionais e possibilitar avanços futuros na preparação de concretos especiais.

Atendendo a questões de gestão ambiental, a nova versão da ABNT NBR 12655 possibilita o uso de até 5% de agregados não selecionados (em termos de granulometria) e reciclados no processo de produção do concreto, como também o faz a norma europeia EN 206-1.

A versão atual da ABNT NBR 12655 limita o conteúdo de cloretos no concreto, para evitar o risco de corrosão do aço, estabelecendo valores conservadores especialmente no caso do concreto protendido. Ainda com o propósito de aumentar a durabilidade das estruturas de concreto, essa Norma prevê cuidados extras para estruturas sujeitas a agressividades ambientais extremas, como borrifação de água do mar ou contato com solos agressivos contendo sulfatos ou cloretos.

Na revisão da ABNT NBR 12655 optou-se por manter os critérios estatísticos de recebimentos do concreto no estado endurecido, que estão de acordo com a filosofia da ABNT NBR 6118, onde, numa análise semi-probabilística de segurança, a resistência característica do concreto é admitida como sendo o valor que tem apenas 5% de probabilidade de não ser atingido pelos elementos de um dado lote de material.

No estado fresco, para o concreto convencional, foram mantidos os critérios de aceitação, os ensaios e a frequência com que são realizados.

Considerando as perspectivas de significativo aumento na demanda de concretos autoadensáveis, devido às formas arrojadas das novas construções, uma Norma Brasileira específica foi desenvolvida para a aceita-

ção desse tipo de concreto no estado fresco (ver ABNT NBR 15823 - Partes 1 a 6).

#### 4. PREVENINDO A OCORRÊNCIA DA REAÇÃO ÁLCALI-AGREGADO COM A ABNT NBR 15577

A durabilidade das estruturas de concreto ganhou uma nova ferramenta para orientação do meio técnico, com a aprovação da nova Norma Brasileira sobre reação álcali-agregado, ABNT NBR 15577:2008, composta de seis Partes.

Apesar de o tema ser bem conhecido na construção das grandes barragens brasileiras, não é do domínio de muitos dos profissionais afeitos à construção de outras estruturas civis. Pela facilidade em prevenir o fenômeno e a grande dificuldade em eliminar a reação e seus efeitos após o processo ter sido instalado na estrutura, é importante orientar os profissionais já na fase de concepção do empreendimento.

A ABNT NBR 15577 propõe uma análise de risco da ocorrência da reação em uma estrutura de concreto em função do agregado a ser usado em uma aplicação específica. Não se trata de um simples ensaio, mas de análise abrangente, que considera os diversos fatores intervenientes nesse tipo de fenômeno, como a reatividade dos agregados, as condições de exposição da estrutura de concreto, o tipo da estrutura, a composição do concreto, entre outros fatores.

Para facilitar o entendimento da análise risco proposta na Norma Brasileira, é importante saber que, para a ocorrência da reação álcali-agregado, é necessária a presença simultânea de três fatores: agregado reativo, álcalis e água. Na ausência de algum deles, a reação não ocorre.

No entanto, evitar a ocorrência da reação pela eliminação de algum desses três fatores não é tarefa simples, pois: os álcalis estão presentes em muitos dos componentes do concreto (cimento, água, aditivos e, até mesmo, agregados); em estruturas de maior volume de concreto (maciças), a própria água interna do concreto pode ser responsável pela reação; e, finalmente, para saber

se um agregado é ou não reativo é preciso ensaiá-lo (a Norma Brasileira estabelece ensaios em barras de argamassa, cujo resultado pode ser obtido em 30 dias, e ensaios de longa duração, em prismas de concreto, que apenas após um ano fornecem resultados sobre a reatividade potencial do agregado). A apreciação petrográfica é uma ferramenta bastante útil para dar indicações da reatividade dos agregados, porém, para conclusões definitivas, é desejável que a análise seja realizada considerando diversas informações.

A Norma Brasileira prevê inclusive a consideração do histórico de uso de um determinado agregado, de forma a poder estabelecer critérios eficazes para a avaliação e prevenção da reação em obras novas.

