

# CONCRETO

& Construções



**IBRACON**

Instituto Brasileiro do Concreto

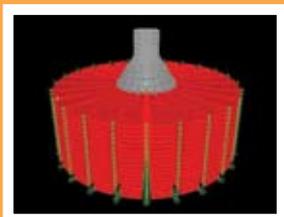
Ano XXXIV | Nº 46  
Abr. • Mai. • Jun. | 2007  
ISSN 1809-7197  
[www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br)

## TECNOLOGIA



RAA: medidas preventivas

## FUNDAÇÕES



Confinamento em tubulões

## ARTIGO CIENTÍFICO



Por que algumas marquises caem?

**EDIFICAÇÕES  
EM CONCRETO:  
EXPERTISE  
BRASILEIRA EM  
PROJETO,  
EXECUÇÃO,  
CONTROLE E  
MANUTENÇÃO.**



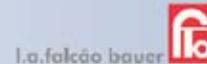
# JUNTE-SE A ELAS

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

## PRÉ-FABRICADOS



## CONTROLE TECNOLÓGICO



EPT - ENGENHARIA E PESQUISAS TECNOLÓGICAS S.A.

## CONSTRUTORAS



## FÔRMAS



## CIMENTO



## AGREGADOS



## CONCRETO ENGEMIX



## GOVERNO



**Diretor Presidente**  
Paulo Helene

**Diretor 1º Vice-Presidente**  
Cláudio Sbrighi Neto

**Diretor 2º Vice-Presidente**  
Eduardo Antonio Serrano

**Diretor 3º Vice-Presidente**  
Mário William Esper

**Diretor 1º Secretário**  
Antônio Domingues de Figueiredo

**Diretor 2º Secretário**  
Sônia Regina Freitas

**Diretor 1º Tesoureiro**  
Luiz Prado Vieira Jr.

**Diretor 2º Tesoureiro**  
Flávio Teixeira de Azevedo Filho

**Diretor Técnico**  
Rubens Machado Bittencourt

**Diretor de Eventos**  
Luiz Rodolfo Moraes Rego

**Diretor de Pesquisa e Desenvolvimento**  
Túlio Nogueira Bittencourt

**Diretor de Publicações**  
Ana E. P. G. A. Jacintho

**Diretor de Marketing**  
Wagner Roberto Lopes

**Diretor de Relações Institucionais**  
Paulo Fernando Silva

**Diretor de Cursos**  
Juan Fernando Matias Martin

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

**Assessores da Presidência**  
Alexandre Baumgart  
Augusto Carlos de Vasconcelos  
Jorge Bautlouini Neto  
Martin Eugênio Sola  
Ruy Ohtake

#### REVISTA CONCRETO & CONSTRUÇÕES

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

ISSN 1809-7197

Tiragem desta edição 5.000 exemplares  
Publicação Trimestral  
Distribuída gratuitamente aos associados

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

#### EDITOR

Fábio Luís Pedroso – MTB 41728  
fabio@ibracon.org.br

#### DIAGRAMAÇÃO

Gill Pereira (Ellementto-Arte)  
gill@ellementto-arte.com

#### ASSINATURA E ATENDIMENTO

Valesca Lopes  
valesca@ibracon.org.br

Gráfica: Ipsis Gráfica e Editora

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

Copyright 2007 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.

#### COMITÊ EDITORIAL

Ana E. P. G. A. Jacintho, UNICAMP, Brasil  
Antonio Figueiredo, PCC-EPUSP, Brasil  
Fernando Branco, IST, Portugal  
Hugo Corres Peiretti, FHECOR, Espanha  
Paulo Helene, IBRACON, Brasil  
Paulo Monteiro, UC BERKELEY, USA  
Pedro Castro, CINVESTAV, México  
Raul Husni, UBA, Argentina  
Rubens Bittencourt, PEF-EPUSP, Brasil  
Ruy Ohtake, ARQUITETURA, Brasil  
Túlio Bittencourt, PEF-EPUSP, Brasil  
Vitervo O'Reilly, MICONS, Cuba

#### IBRACON

Rua Julieta Espírito Santo Pinheiro, 68  
Jardim Olímpia  
CEP 05542-120  
São Paulo – SP



# SUMÁRIO

## Edificações de concreto

Projeto, execução, controle tecnológico e manutenção

9



## Tubos de concreto para esgoto

Avaliação da metodologia de ensaio

44

## E MAIS...

- 5 Editorial
- 6 Converse com IBRACON
- 9 Personalidade Entrevistada. Adolpho Lindenberb
- 13 Acontece nas Regionais
- 18 Novos conceitos para vistorias em edifícios
- 22 Medidas preventivas a RAA no concreto
- 29 Gestão e controle de qualidade
- 31 Redução de perdas de concreto na execução
- 34 Educação do engenheiro do século XXI
- 38 Prevenção de fissuras em estruturas de concreto
- 42 Concreto Auto-adensável
- 52 Relação concreteira-construtora
- 54 Monitoração de pontes estaiadas
- 60 Projetos estruturais informatizados
- 65 Concreto em alta temperatura
- 69 Cenário econômico da construção civil
- 70 Confinamento de tubulões de concreto
- 73 Produção enxuta aplicada à construção
- 84 Supervisão de obras por consultorias
- 89 Construção Sustentável
- 90 Eficiência e versatilidade do concreto protendido
- 95 Causas da queda de marquises
- 105 Recordes da Engenharia



Créditos Capa:  
Edifício e-Tower  
Embrafoto – Fotos  
Aéreas para Engemix

## IV Revolução na Arte de Projetar e Construir Estruturas?

A sociedade de maior qualidade de vida e a mais poderosa civilização atual, o Canadá e os Estados Unidos, consideram o investimento no estudo das estruturas de concreto como um dos mais importantes investimentos na ciência e tecnologia para obter e manter a qualidade de vida de seus povos e a competitividade e liderança de seu parque industrial.

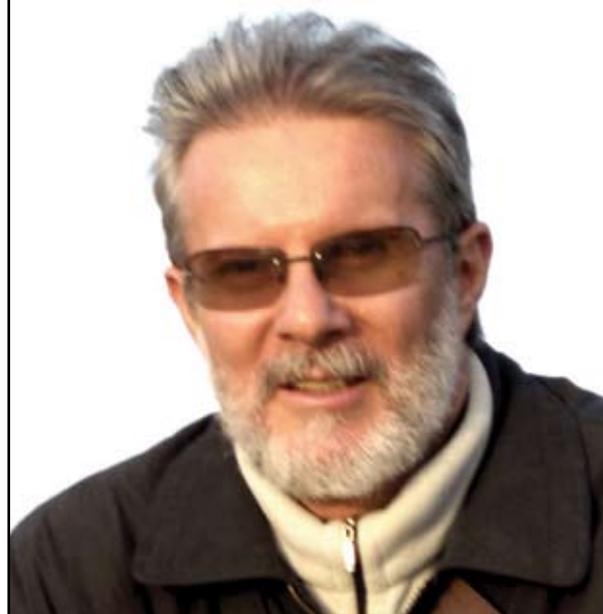
A *National Science Foundation* apóia o *ACBM* e a *FHWA* nos USA, o *NRC* apóia o *Béton Canadá* e o *ISIS* no Canadá e, junto com a Comunidade Científica Européia, reconhecem que a pesquisa em concreto deve estar inserida no conhecimento estratégico da "inteligência" do país ao lado de recursos naturais, saúde, biotecnologia, eletrônica, espacial e outras. Essas sociedades entenderam há anos atrás que esse material e suas estruturas ainda têm muito por desenvolver-se e que vale a pena apostar nesse conhecimento.

O resultado não podia ser melhor. O concreto apresentou uma enorme evolução nas duas últimas décadas, que eu chamaria uma verdadeira quarta revolução na arte de projetar e construir estruturas. Só por citar, o *Scientific America* publicou mais de 250 documentos nos últimos dez anos sobre pesquisa e desenvolvimento em concreto. A *Science News on line* tem publicado frequentemente muitas inovações em tecnologia de concreto tais como: *HPC*, *HSC*, *UHPC*, *translucid concrete*, *GFRC*, *SFRC*, *TRM*, *self-cleaning concrete*, *reactive concrete powder*, *fibers concrete*, *SCC concreto auto-adensável*, e muitas outras. Também a *Popular Science Magazine* reconheceu o "conductive concrete" como a mais importante inovação do mundo no ano de 1996 (apenas uma década atrás). Durante o ano passado, o *National Building Museum*, em Washington, apresentou a exposição *New Architecture in Concrete* chamada "liquid stone" com 30 inovações no campo da tecnologia e estruturas de concreto.

Quando a sociedade Egípcia reconheceu o político e alquimista Imhotep, nomeando-o por primeira vez na história da humanidade, com o nobre título de *Arquiteto* (mais tarde *Engenheiro Civil*), foi porque ele projetou e construiu a primeira Pirâmide, toda em blocos de rocha. E essa pirâmide pode ser considerada a primeira grande revolução na arte de projetar e construir estruturas. Esse Mausoléu, que inaugurou uma nova era na construção civil daquela época, substituiu os anteriores construídos em madeira, argila e cerâmica, e mostrou-se muito mais durável e resistente. Cerca de 200 anos depois, não sem antes serem vítimas de alguns colapsos de pirâmides que os ajudaram a evoluir, projetaram e construíram a pirâmide de *Khufu* (*Queóps*), uma das 7 maravilhas da antiguidade, com impressionantes 147m de altura.

Outras grandes civilizações tais como a Grega, a Persa, a Romana, a Maia, a Asteca, a Inca e os grandes arquitetos da Idade Média e do renascimento fizeram uso da rocha e escreveram a história da humanidade através de suas obras resistentes, bonitas e duráveis. As *Catedrais de Colônia* e de *Notre Dame* exploraram, com seus arcos góticos e belos espaços internos, os limites de sofisticação e combinação da rocha empregada como material estrutural.

A segunda e incrível grande revolução ocorreu somente em fins de 1.700 e século XIX, com a chegada do aço para a construção de



estruturas. Foi então que Gustave Eiffel projetou e construiu *La Tour Eiffel*, inaugurada em 1.889, com 312m de altura, superando, somente depois de mais de 45 séculos, a *Pirâmide de Khufu*.

Quando o concreto armado foi patenteado pelo francês Hennebique em 1.892, e as primeiras normas de projeto e construção foram publicadas em 1903 na Suíça e na Alemanha, as estruturas metálicas já eram muito bem conhecidas, há mais de cem anos.

No final da década de 20, o *Palácio Salvo* em Montevidéu, o *Edifício A Noite/RJ* e o *Martinelli/SP*, superaram os 100m de altura e foram considerados os primeiros arranha-céus em concreto armado do mundo. Era uma tímida terceira revolução na arte de construir, pois, na mesma época, em 1931, era inaugurado o *Empire State Building* em Nova York com 383m de altura, surpreendendo a engenharia mundial. No século XIX e grande parte do XX, a estrutura metálica dominou o cenário mundial das grandes obras, principalmente dos edifícios altos. Não eram mais necessários arcos para vencer vãos, nem paredes estruturais para suportar cargas, bastavam pilares, vigas e lajes planas. O projeto das estruturas havia mudado radicalmente.

Em 1.928 outro francês, Freyssinet, insere seu nome na história, patenteando o concreto protendido e dando enorme impulso no uso das estruturas de concreto. Em 1.997 é inaugurado o *Petronas Towers*, em Kuala Lumpur, duas torres gêmeas em concreto de alto desempenho, superando, por primeira vez, em altura a estrutura metálica da *Sears Tower* em Chicago, na época a mais alta estrutura conhecida.

Segundo Gilberto do Valle, hoje existem 36 edifícios altos no mundo, em construção ou construídos nos últimos dez anos, com altura superior a 300m, novo limite mínimo para arranha-céus. Desses, 19 são de estrutura mista aço/concreto, 13 são em concreto, inclusive a *Burj Dubai* que será o mais alto edifício do mundo, com a altura do Cristo do Corcovado, e apenas quatro são em estrutura metálica. Depois de apenas um século, o concreto superou todos os limites e fronteiras conhecidos da Engenharia de estruturas e ainda continua em franca evolução.

Na última década muitas empresas e projetistas no mundo, às vezes até sem ter plena consciência, têm tirado proveito das novas tecnologias desenvolvidas pelos grandes *Centros de P&D* em concreto no mundo. Só no Brasil há cerca de 130 *Centros de P&D em concreto* registrados no sistema do CNPq. As experimentações, pesquisas e estudos nesses *Centros de P&D* trazem tranquilidade e segurança a projetistas, construtores e usuários que a cada dia mais optam por essa revolucionária alternativa de construção de estruturas, encontrando farto material de suporte para ousar em seus projetos e construções. Conhecimento e confiança são a sustentação do crescente mercado de concreto, que também é imbatível do ponto de vista da proteção ambiental e sustentabilidade.

Vamos em frente...

PAULO HELENE  
Diretor Presidente  
paulo.helene@poli.usp.br

# Converse com o IBRACON

### SISTEMA CREA / CONFEA

**Caro Prof. Paulo Helene,**

*Após ouvir muitas reclamações pertinentes ao Sistema CONFEA/CREAs, iniciamos uma pesquisa, via Internet, coletando nomes e endereços dos votantes que atenderam ao nosso chamamento. A pesquisa, simples e objetiva, fomentava, apenas, duas opções de respostas quanto à satisfação do votante em relação à atuação do Sistema, sim, ou não.*

*As reclamações são muito diversificadas, nenhuma declara a intenção de extinguir o Sistema, e abaixo apresentamos uma síntese dos principais tópicos que descontentam as classes técnicas envolvidas, esperando que sejam complementadas por outros colegas.*

#### **1 - Cobrança de ART**

*Essa taxa inexistente nas demais profissões e há unanimidade contra ela por ser considerada um pagamento que o técnico recolhe ao Sistema para ser fiscalizado. Entendemos que ela deve ser revista, mantendo-a para os construtores, e transformando-a em taxa simbólica para garantir a formação do acervo técnico do profissional, documento que atesta a sua experiência.*

#### **2 - Seleção profissional**

*O Sistema não faz distinção entre um profissional sênior, com vivência de projetos ou obras, e um júnior. Para ele, todos estão qualificados com paridade desde que registrados, desconsiderando o tipo de habilitação que lhe foi conferido e o acervo técnico acima citado.*

#### **3 - Extinção da Placa de Obra**

*Em algumas regiões, os CREAs aboliram a placa de obra contemplando os nomes dos Responsáveis Técnicos, substituindo-a por um papel colante onde se lê "Obra Registrada no CREA". Se já não havia a coerente fiscalização pertinente ao RT, que assumia um volume de obras impossível de administrar, ou de fiscalizar, essa mudança gerou o encobrimento do nome do RT, fomentando o aumento de ilegalidades de vários tipos, inclusive a falsificação do adesivo.*

#### **4 - Profissionais de Órgãos Públicos**

*É inconcebível que as prefeituras municipais deleguem a um só profissional a RT incoerente com o bom senso. Muitas vezes, um só profissional é RT por duas ou dez obras, cuja fiscalização fica a desejar, em busca de uma economia nociva que reduz o número de profissionais, compromete a qualidade da obra, ou serviço, enquanto tantos não têm espaço no mercado de trabalho.*

#### **5 - Volume de obras ou projetos de um só responsável técnico**

*É de domínio público a atuação dos "canetinhas" que põem seus nomes em dezenas de obras, ou projetos, cujo volume salta aos olhos de todos, mas não é fiscalizado pelo Sistema. São muito raras as punições e só ocorrem sob denúncias de terceiros.*

#### **6 - Acervo de projetos**

*O Sistema não mantém um acervo de todos os projetos de obras, e documentos registrados, laudos, por exemplo, o que é inconcebível na era digital.*

#### **7 - Ausência de investimentos no ensino e atualização**

*Não há investimentos do Sistema na melhoria de qualidade do ensino, nem em cursos e seminários regionais, gratuitos, nas diversas áreas envolvidas. Deveria haver o fomento de cada CREA para essa atividade, especialmente nas regiões menos evoluídas. Há muitas empresas que se propõem a patrocinar esses eventos na busca de divulgar produtos e novas tecnologias.*

#### **8 - Fiscalização de obras públicas**

*O Sistema não tem como função fiscalizar concorrências nem obras públicas em andamento, mesmo quando provocado por profissionais idôneos. Sob o clamor popular cria comissões, sem remuneração, para vistoriá-las.*

#### **9 - Diretores sem remuneração**

*Parte dos profissionais desconhece que os cargos de Presidente dos CREAs e do CONFEA não são remunerados; no entanto o que se vê é a proliferação de assessores, amigos de presidentes, com remuneração. As viagens ao exterior e Brasil afora*

também têm sido motivos de críticas, por não serem de conhecimento público os seus benefícios técnicos para as classes.

#### **10 – Normas Técnicas**

Os CREAS não dispõem do acervo de normas técnicas da ABNT para cedê-las a profissionais interessados, apesar de a Justiça Federal tê-las tornado gratuitas para órgãos públicos. Como elas são onerosas para os profissionais, muitos as desconhecem por não terem condições de adquiri-las da ABNT.

#### **11 – Atendimento**

Há reclamações sobre mau atendimento em alguns CREAs, demora na apreciação de processos e na emissão de documentos.

#### **12 – Presença do CONFEA**

A maioria almeja a participação do CONFEA nas proposições de soluções para os problemas brasileiros. O CONFEA e os CREAs precisam ter posturas políticas claras de valorização da ciência e da técnica e defenderem a engenharia brasileira. Por exemplo. A malha rodoviária está em franca deterioração e os reparos e restaurações não atendem às recomendações técnicas do saudoso DNER. Se o País optou pelo transporte rodoviário, que se cuide a contento da conservação de rodovias, mesmo estranhando o desprezo do transporte ferroviário e marítimo-fluvial que custam de 10% a 1% da matriz rodoviária, além de minimizarem a poluição do meio ambiente.