Verificou-se que, apesar do uso de agregados reativos em obras já existentes, muitos processos reativos foram naturalmente mitigados pelo tipo de cimento empregado (cimentos compostos, especialmente aqueles com teores mais elevados de adições de material pozolânico ou escória granulada básica de alto-forno, como CP III e CP IV, são altamente recomendáveis para inibir a reação álcali-agregado). Outros materiais inibidores da reação foram estudados e são fruto de normalização específica, como a sílica ativa (ABNT NBR 13956) e o metacaulim (ABNT NBR 15894). A ABNT NBR 15575 estabelece, em função da análise de risco de cada estrutura, qual a melhor alternativa e se há necessidade de realização de ensaios comprobatórios de inibição da reação.

As novas obras devem ter um ciclo de vida mais longo, sendo, portanto, a garantia da durabilidade uma questão preponderante. Além da economia relacionada à racionalização dos gastos com manutenção e recuperação; obras mais duráveis significam menor consumo de matérias-primas e combustíveis fósseis não renováveis e, ainda, menor geração de resíduos e redução nas emissões de gases do efeito estufa, promovendo o desenvolvimento sustentável.

#### 5. METACAULIM E SÍLICA ATIVA

Os produtos metacaulim e sílica ativa, que atendem aos requisitos das respectivas Normas Brasileiras, são pozolanas



de alta reatividade. A interação física e química com o cimento Portland modifica a reologia dos compósitos concreto, argamassa e pasta, no estado fresco, e confere propriedades especiais relacionadas à durabilidade e ao desempenho mecânico no estado endurecido.

A elevada área superficial melhora aspectos reológicos através da otimização da distribuição granulométrica da pasta, contribuindo na retenção de água, aumento da coesão, redução da exsudação e segregação, facilitando o acabamento final.

Essas contribuições conferem aos compósitos concreto, argamassa e pasta propriedades especiais relacionadas à durabilidade e ao desempenho mecânico, quando comparadas às propriedades desses compósitos sem a sua presença, tais como:

- aumento da resistência à compressão e à flexão;
- redução da porosidade e permeabilidade;
- aumento da resistência a sulfatos;
- resistência à difusibilidade de íons cloreto;
- mitigação da reação álcali-agregado;

- redução da ocorrência de eflorescência;
- aumento da resistividade elétrica.

As propriedades no estado fresco e endurecido dos compósitos de cimento Portland, conferidas pela adição de metacaulim ou sílica ativa, quando comparadas às propriedades de compósitos sem a sua presença, dependem do teor adicionado em relação à massa de cimento Portland, do proporcionamento dos materiais (traço), incluindo os aditivos, do tipo de preparo, lançamento, adensamento, condições de cura e outros.

Sugere-se a realização de ensaios laboratoriais relacionados à tecnologia do concreto, argamassa e pasta para otimização do teor a ser adicionado, visando atender aos requisitos das normas de especificação e adequação às necessidades específicas de projeto.

Em suma, a Norma Técnica constitui protagonista principal como elemento balizador nas questões da qualidade, capacitação técnica e no estabelecimento de critérios para as negociações, que contribuirão para o sucesso das nossas construções na próxima copa do mundo. ■

## REVISTA IBRACON DE ESTRUTURAS E MATERIAIS IBRACON STRUCTURES AND MATERIALS JOURNAL



A Revista IBRACON de Estruturas e Materiais – RIEM 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.

Além de artigos científicos, a revista publica Comunicações Técnicas, Discussões e Réplicas. Para saber como colaborar, acesse a página da revista no site [www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br) (Menu Publicações/Revista de Estruturas e Materiais). A submissão de trabalhos é feita exclusivamente via internet.

Os artigos e demais trabalhos são revisados pelos membros do Conselho Editorial e da Banca Examinadora, compostas por profissionais nacionais e estrangeiros, selecionados dentre os associados do IBRACON, com reconhecida competência nos assuntos específicos.