#### **13 – Carência de investimentos**

O Sistema não investe na elaboração e difusão de conhecimentos técnicos para o setor da construção civil, nem tem dado apoio à edição de textos, revistas, livros técnicos etc.

#### **14 – Carência de apoio**

O Sistema não fomenta nem apóia intercâmbios e transferência de tecnologia entre os Centros de Pesquisas de Universidades brasileiras e o meio técnico em geral.

#### **15 – Carência de participação**

O Sistema não tem apoiado e sequer participado de congressos e eventos promovidos por entidades científicas nacionais, sem fins lucrativos e de interesse público, de elevada credibilidade nacional e internacional, em todas as áreas técnicas.

Isto posto, considerando a insatisfação de muitos em relação ao arcabouço de atividades do Sistema CONFEA/CREAs, estamos conclamando V.S.<sup>a</sup> para, como Presidente dessa Instituição, formar um grupo de trabalho envolvendo outros presidentes de Instituições do mesmo nível cultural e profissional, na busca de uma nova formatação do Sistema que atenda aos anseios dos técnicos brasileiros. Concluído o trabalho ora proposto, que será firmado por todas as instituições participantes, sugerimos que seja enviado ao Presidente do CONFEA requerendo as mudanças que a evolução do mundo globalizado requer.

**Eng. Civil Marcos Fernando Carneiro Carnaúba**  
CREA 3034 D-PE/IFN. Maceió. Alagoas. Sócio individual.

#### **Prezado Marcos Carnaúba**

Tenho acompanhado sua dedicação à profissão e sua reconhecida liderança no nosso setor, sempre com opiniões firmes, democráticas, engajadas e veiculadas com muita transparência. Neste caso específico você, gentilmente, me solicita uma missão muito acima daquela que sou capaz de realizar, tanto como profissional do setor quanto como atual Presidente do IBRACON. Há muita coisa a ser melhorada no Sistema CREA/CONFEA e tenho certeza que os atuais dirigentes do Sistema o sabem e tratarão de dar a sua contribuição para uma evolução positiva, ouvindo líderes como você e sentindo o justo clamor da categoria.

Por outro lado, do ponto de vista do exercício profissional e da valorização profissional, essa sim pode e deve ser uma bandeira da comunidade como um todo e o IBRACON, dentro de sua perspectiva de engajamento político em defesa da qualidade da engenharia nacional, pode ajudar a construir um novo procedimento. Não tem sentido nenhum uma habilitação profissional automática outorgada indiscriminadamente a todos os formandos das 187 escolas de engenharia civil autorizadas e reconhecidas pelo MEC. Não tem sentido nenhum uma habilitação única que confere os mesmos direitos a todos os profissionais sem discernir entre mais experientes e iniciantes, entre projetistas estruturais e orçamentistas, entre geotécnicos e tecnologistas de concreto e nessa linha poderíamos citar muitas outras situações. Não tem sentido nenhum uma habilitação profissional, automática, indiscriminada e vitalícia! Será razoável que um gerente de banco, que ao sair da escola, recebeu o CREA, permaneça nesse cargo por 15 anos sem nunca ter exercido a profissão e continue com uma habilitação profissional equivalente aos que estão no exercício profissional? Tenho realizado muitas gestões na direção de relativizar a habilitação profissional, tornando-a um instrumento de estímulo ao desenvolvimento e qualificação profissional, ao mesmo tempo que seja de defesa da engenharia de qualidade. Conte comigo e com o IBRACON nessa "missão".

**Paulo Helene**  
Diretor-Presidente

#### **CONSULTAS TÉCNICAS**

##### **Prezado Senhores,**

Trabalho para o Projeto Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas - <http://sbrt.ibict.br/>, auxiliando a pequenos e médios empresários, esclarecendo dúvidas e orientando-os tecnicamente sobre os mais variados assuntos, trata-se de um projeto gratuito de iniciativa do Ministério da Ciência e Tecnologia. Um de nossos clientes gostaria de obter informações sobre o uso do concreto auto-adensável em pisos industriais (características, especificações técnicas, restrições, soluções estruturais existentes). O IBRACON poderia ajudar a solucionar esta questão? Desde já agradeço! Caso seja possível a indicação da resposta, peço autorização para

divulgar na internet o nome do autor da resposta e a Instituição, bem como a sua contribuição.

**Isabela Leal – Atendimento Técnico  
Rede de Tecnologia da Bahia – IELIBA**

#### **Prezada Isabela,**

Certamente o IBRACON pode ajudar na solução da questão. Na loja virtual no site do Instituto [www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br) estão disponibilizadas publicações técnicas sobre o bom uso do concreto, inclusive concreto auto-adensável para pisos. Outra alternativa seria consultar o Diretor Técnico do IBRACON encaminhando uma pergunta mais específica incluindo, principalmente, qual será o uso do piso (pedestres, carregadeiras, molhado, seco, agentes químicos, etc.). Inclusive você pode consultar os últimos dez números da revista CONCRETO & Construções, ISSN 1809-7197. Em vários deles há artigos interessantíssimos sobre concreto auto-adensável.

**Fábio Luís Pedroso**

**Assessor de Imprensa do IBRACON**

#### **REVISTA CONCRETO 47**

*Caro Fábio,*

*Espero que nossos esforços para envio dos artigos estejam correspondendo às expectativas quanto à quantidade, mas principalmente quanto à qualidade e ao “cumprimento de prazos, com atrasos aceitáveis”. O meu artigo será o mais impontual, mas chegará a tempo! Enquanto isto nos preocupa também garantir o necessário aporte de publicidade à publicação. Ainda que não seja sua atribuição direta, estou encaminhando em meio ao corpo da mensagem adjunta, o contato de uma empresa que certamente deve se interessar em veicular publicidade na revista. Não sei se o Paulo Helene já teve tempo para tomar conhecimento dos trabalhos produzidos pelo grupo de colaboradores que sugerimos ao IBRACON, para a confecção da 47ª edição da revista, dedicada a SANEAMENTO, mas gostaríamos, todos, de receber retorno quanto ao material já enviado.*

**Carlos Antônio Camargos d'Ávila – Gerente da Divisão de Desenvolvimento Profissional e Educação Corporativa COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais  
Sócio coletivo do IBRACON**

#### **Prezado Eng. Carlos,**

Os artigos estão correspondendo à nossa expectativa com relação à qualidade e à quantidade. Certamente, será uma edição histórica de obras de concreto para saneamento básico no País. Assim que puder levarei ao conhecimento do Presidente que de momento está atarefado com a edição da revista CONCRETO 46 que precisa ir para a gráfica. Grato por sua colaboração valiosíssima.

**Fábio Luís Pedroso**

**Assessor de Imprensa do IBRACON**

#### **CONCURSO CONCREBOL NA BOLÍVIA**

**Estimado Eng. Rubens Bittencourt**

*Trabajo para la Universidad Privada del Valle de*

*Bolivia. Hemos tomado conocimiento sobre el 3er. concurso CONCREBOL 2006, que pretendía construir una esfera de concreto simple, con dimensiones pre establecidas que presente una mayor resistencia de concreto y otras características. Deseamos pedirles permiso primero vía email y luego vía física para poder replicar este concurso en nuestra Universidad. Nuestra carrera de Ingeniería Civil está recibiendo su acreditación del Mercosur para el próximo año y estamos interesados en este tipo de proyectos. Asimismo, aprovechamos la oportunidad para plantearles la posibilidad de suscribir un convenio de cooperación entre el Instituto Brasileiro del Concreto y nuestra Universidad, que permita la posibilidad de intercambiar experiencias, además de otras acciones.*

**Lic. Marco Velez Ocampo V. – Director Relaciones Internacionales  
UNIVALLE – Cochabamba – Bolivia**

#### **Prezado Prof. Marco,**

É com satisfação que recebemos seu email sobre o Concurso Concrebol. Entendemos que este concurso traz um grande interesse dos alunos e é uma grande atração em nosso Congresso Brasileiro do Concreto 49º CBC2007, todos os anos. O principal objetivo dos concursos de nosso Instituto é despertar o interesse dos alunos de graduação pela pesquisa. Ao levar o concurso para outros países, principalmente da América do Sul, poderemos despertar o interesse destes para participação de equipes da Univalle em nossos próximos concursos, nos Congressos Brasileiros do Concreto. Están invitados a participar del 49º CBC2007 a realizarse em Bento Gonçalves, RS, Brasil de 1 a 4 de setembro de 2007. Desta forma, autorizamos replicar o concurso na UNIVALLE. Para qualquer dúvida sobre o regulamento solicitamos contactar a coordenadora do concurso Prof. Eng. Janaína Araújo – [jjja@cultura.com.br](mailto:jjja@cultura.com.br)

**Rubens Machado Bittencourt**

**Instituto Brasileiro do Concreto**

**Diretor-Técnico**

#### **ERRATA**

**Prezado Fábio,**

*Solicitamos que, na próxima edição da revista “CONCRETO & Construções” do IBRACON, divulguem uma errata sobre uma figura contida na página número 86 da revista nº 45, referente ao artigo científico intitulado: Avaliação da aderência entre concretos por meio de ensaios de resistência à compressão. A Fig. apresentada nesta página é “Figura 4 – Fôrma com concreto apicoado”. O QUE NÃO É VERDADE. A figura em si está correta, porém sua numeração e descrição estão ERRADAS. Deve conter nesta figura a seguinte numeração e descrição: “FIGURA 14 – CORPOS-DE-PROVA ROMPIDOS”.*

**Moacir Alexandre Souza de Andrade – Laboratório de Concreto FURNAS**

**Sócio do IBRACON. Categoria Ouro. ◆**

Cursou Engenharia e Arquitetura na Universidade Mackenzie.