**mercado editorial**

# Livros lançados

**Livro Mestre de Obras - Gestão Básica**

Julio Salgado

Ed. Erica

192 páginas

OBJETIVO E DIDÁTICO, ESTE LIVRO ABORDA ASSUNTOS ESSENCIAIS NAS ATIVIDADES DIÁRIAS DO MESTRE DE OBRAS. TRAZ INFORMAÇÕES TÉCNICAS E ADMINISTRATIVAS, CONDUTAS COMPORTAMENTAIS, ORGANIZAÇÃO DE PESSOAS E ITENS ENVOLVIDOS EM UM CANTEIRO DE OBRAS, SEUS INTERVENIENTES, ORÇAMENTOS, CRONOGRAMAS, EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO, SEGURANÇA NO TRABALHO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS. ESCLARECE A ADMINISTRAÇÃO DE UMA EMPRESA, DE PESSOAL E DE MATERIAL, ORGANOGRAMA EMPRESARIAL, LEGISLAÇÃO BÁSICA, CONTRATAÇÕES, LIDERANÇA E COMPORTAMENTO.

IDEAL PARA MESTRES DE OBRAS, TÉCNICOS E ENGENHEIROS QUE TRABALHAM NA CONSTRUÇÃO CIVIL.

Site: [www.mctbooks.com.br](http://www.mctbooks.com.br)

**Lições em Mecânica das Estruturas**

João Cyro André, Carlos Eduardo Nigro Mazzilli, Miguel Luiz Bucalem, Sérgio Cifú

Oficina de Textos

296 páginas

O LIVRO TRATA DA ANÁLISE DE ESTRUTURAS HIPERESTÁTICAS PELO MÉTODO DOS ESFORÇOS, DO CÁLCULO DE DESLOCAMENTOS EM ESTRUTURAS ISOSTÁTICAS E DE EQUAÇÕES DE EQUILÍBRIO DE BARRA DERIVADAS DA TEORIA TRIDIMENSIONAL DA ELASTICIDADE. ESTUDOS DE CASO DO MASP E DO VIADUTO SANTA EFIGÊNIA ILUSTRAM A TEORIA NA PRÁTICA E DESPERTAM O INTERESSE DO LEITOR.

Site: [www.ofitexto.com.br](http://www.ofitexto.com.br)

**Trajetórias - Entrevistas com Engenheiros Politécnicos de Sucesso**Organização

Associação dos Engenheiros Politécnicos da USP

Coordenação editorial e idealização

Rose Riemma e Vera Nakata

Entrevistas

Carolina Tarrío, Ricardo Ferraz, Marisa Adam Gil EDUSP

192 páginas

REÚNE ENTREVISTAS COM 18 ENGENHEIROS FORMADOS NA ESCOLA POLITÉCNICA DA USP (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO). TODOS ELES SE DESTACARAM NO MERCADO DE TRABALHO E REVELAM SUAS ESCOLHAS E EXPERIÊNCIAS ESTUDANTIS, PROFISSIONAIS E ATÉ MESMO PESSOAIS.

ENTRE OS ENTREVISTADOS ESTÃO HENRIQUE MEIRELLES (PRESIDENTE DO BANCO CENTRAL), SÉRGIO MINDLIN (DIRETOR-PR-

SIDENTE DA FUNDAÇÃO TELEFÔNICA E PRESIDENTE DO CONSELHO DO INSTITUTO ETHOS), JÚLIO CAPOBIANCO (CONSTRUCAP), MARCO BOLOGNA (PRESIDENTE-DIRETOR DA TAM), MARCOS LUTZ (COSAN), ROMERO RODRIGUES FILHO (BUSCAPÉ), MARCELO TAS (JORNALISTA E APRESENTADOR DO CQC) E OUTROS.