Depois de trabalhar como engenheiro na *Light & Power Co.*, empresa fornecedora de energia elétrica em São Paulo, fundou, em 1953, o escritório de engenharia Adolpho Lindenberg, dedicando-se à construção de residências em estilo colonial.

No final dos anos 50, fundou a Construtora Lindenberg, que atuou na incorporação de imóveis em Brasília e São Paulo. Em 1964, a empresa abriu seu capital, diversificando sua atuação para outros estados brasileiros e para o exterior – Paraguai e Chile.

Atualmente, a empresa tem em seu um portfólio mais de 400 edifícios construídos, somando 4 milhões de m<sup>2</sup>.

**IBRACON:** Recentemente as construtoras têm procurado o mercado de capitais para se capitalizarem. Esta abertura é positiva para as empresas e para o setor da construção?

**Adolpho Lindenberg:** O grande afluxo de capitais para a construção civil, resultado de uma situação econômica mais estável, com inflação controlada e queda dos juros, terá grande impacto na construção habitacional voltada para as classes média e baixa. Primeiramente, porque essas classes dependem de um financiamento mais compatível com suas rendas, possibilitado pelo financiamento em contrato, mais baixo do que o bancário. Por outro lado, a demanda por financiamento sempre foi maior do que a oferta por parte da Caixa Econômica Federal. Em segundo lugar, essa capitalização tem permitido que as construtoras lancem os grandes conjuntos residenciais, de 100, 200 e 500 apartamentos, com áreas de lazer e desportiva, que implicam numa elevação do padrão de vida dessas pessoas. Atualmente, estão em fase de construção milhares de apartamentos populares, fato que não se via há pouco tempo atrás. Nossa construtora, especializada em prédios de alto padrão, neste momento, não está lançando nenhum apartamento de alto padrão; todos os lançamentos previstos são voltados para as classes média e baixa.

## Adolpho Lindenberg\*



**IBRACON:** A Engenharia Nacional tem convivido nos últimos anos com tragédias, como o desabamento do poço de acesso da linha 4 do Metrô de São Paulo e o colapso do Edifício Areia Branca. O que mudou no cenário nacional que explica estes recentes acidentes?

**Adolpho Lindenberg:** O que mudou no cenário foi o crescimento acelerado da urbanização no país. Precisamos ter a idéia que estamos morando numa cidade de 15 milhões de habitantes. São Paulo passou, em poucos anos, de 3 milhões para 15 milhões de habitantes. A maior demanda por obras acarreta naturalmente o aumento de acidentes em obras, porque existe um risco inerente à engenharia civil. Se você for comparar a metragem de obras executadas hoje com a de dez anos e o número de acidentes de ontem e de hoje, eu acredito que a incidência de acidentes é a mesma, não aumentou.

\* O construtor Adolpho Lindenberg foi assessorado durante a entrevista pelo engenheiro Charles Nader, coordenador geral de obras.

As causas dos acidentes não mudaram; continuam sendo, o mais das vezes, falhas de execução, pela tentativa de economia nos materiais e pela fiscalização inadequada; não são falhas da engenharia propriamente dita, do conhecimento técnico, mas falhas humanas. Mas, temos acompanhado uma melhoria das condições tecnológicas e dos cuidados técnicos de uma maneira geral na construção de obras. O controle tecnológico do concreto é, hoje, muito melhor do que no passado: controle eletrônico de dosagem de concreto; maior monitoramento das patologias do concreto.

Nos cálculos estruturais do estádio zero, gastava-se mais cimento, as estruturas eram mais pesadas, mas não podemos chamar isto de melhoria tecnológica. Na alvenaria hoje, temos o controle dimensional dos blocos e estes são mais resistentes.

**IBRACON:** *No acompanhamento feito pela Construtora Adolfo Lindenberg em suas obras, quais os problemas mais frequentes observados nas edificações? O que a construtora tem feito para solucionar estes problemas? As medidas têm surtido efeito?*

**Adolpho Lindenberg:** Temos um nível de patologia muito reduzido, em função de termos um quadro profissional experiente: os mestres de obras têm 25 anos de casa; os engenheiros responsáveis pelas obras têm, no mínimo, 12 anos de experiência em obras de alto padrão. Por outro lado, o departamento de arquitetura é interno, desenvolvemos nossos projetos executivos dentro da própria construtora. Tudo somado: os departamentos de arquitetura, engenharia e manutenção, este retroalimentando os dois primeiros, e uma equipe técnica experiente, o resultado é um baixo nível de patologia em nossas edificações.

Atualmente, o custo de manutenção das obras da construtora está abaixo de 0,2% do custo da obra. E nosso planejamento estratégico objetiva reduzir a cada ano este percentual em 10%. Estamos também praticamente zerando os processos judiciais contra a construtora.

Eu diria que a medida mais importante adotada pela construtora foi estabelecer uma interação direta entre os departamentos de manutenção, de engenharia e de arquitetura, possibilitando que as reclamações dos clientes sejam solucionadas nas próximas edificações. Outra medida importante foi a criação de comissões técnicas, liderada por um engenheiro e um mestre de obra, responsável por um tipo de problema. Um exemplo: as cornijas, elementos arquitetônicos característicos no estilo neoclássico,

ornamentos rebuscados na base e no coroamento da edificação e muitas vezes acompanhando terraços. A dificuldade era fazer estas cornijas de modo que a fôrma não deformasse com o uso contínuo. Esta deformação criava o trabalho de fazer enchimentos para atingir a perfeição geométrica. Percebemos que este tipo de enchimento trazia patologias: excesso de massa, fissuração, penetração de água, destacamentos, etc. Uma das comissões técnicas estudou as cornijas. O engenheiro que estava liderando esta comissão técnica tinha a obrigação de ouvir os outros engenheiros de outras comissões, para que fossem captadas as experiências de cada um com as cornijas e as soluções propostas. Hoje continuamos fazendo as cornijas maciças, que são mais duráveis que as cornijas que são apenas aparentes - uma casca com meio oco - por meio da execução de fôrmas de precisão de chapas de concreto, presas com tirantes

de aço inox, que não aparecem nas fachadas, ficando numa cavidade. O resultado é uma cornija absolutamente perfeita em termos de

forma geométrica e de durabilidade. Já executamos oito prédios com este sistema: não se perde nada em termos de qualidade estética e elimina-se os problemas de patologias. Houve ainda uma economia de 12% no custo da fachada, em razão de economia de prazo, de material e de mão-de-obra, diminuindo a patologia. Ou seja, um exemplo clássico de melhoria de qualidade com redução de custos. Hoje estamos estudando cornijas prontas de concreto, em obras com guias. Ou seja, o tema é estudado de

forma contínua dentro da construtora.

Acrescentaria ainda a importância de não se atropelar os aspectos técnicos definidos pelo calculista, como o tempo certo de carregamento de uma laje. A construtora Adolpho Lindenberg foi pioneira na personalização de edificações e nossos cronogramas duram, em média, de 20 a 30 meses, dependendo da altura do edifício e da complexidade das fundações. Por outro lado, a concepção da construtora é que projeto é investimento, não é custo; por isso, não fazemos concorrência de projetos, mas trabalhamos com dois ou três especialistas, que se revejam entre os projetos. Fazemos a concorrência para insumos e para mão-de-obra, mas não para os cálculos de estruturas.

**IBRACON:** *Quais as principais medidas adotadas pela Construtora para tornar seu processo executivo mais produtivo, econômico e seguro?*

**Adolpho Lindenberg:** A Construtora desenvolve projetos de acústica específicos para cada uma de suas obras. Em parceria com o escritório do professor

**A medida mais importante adotada pela construtora foi estabelecer uma interação direta entre os departamentos de manutenção, de engenharia e de arquitetura.**

Schaia Akkerman, que estuda as fontes de ruído interna e externas e propõe soluções de atenuação de ruídos, os projetos das obras são alimentados com estes dados. Os projetos são também retroalimentados com as reclamações de desconforto vindas dos clientes, num processo de aperfeiçoamento contínuo das obras. Este processo permitiu que a construtora desenvolvesse, por exemplo, um piso elevado para edifícios residenciais: é um tipo de piso que é apoiado em apenas 20% da laje, formado por uma abóbada de PVC vazia com apoios preenchidos com concreto monolítico autonivelante, assentados num material resiliente, material que se deforma. Esta solução praticamente isola o piso da laje de apoio, contendo a propagação de ruídos.

Outro exemplo: executar pisos de subsolo com caimento, que já se estuda desde o projeto. Qual era o objetivo principal: não fazer o enchimento de areia e cimento de pisos de subsolo, porque este enchimento traz patologias - depois de algum tempo, ele fissa e solta com o atrito dos pneus. Hoje já executa laje com caimento estudado. Desta forma, reduz a carga, a estrutura, a fundação, o gasto com argamassa e melhora a qualidade, porque se tem um piso de concreto efetivamente.

Acreditamos que o investimento em projeto e planejamento, a disponibilidade de uma equipe experiente e a retroalimentação do departamento de engenharia com os dados do departamento de manutenção, conseguimos uma redução de custo nas edificações de alto e médio padrão.

A construtora tem nas normas de segurança uma prioridade absoluta. Criou-se uma competição entre as obras, entre as equipes, para se atingir o nível zero de risco de vida do trabalhador na obra, atrelando-se a premiação dos engenheiros a este nível de segurança obtido. A construtora implantou uma pontuação interna de infrações de segurança, que vai desde as infrações de segurança mais leves (uma simples bota fora de condições ideais de uso, já implica em pontos) até as mais graves (não usar o cinto de segurança), tabelando estes resultados mensalmente por obras. Este tabelamento mensal permite um controle do nível de segurança numa obra, possibilitando visualizar quais aspectos e medidas temos que melhorar; permite também observar quais equipes e obras têm tido melhor desempenho no quesito segurança e quais merecem uma atenção especial.

Como resultado mais visível da implantação deste sistema, podemos falar que há três anos, as obras tinham uma média de 40 pontos de infração; hoje,

já é viável colocar como meta para 2007 oito pontos. Este resultado somente foi alcançado em razão da imposição estrita de normas de segurança: se o funcionário não segue os princípios de segurança, ele é afastado da obra e não volta para nenhum outro empreendimento da empresa; já o empregado recebe uma punição prevista em contrato. Para aferição das pontuações, a engenheira de segurança faz uma visita mensal às obras. Além dessa visita, todos os meses, é feita uma visita surpresa, não agendada, em uma das obras.

Agora, a partir deste ano, estaremos implantando nova pontuação de contribuições e de sugestões de novas técnicas de segurança, que ultrapassem o que está contemplado na norma de segurança e que efetivamente melhore as condições de segurança na obra. Exemplificando: o momento de menor segurança dentro da obra é o da colocação dos galgões dos pilares no dia seguinte ao da concretagem da laje; isto porque não se tem onde fixar o cinto de segurança; foi sugerido pelos engenheiros e mestres de obras que fossem deixados grampos próximos à borda, onde passamos uma corda para a fixação dos trabalhadores responsáveis pela colocação dos galgões.

Este cuidado com a segurança baseia-se na filosofia de que segurança, limpeza e qualidade estão ligadas. Se você entra numa obra suja e insegura, dificilmente você terá uma obra de boa qualidade. Pois, imagine

uma pessoa trabalhando efetivamente sob a condição de sua segurança resolvida, o profissional pode então desempenhar um trabalho de melhor qualidade, pois não tem preocupação com sua segurança.

uma pessoa trabalhando efetivamente sob a condição de sua segurança resolvida, o profissional pode então desempenhar um trabalho de melhor qualidade, pois não tem preocupação com sua segurança.

**IBRACON:** Na visão da construtora, quais deveriam ser as medidas tecnológicas e de gestão a serem implementadas pelas concretoras para o fornecimento de um produto mais bem especificado, que assegurasse um melhor controle tecnológico?

**Adolpho Lindenberg:** Vou citar algumas medidas importantes para a construtora: saber em tempo real a posição do caminhão betoneira, em que lugar da cidade ele está; desta forma, você tem a garantia de que o concreto que chega na obra não é um concreto vencido; laboratório de ensaios terceirizados, o que afasta a desconfiança do contratante de que quem faz é quem controla; a comunicação direta e instantânea, online, entre a construtora e a concretora. O ponto mais importante é a transparência na forma de trabalho,

O cuidado com a segurança baseia-se na filosofia de que segurança, limpeza e qualidade estão ligadas.

porque o concreto é o item mais importante de uma edificação.



alguns projetos procuram copiar os projetos de países do hemisfério Norte, onde o clima é temperado e, portanto, a luminosidade é menor. Nós temos uma luz plena. Sem dúvida, o vidro é um elemento decorativo muito bonito, porém ele é menos funcional do que a alvenaria. Por isso, o uso do vidro precisa ser combinado com a funcionalidade da alvenaria.

**IBRACON:** A Construtora Lindenberg resgatou o estilo neoclássico das edificações, trazendo-o para o país. Como o senhor vê a disseminação deste estilo pelo país? As adaptações sofridas por ele são positivas?

**Adolpho Lindenberg:** Eu sou um entusiasta das adaptações. O estilo recebeu conotações regionais. Como disse muito bem o Nyemeyer: o clássico pode perfeitamente conviver com o contemporâneo. Acredito que a tendência é a evolução do estilo, conforme os materiais de construção, a psicologia do povo. Hoje em dia, o estilo neoclássico é mais simples, mais sóbrio. A tendência é de uma simplificação ainda maior.

O vidro é um elemento decorativo muito bonito, porém ele é menos funcional que a alvenaria.



**IBRACON:** Em sua opinião, qual é a importância de um instituto técnico como o IBRACON no seu papel de mediador entre os diversos agentes da cadeia produtiva do concreto?

**Adolpho Lindenberg:** O IBRACON sempre teve uma posição de lisura, apesar de ser uma entidade ligada ao segmento do concreto, o que é importante para o desenvolvimento da cadeia do concreto como um todo, favorecendo todos seus agentes. É um fórum de debate excepcional sobre o concreto. A gente sente que o IBRACON é formado por figuras de peso e muito respeitadas no meio técnico. ♦

**IBRACON:** Como o senhor vê os edifícios comerciais com grandes fachadas de vidro?

**Adolpho Lindenberg:** Primeiramente, temos que lembrar que estamos num país tropical, mas que

## Soluções para Crédito, Planejamento Estratégico e Investimento.



**AUSTIN ASIS**  
www.austinasis.com.br  
Tel.: (11) 3377-0707

### ANÁLISES SETORIAIS

 Características, desempenho recente, tendências e perspectivas, análise macroeconômica, ranking por faturamento e indicadores de desempenho das principais empresas do setor.

### UPDATE

 Análise dos últimos acontecimentos relevantes do setor e tendências e perspectivas para o curto prazo.

### PROJETOS CUSTOMIZADOS

 Parecer de viabilidade econômica, análise da concorrência, análise financeira, planejamento de custos, reestruturação, planejamento estratégico, estudos setoriais específicos com enfoque em aspectos determinados.



## Cursos Master PEC são sucesso de público

A Regional IBRACON São Paulo realizou nos meses de abril e maio três Cursos Master em Produção de Estruturas de Concreto (Cursos Master PEC), que tiveram todas as suas vagas preenchidas, contando cada um com a participação de 50 profissionais.

No dia 3 de abril, os engenheiros Paulo Helene, professor da USP e consultor em materiais e estruturas de concreto, e José Eduardo Granato, com 30 anos de experiência em atividades de impermeabilização e recuperação estrutural, foram os palestrantes do curso de Patologia e Terapia das Estruturas de Concreto. O curso ocorreu na BASF Brasil, patrocinadora do evento, e objetivou discutir os conceitos gerais sobre a tecnologia de inspeção e avaliação de estruturas de concreto.

Já, nos dias 24 e 25 de abril, foi a vez do curso "Práticas de Projeto e Execução de Edifícios Protendidos", também com carga horária de oito horas. O curso discorreu sobre as vantagens das lajes protendidas e apresentou as particularidades de projeto e execução e os novos conceitos, materiais e equipamentos utilizados para este tipo de tecnologia. Os conceitos e as práticas da protensão foram criteriosamente passados aos profissionais pelos engenheiros Eugênio Cauduro, que participou da protensão de mais de 200 edifícios, e Marcelo Silveira, projetista de mais de 58 edifícios protendidos

de mais de 15 andares. O curso foi patrocinado pela Belgo Siderurgia.

O Curso "Como conseguir estanqueidade nas estruturas de concreto" foi realizado nos dias 22 e 23 de maio. Seu objetivo foi proporcionar aos profissionais da construção civil o conhecimento das técnicas de impermeabilização, com a utilização de recursos audiovisuais. O curso foi ministrado pelo engenheiro Marcos Storte, profissional atuante na área de impermeabilização desde 1983, com mais de 30 trabalhos apresentados em congressos nacionais e internacionais e professor de pós-graduação na Universidade Tuiuti, Paraná. O patrocínio foi da Viapol.