Site: [www.usp.br/edusp](http://www.usp.br/edusp)

**Oscar Niemeyer - an architecture of seduction**

André Corrêa do Lago

BEI Editora

EDIÇÃO EM INGLÊS SOBRE A TRAJETÓRIA DO MAIS FAMOSO ARQUITETO BRASILEIRO. APOIADO EM ESCRITOS DE NIEMEYER, NA OPINIÃO DE CRÍTICOS E EM ESCLARECIMENTOS PRESTADOS PELO PRÓPRIO ARQUITETO, ANDRÉ CORRÊA DO LAGO CONDUZ O LEITOR À COMPREENSÃO DE UMA DAS MAIS IMPORTANTES OBRAS ARQUITETÔNICAS DO SÉCULO XX, ILUMINANDO TAMBÉM QUESTÕES RELATIVAS AO MODERNISMO E À ARQUITETURA EM GERAL.

O TEXTO SE COMPLEMENTA COM IMAGENS DE FOTÓGRAFOS DE TRÊS GERAÇÕES - MARCEL GAUTHEROT, CRISTIANO MASCARO E NELSON KON -, QUE REVELAM, CADA UM A SEU MODO, A SINGULAR PLASTICIDADE DAS CONSTRUÇÕES DE NIEMEYER.

Site: [www.bei.com.br](http://www.bei.com.br)

**Fachadas Ventiladas**

Cris Corrêa

C4 Editora

TRAÇA UM HISTÓRICO DESSA NOVA TECNOLOGIA E TRAZ DIVERSOS CASES. ENTRE ELES PODEMOS CITAR O DO EDIFÍCIO JURUBATUBA (MANTRA ENGENHARIA) - 1ª OBRA DE FACHADA VENTILADA COM CERÂMICA EXTRUDADA DO BRASIL

Site: [www.editorac4.com.br](http://www.editorac4.com.br)

**São Paulo Belle Époque**

Diana Dorothea Danon

Benedito Lima de Toledo

Editora Nacional

SÃO PAULO: "BELLE ÉPOQUE" É UMA VIAGEM PELO TEMPO. MAIS QUE UM LIVRO ARTÍSTICO, A OBRA É UM DOCUMENTO HISTÓRICO, POIS REGISTRA A BELLE ÉPOQUE PROMOVIDA PELA RIQUEZA ORIUNDA DO CAFÉ. O CONJUNTO DE 70 IMAGENS SÃO RETRATOS DO ESPLendor DESSA ÉPOCA E CONTEMPLA UMA SÃO PAULO QUE NÃO MAIS EXISTE: DIVERSAS CONSTRUÇÕES DO SÉCULO XIX, ESPALHADAS PELOS BAIRROS DA CIDADE - HIGIENÓPOLIS, CAMPOS ELÍSEOS, SANTA CECÍLIA, CERQUEIRA CÉSAR E BELA VISTA. OS TEXTOS DE BENEDITO LIMA DE TOLEDO DÃO O SUPORTE PARA CONHECER MAIS ESSA FASE IMPORTANTE DO DESENVOLVIMENTO DA METRÓPOLE.

Site: [www.martinsfontespaulista.com.br](http://www.martinsfontespaulista.com.br)

# Vai usar aço na sua obra?



A ArcelorMittal entrega a solução sob medida para você.



A ArcelorMittal ajuda você a realizar o sonho da casa própria com rapidez, economia e segurança. Mais que uma completa linha de produtos para Construção Civil, a ArcelorMittal oferece soluções em aço para obras de todos os portes, como o Belgo Pronto, um serviço que entrega o aço cortado e dobrado na medida certa, de acordo com o projeto. É o máximo de agilidade com o mínimo de desperdício. Tudo com a qualidade e a sustentabilidade do aço ArcelorMittal, que o mundo todo reconhece.