O Programa Master PEC é uma grade de cursos de atualização tecnológica, organizada pelo IBRACON, que objetiva o desenvolvimento e difusão do conhecimento em projeto, materiais, controle, produção, inspeção, diagnóstico, proteção e reabilitação de estruturas de concreto, disponibilizando os avanços tecnológicos na área com uma visão sistêmica e, promovendo a ética e a responsabilidade social e reconhecendo a Construção Civil como um dos mais importantes setores industriais da sociedade. O programa confere o título de Master em Produção de Estruturas de Concreto aos alunos que acumularem 120 horas-aula. Mantenha-se informado sobre os cursos no site [www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br).

# CINPAR 2007 acontece em junho

A Regional IBRACON no Ceará realizará juntamente com a Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA) e o Instituto de Estudos dos Materiais de Construção (IEMAC) o 3º Congresso Internacional sobre Patologia e Recuperação de Estruturas – CINPAR 2007, de 7 a 9 de junho de 2007. O evento vai ser realizado no Centro de Negócios do SEBRAE em Fortaleza-CE.

O evento objetiva divulgar os novos conhecimentos, técnicas e tecnologias relacionados à restauração e recuperação de estruturas de concreto, abordando as manifestações patológicas nas estruturas, suas causas e efeitos e, principalmente, os mais modernos procedimentos e materiais para sua recuperação.

Estão confirmadas as presenças de importantes pesquisadores do assunto como palestrantes:

- ◆ Prof. Petr Stepanek (University of Brno – Czech Republic)
- ◆ Prof. Paulo Helene (POLI /USP – Brasil)
- ◆ Prof. Simão Priszkulnik (Universidade Mackenzie – Brasil)
- ◆ Prof. Regino Gayoso (CTDMC – Cuba)
- ◆ Eng. Leonardo Garzon (Thornton Tomasetti Group – NY-USA)
- ◆ Prof. José Ramalho Torres (CEFETCE / NUTEC – Brasil)
- ◆ Prof. Jorge D. Sota (LEMIT – Argentina)
- ◆ Prof. Antonio Carmona Filho (Consultor Técnico – Brasil)



- ◆ Prof. Humberto Varum (Universidade de Aveiro – Portugal)
- ◆ Prof. Enio Pazini (EEC / UFG – Brasil)
- ◆ Eng. Ary Machado (Consultor Técnico – Brasil)
- ◆ Eng. Carlos Arcila (Consultor Técnico – Colômbia)
- ◆ Prof. Cláudio Sbrigh Neto (Consultor Técnico – Brasil)

Durante o evento, serão oferecidos cursos sobre os temas:

- ◆ *Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto, Visão sob o Aspecto da Teoria e Prática*, Prof. Dr. Antonio Carmona Filho
- ◆ *Reacción Alkali Árido: Mecanismos, Evaluación Y Control*, Prof. Dr. Jorge D. Sota
- ◆ *Corrosão: Mecanismos, Avaliação e Reabilitação*, Prof. Dr. Enio Pazini

Mais informações: tel: (88) 3677 4261 – telefax: (88) 3613 2892 – [www.sobral.org/cinpar2007](http://www.sobral.org/cinpar2007)  
e-mail: [cinpar2007@yahoo.com.br](mailto:cinpar2007@yahoo.com.br).

## Ciclo de palestras no Centro Tecnológico da UFPB

A Regional IBRACON na Paraíba planeja para o segundo semestre um Ciclo de Palestras no Centro Tecnológico da Universidade Federal da Paraíba. Os temas serão:

- ◆ Cimentos e adições convencionais e não-convencionais;
- ◆ Concretos de menor impacto ambiental;

- ◆ Argamassas especiais;
- ◆ Obras de concreto.

O ciclo de palestra conta também com a promoção da Associação Brasileira de Materiais e Tecnologias Não-convencionais (ABMTENC) e do Laboratório de Ensaios de Materiais e Estruturas.



## Momento atual da engenharia brasileira: a visão gaúcha

Foi realizado em 17 de maio de 2007 a terceira edição do debate “Momento Atual da Engenharia Brasileira: A Visão Gaúcha”, organizado pela Regional IBRACON do Rio Grande do Sul, pela Associação Brasileira de Mecânica dos Solos (ABMS), pela Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural (ABECE) e pela Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental (ABGE), em conjunto com a Sociedade de Engenharia do Rio Grande do Sul e a Federação Brasileira das Associações de Engenharia.

O debate deu seguimento às discussões iniciadas no evento similar, organizado pelo IBRACON, ABMS, ABECE, ABGE e Instituto de Engenharia, em São Paulo, fazendo parte de um calendário de eventos que objetiva consolidar as posições dos vários setores ligados à construção civil quanto às demandas para o crescimento e qualificação da engenharia, com redução de riscos e aumento da qualidade das obras.

Dividido em quatro painéis, o evento procurou debater questões polêmicas em torno dos eixos temáticos:

- ◆ **FORMAÇÃO E QUALIFICAÇÃO PROFISSIONAL**  
Mudanças curriculares

Exame de Ordem  
Educação continuada  
Produção e Divulgação Material Técnico  
Representação Institucional

- ◆ **O DESAFIO DOS PROJETOS DE ENGENHARIA**

Auditoria de Projeto  
Seguro Profissional  
Forma de Contratação de Projetos  
Prazos de Projetos  
Como promover a Confiabilidade

- ◆ **AS EMPRESAS E O MERCADO**

Modalidade de Contrato  
Gerenciamento de Risco  
Falta de mão-de-obra qualificada

- ◆ **OS CLIENTES E A DEMANDA**

Lei das Licitações – Cláusula Capacidade Técnica  
Perda de Qualificações – Equipes  
Prazos  
Decisões Técnicas efetuadas por não-técnicos  
Valorização da Engenharia  
Crise de Infra-Estrutura  
PAC

Ao final do debate, as diversas propostas foram compiladas para compor um documento oficial das entidades do setor.

## Simpósio Catarinense da Construção Civil

A Regional IBRACON SC junto com a Associação Regional de Engenheiros e Arquitetos (AREA 17) e a Universidade Vale do Itajaí (UNIVALI) organizam, de 23 a 27 de julho de 2007, o Simpósio Catarinense da Construção Civil.

O Litoral Centro-Norte de Santa Catarina, formado pelos municípios de Balneário Camboriú, Itapema, Itajaí, é um pólo da construção civil na região Sul do país. Por isso, a necessidade dos profissionais da região em se atualizarem quanto aos processos e sistemas construtivos e suas interfaces com os projetos e os clientes. O Simpósio vem preencher esta lacuna. O Simpósio será realizada no Auditório da AREA 17.

# Seminário Estruturas de Concreto

A Regional IBRACON no Rio de Janeiro realizará, conjuntamente com a Universidade Federal Fluminense (UFF) e a Associação Brasileira de Pontes e Estruturas (ABPE) no dia 20 de junho de 2007 o Seminário Estruturas de Concreto.

O evento ocorre na Escola de Engenharia da Universidade Federal Fluminense.

Inscrições na *Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil* – tels.: 2629-5410, 2629-5412 ou 2629-5414.

## Programação

HORÁRIO	PALESTRA	PALESTRANTE
8h30 – 9h00	Entrega do Material	–
9h00 – 9h30	Abertura + Explanação dos Objetivos	Orlando C. Longo Emil Sánchez
9h30 – 10h30	Edifício Altos	Dr. Gilberto Valle
10h30 – 11h30	Pontes Estaidas	Dr. Ubirajara Ferreira da Silva
11:30 – 12h30	NBR15421- Projeto de Estruturas Resistentes a Sismos	Dr. Sergio Hampshire de Carvalho Santos Dr. Silvio de Souza Lima
<b>12h30 – 14h00 ALMOÇO</b>		
14h00 – 15h00	Impermeabilização e Injeção das Estruturas de Concreto	Dr. Emílio Minori Gerente Técnico da Bauchemie
15h00 – 16h00	Reforço de Estruturas com Materiais Compósitos: Casos Práticos	Dr. Robson Luiz Gaiofatto
16h00 – 17h00	Análise do Colapso Estrutural de um Edifício de 26 Andares	Dr. Giuseppe Barbosa Guimarães
<b>17h30 – 18h30 CAFÉ + Confraternização</b>		

## Ciclo de Palestra na Regional IBRACON Paraíba



João Pessoa, Paraíba

A Regional IBRACON Paraíba, o Laboratório de Ensaios de Materiais e Estruturas e a Associação Brasileira de Materiais e Tecnologias Não-Convencionais planejam para o segundo semestre o Ciclo de Palestras no Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba.

As palestras serão sobre cimentos e adições convencionais e não-convencionais, concreto de menor impacto ambiental, argamassas especiais e obras de concreto.

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

### SISTEMA DE PROTENSÃO WEILER COMPLETO-SEGURO-VERSÁTIL COM A INCONFINDÍVEL QUALIDADE WEILER



PRÉ-TENSÃO

PÓS-TENSÃO



WEILER-C. Holzberger Industrial Ltda.  
Vendas: (19) 3522-5903 / 5904  
Fax: (19) 3522-5905 Rio Claro-SP  
[weiler@weiler.com.br](mailto:weiler@weiler.com.br) [www.weiler.com.br](http://www.weiler.com.br)

# IBRACON renova convênio de colaboração internacional com ACI

Durante a última Convenção do American Concrete Institute, a chamada "ACI Spring Convention", realizada na bonita e acolhedora cidade de Atlanta no estado da Geórgia, nos Estados Unidos, de 20 a 26 de maio de 2007, a Diretoria do ACI promoveu uma cerimônia de assinaturas de Convênios Internacionais da qual participou o IBRACON.

O Prof. Selmo Kuperman e o Prof. Paulo Helene, representantes do IBRACON, lá estiveram para, juntos com o Presidente do ACI, Thomas Verti e o Vice-Presidente executivo, William Tolley, renovar e ampliar o "International Partner Agreement for Technical, Scientific and Institutional



Collaboration" firmado naquela data entre o IBRACON e o American Concrete Institute. Para saber mais sobre o conteúdo desse Convênio de colaboração mútua consulte a web site do IBRACON – [www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br).

# IBRACON firma convênio de colaboração internacional com JCI



Durante a Convenção de primavera do American Concrete Institute, a chamada "Spring Convention", ocorrida na cidade de Charlotte no estado da Carolina do Norte, de 22 a 27 de março de 2006, os presidentes do Japan Concrete Institute JCI, Prof. Nagataki e do IBRACON, Prof. Helene, firmaram protocolo internacional de colaboração e intercâmbio tecno-científico, visando o progresso do conhecimento sobre o concreto, em benefício das sociedades japonesa e brasileira.

A cerimônia formal teve lugar na suíte presidencial do casal Nagataki no último andar do hotel Westin, que sediou a convenção do ACI. Contou com a presença do Prof. Dr. Mário Franco,



sócio honorário do IBRACON e dos Profs. Drs. Sugano e Yamamoto, diretores do JCI, além das respectivas esposas. "Foi muito interessante vivenciar esta experiência de intercâmbio, na qual ficou evidente a importância que o JCI e seu presidente dá a um acontecimento dessa natureza fazendo questão de brindar o acontecimento com champagne", disse Paulo Helene.

No dia seguinte o JCI ofereceu aos representantes do IBRACON e do Instituto Mexicano de Cimento e Concreto IMCYC um típico almoço japonês em restaurante escolhido a dedo pelo presidente do JCI. Foi realmente um momento alto de confraternização. ♦

## O colapso do Edifício Areia Branca e novos conceitos de vistorias de edifícios

Romilde Almeida de Oliveira  
UNICAP/UFPE



Fotos 1 e 2 – Edifício Areia Branca, antes e depois do colapso

### 1. Introdução

A forma surpreendente como o Edifício Areia Branca entrou em colapso, em 14 de outubro de 2004, provocou um grande impacto na sociedade pernambucana e teve grande repercussão em nível nacional. Tornou claro para os leigos que os concretos não duram eternamente. Para os engenheiros significou dizer que não se podem projetar obras sem que se leve em consideração os conceitos de vida útil e durabilidade. Um fato relevante é que a ruptura ocorreu abaixo do nível do piso da garagem, situada no subsolo, na região de ligação com as sapatas. Não se tem conhecimento da realização de vistorias de edifícios nesta região, especialmente pelas dificuldades e transtornos criados por tal operação. Antes do acidente com o Edifício Areia Branca, na Região Metropolitana do Recife, a parte enterrada dos edifícios não fora questionada, não havendo, assim, a prática da inspeção das fundações. É de se inferir que o mesmo ocorra nas demais regiões brasileiras. O exemplo do Ed. Areia Branca sugeriu a realização de vistorias nos edifícios e os condomínios passaram a solicitá-las, incluindo fundações. Os resultados justificaram amplamente estas decisões.

Foram identificados vários tipos de danos, abrindo-se desta maneira mais uma frente de preocupações para os engenheiros. Além de problemas construtivos e práticas de projeto análogos aos do Edifício Areia Branca, outros foram identificados, como é exemplo a constatação de reação álcali-agregado em sapatas e blocos de fundações. Tem-se agora registrados além dos fatores discutidos neste trabalho, dezenas de casos de edifícios com quadros de trincas instalados nos blocos de fundação, atribuídas a este fenômeno. Como resultados das inspeções, várias fundações de edifícios foram recuperadas e alguns edifícios se encontram em recuperação ou em fase de análise para este fim.

O cenário atual exige com maior propriedade leis que obriguem vistorias e manutenções periódicas. Estas leis em geral são relativamente simples, mas complexas para as suas corretas aplicações (IBRACON, 2004).

### 2. Estudos sobre o acidente

Logo após o acidente, a Presidência do CREA-PE designou uma Comissão com o objetivo exclusivo

de investigar e emitir diagnóstico conclusivo considerando os aspectos estritamente técnicos, sobre as causas que conduziram ao colapso do Edifício Areia Branca. Como resultado foi emitido Laudo Técnico que foi amplamente divulgado para a sociedade, inclusive via Internet através da página do CREA-PE.

O Edifício Areia Branca teve a sua construção iniciada em 1977, sendo o projeto estrutural efetuado de acordo com as prescrições da norma NB1/1960 – Cálculo e Execução de Obras de Concreto Armado. Observe-se que a NB1/1960 foi substituída pela NBR 6118/1978 – Projeto e execução de obras de concreto armado – Procedimento, que por sua vez foi substituída recentemente pela NBR 6118/2003 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimentos. Os conhecimentos do concreto armado, contidos na NB1/1960, foram gerados até a década de 50. Esta norma teve por base a DIN-1045, enquanto que a NBR 6118/78 se inspirou nas recomendações do CEB e a recente NBR 6118/2003 no Eurocode 2. Estas considerações são relevantes

citadas à flexão e à flexo-compressão, ou seja, em praticamente toda a obra, limitavam-se a 22 MPa. Havia recomendações para o emprego de concretos com resistência característica mínima de 11 MPa e de 13,5 MPa para os casos em fossem utilizados aços CA-T-40 e CA-T-50, os considerados “aços especiais” para a época. A evolução do conhecimento sobre o comportamento do concreto fez com que a NBR-6118/2003 especificasse que a resistência característica mínima à compressão fosse 20 MPa, limitando-se superiormente a 50 MPa que, semelhantemente, passou a ter em menor escala o papel dos 22 MPa da NB 1/1960. Na Região Metropolitana do Recife e, praticamente em todo território nacional, é bem conhecido que a predominância das resistências adotadas foi de 13,5 a 18 MPa, tendo valores mais próximos de 15 MPa a maior incidência de uso.

Outro aspecto relevante da NB-1/1960 é o dos valores recomendados da capa de recobrimento. Era prática usual, atendendo a esta versão da Norma, o uso de recobrimentos mínimos de 1,0 cm para



Fotos 3 e 4 – Edifício Areia Branca: sapatas e ligação pilar/sapata

para compreensão do contexto em que se situou o projeto estrutural do Edifício Areia Branca. Depreende-se que o conhecimento técnico utilizado no projeto estrutural é de pelo menos cinquenta anos atrás. Deve ser acrescentado aqui que alguns conceitos relativos aos aços utilizados nas estruturas de concreto armado contidos na NB-1/1960 foram modificados pela especificação de aço EB3/1967. Posteriormente, em 1972, foram introduzidos alguns adendos à versão de 1967, o denominado Anexo da EB-3/1967 que introduziu conceitos relativos à fissuração.

É importante lembrar que a NB1/1960, na prática, proibia concretos com resistências superiores a 22 MPa ( $R_c = 220 \text{ kgf/cm}^2$ ) em virtude de que os conhecimentos que lhe deram suporte não teriam ainda de forma segura recomendações para o que era considerado concretos de elevadas resistências, especialmente no que diz respeito à ductilidade das peças. Valores superiores só eram permitidos para concretos utilizados em regiões onde houvesse concentrações de tensões, portanto efeitos localizados. Peças soli-

as lajes, 1,50 cm para as vigas e pilares situados no interior dos edifícios. Para peças situadas ao ar livre, os recobrimentos de vigas e pilares era 2 cm. No caso de lajes revestidas, situadas no interior dos edifícios, poder-se-ia considerar o emboço como equivalente a 0,5 cm do recobrimento, reduzindo assim a capa de revestimento a 0,5 cm. Para as peças enterradas o recobrimento mínimo era de 2 cm. Estes pequenos valores dos recobrimentos adotados tornaram as cidades litorâneas paraísos das empresas de recuperação estrutural, inclusive a Região Metropolitana do Recife. A NBR 6118/1978 manteve praticamente os recobrimentos para as peças revestidas situadas no interior de edifícios, aumentou estes valores em 0,5 cm para concreto aparente e para 3 cm os recobrimentos de peças em contato com o solo. Um fato inusitado é que no caso do Edifício Areia Branca, embora fossem estes os recobrimentos, não se verificaram, pela análise das peças de concreto, efeitos acentuados de oxidação das armaduras, de forma generalizada. As intensidades das oxidações verificadas foram surpreendentemente inferiores às previstas antes das análises, possível-

mente devido às barreiras interpostas entre a zona de maré e o edifício.