**ArcelorMittal é aço.**

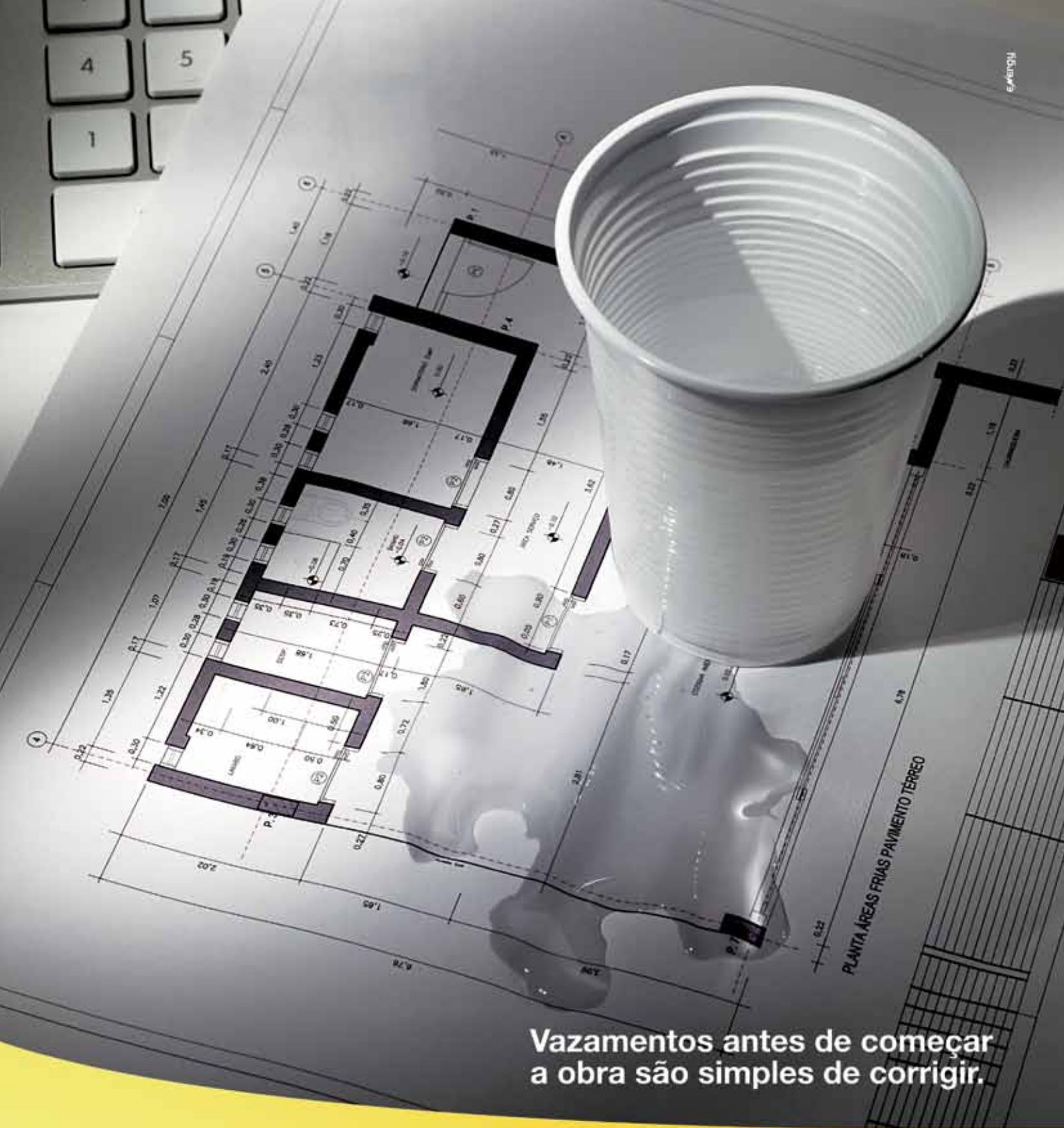
Central de Relacionamento Aços Longos: 0800 015 1221

[www.arcelormittal.com/br/belgo](http://www.arcelormittal.com/br/belgo)



**ArcelorMittal**

transformando  
o amanhã



Vazamentos antes de começar a obra são simples de corrigir.



A Vedacit/Otto Baumgart oferece uma linha completa de produtos capaz de impermeabilizar toda a sua obra com o máximo de eficiência e durabilidade. Linha de produtos Vedacit/Otto Baumgart. Indispensável na sua obra.

**VEDACIT**  
IMPERMEABILIZANTES