### 3. Algumas observações sobre a infra-estrutura

A Foto 3 mostra uma sapata nas condições encontradas, logo após a escavação. Não houve uma correta execução do tronco de pirâmide, resultando uma forma irregular com o volume daquela região incompleto. Esta forma de execução da sapata é coerente com os indícios de descuidos com a execução de peças da superestrutura, que apresentam sinais de pouca ou nenhuma vibração.

Verificou-se que o pé do pilar, ou seja, o ponto de encontro do pilar com a sapata, não foi detalhado para que se tivesse um perfeito apoio da fôrma do pilar, com a finalidade de garantir a correta execução da ligação pilar-sapata. Observa-se nesta região pontos em que ocorreu forte corrosão com redução da seção da armadura (Foto 4), além de fuga do concreto no encontro da forma do pilar com a sapata. A região resultante tem seção reduzida e armadura exposta que, juntamente com outros fatores que serão aqui analisados põem em risco a resistência do pilar e sua estabilidade.

### 4. Conseqüências da NBR 6118/2003

Fazendo-se uma análise comparativa entre as condições das estruturas projetadas sob as

prescrições das normas NB 1/1960 e NBR 6118/2003, verificam-se diferenças importantes que estão diretamente relacionadas com a segurança das obras. A resistência à compressão praticamente dobrou, o fator água-cimento foi reduzido em virtude do uso de novos aditivos e os recobrimentos praticamente dobraram. Novos conceitos foram incorporados como são os casos de durabilidade e maiores cuidados com as ações ambientais. A Tabela 1 se constitui em um quadro comparativo de parâmetros importantes que estão diretamente relacionados com a durabilidade das estruturas de concreto.

Considerando os indicadores da Tabela 1 e o fato de que os edifícios produzidos entre 1960 e 1980 atingiram ou estão próximos de atingir os limites de vida útil, conclui-se que se encontram sob suspeição, requerem vistorias para caracterização do seu estado atual e definição da origem dos tempos para o estabelecimento de um cronograma de manutenção. Este limite pode ser estendido para as edificações com idade superior a dez anos, considerando os cinco anos iniciais que ficam sob observação da construtora e mais cinco anos que é o intervalo usual previsto nas leis de manutenção.

Os coeficientes de segurança das normas são fixados para uma vida útil de cinqüenta anos, enquanto que estas edificações estão atualmente com idade superior a trinta anos. Utilizando a analogia comumente empregada com a área médica, pode-se considerar que os edifícios que nunca receberam vistorias estão na condição de sexagenários que nunca fizeram um check-up, estando necessitando urgentemente de uma revisão médica.

Tabela 1 – Evolução da norma NB 1

CONCEITO	NB 1/1960	NBR 6118/1978	NBR 6118/2003
$f_{ck}$ ou $\sigma_R$ (MPa)	$\sigma_R$ : Usual: 15 Mínimo: 11 Máximo: 22	$f_{ck}$ : Usual: 18 –	$f_{ck}$ : Usual: 25 a 35 MPa Mínimo: 20 MPa Máximo: 50 MPa
Cobrimento (cm)	Interior Pilares: 1,5 Vigas: 1,5 Lajes: 1,0	Ao ar livre ou enterrado 2,0 2,0 2,0	Peças revestidas Interior Pilares: 1,5 Vigas: 1,5 Lajes: 0,5 Peças enterradas: 3,0 Em meio agressivo: 4,0
			Conforme a classe de agressão ambiental (I a IV) Pilares: 2,5 a 5,0 Vigas: 2,5 a 5,0 Lajes: 2,0 a 4,5 Se houver rígido controle de qualidade estes valores podem ser reduzidos em 0,5.
Vida útil	Não considera	Não considera	Considera
Armadura de pilares	1	$\approx 1.3x$	$\approx 1.3x$
Fissuração	Fase inicial de verificação	Consolidação	Consolidação
Meio ambiente	Não considera	Considera	Considera

## 5. Vistorias após o acidente do Edifício Areia Branca

O colapso do Edifício Areia Branca teve grande divulgação na mídia e dois aspectos chamaram a atenção da população, inclusive os engenheiros: (a) as falhas que conduziram ao acidente ocorreram na região enterrada, no nível dos pescoços dos pilares e (b) ao longo de seus vinte e sete anos, o edifício não apresentou sinais aparentes de patologias sérias. Isto foi motivo suficiente para resultar num grande surto de solicitações de vistorias em edifícios em condições semelhantes. Ao longo destas vistorias, verificou-se que diversos edifícios apresentavam graves problemas nos níveis das fundações. Vários destes problemas estão relacionados com práticas recomendadas pela NB-1/1960: concretos porosos de baixa resistência, fatores água-cimento elevados, pequenos recobrimentos das armaduras, estribos excessivamente finos (diâmetros de 3.4 ou 4.2 mm), ausência de grampos, e assim por diante. Também como resultados das observações ao longo destas vistorias vêm sendo constatados em alguns edifícios sérios danos em sapatas e blocos de estacas, decorrentes de reações álcali-agregado. Estas reações já haviam sido identificadas em algumas obras situadas na Região Metropolitana do Recife e em áreas próximas. São os casos da barragem Tapacurá e dos blocos dos apoios da Ponte Paulo Guerra, importante elo com a zona sul e que foi recentemente recuperada. A incidência em edifícios, no entanto, constitui fato inédito internacionalmente e se pode considerar freqüente, em virtude do número de obras em que foi constatada nos últimos meses. Trata-se de um problema que requer investigações tecnológicas para o caso de diagnósticos e de reforços e de pesquisas científicas a médio e longo prazo.

Em decorrência destes últimos acontecimentos, após o acidente do Edifício Areia Branca, ocorreram vários fóruns de discussão e reuniões técnicas sobre o tema. Dentre estes podem ser destacados "Lições do Areia Branca" na cidade de São Paulo, organizado pelo Ibracon e Abece, em dezembro de 2004, a série de reuniões realizadas pela regional da Abece em Recife que resultou no documento "Checklist para vistorias de edificações em concreto armado" e diversos outros eventos promovidos pelo

Sinduscon-PE, Ademi-PE, Crea-PE e ABCP. Estes fatos vêm tendo importantes repercussões na comunidade técnica, no meio acadêmico local e em algumas universidades brasileiras, sugerindo projetos de pesquisa e temas de monografias, dissertações, teses e publicações em diversos meios de divulgação.

## 6. Conclusões

Após o colapso do Edifício Areia Branca, evidenciou-se a necessidade de se efetuar vistorias nos edifícios, inclusive nos elementos de fundações, situados abaixo da laje de impermeabilização, apesar dos transtornos, que tal operação venha a exigir.

Edifícios projetados e construídos sob as prescrições da NB 1/1960 estão sob suspeição, devem passar por vistorias rigorosas e submeter-se a um rígido plano de manutenção. Para tal fim, faz-se necessário a contratação de profissional habilitado e capacitado para esses tipos de serviços, que sejam respeitadas além da NBR 6118/2003, as prescrições da norma NBR 5674/1999 e se elabore um plano de manutenção com a criação de um manual de operações de acordo com as recomendações contidas na NBR 14037/1998, pelo menos.

As considerações efetuadas neste trabalho permitem concluir que para se tornarem efetivas as manutenções dos edifícios, há necessidade da criação de uma legislação adequada.

A manutenção das edificações não se trata de uma punição financeira aos usuários, mas uma atividade normal a ser posta em prática e que efetuada dentro dos prazos regulares, se torna econômica. Os usuários de edifícios devem ser instruídos para considerar como normais os custos anuais de manutenção da ordem de 1% a 2% do valor do imóvel.

A experiência com o caso do Edifício Areia Branca e todos os acontecimentos dele decorrentes, autorizam a sugerir que a revisão da NBR 6118 em curso, seja mais exigente com as especificações de concretos para fundações. Na versão atual, são tolerados concretos para fundações, com resistência característica à compressão 15 MPa. Levando em consideração os conceitos de durabilidade e as recentes experiências, este valor se torna inteiramente indefensável.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT, NBR 6118/2003, Projeto de estruturas de concreto – Procedimentos.
- ABNT, NBR 5674/1999, Manutenção de edificações – Procedimentos.
- ABNT, NBR 14037/1998, Manual de operações, uso e manutenção das edificações – Conteúdo e recomendações para elaboração e apresentação.
- ABECE. Checklist para vistoria de edificações em concreto armado. ABECE. Recife, 2005. [www.abece.com.br](http://www.abece.com.br).
- IBRACON, MANIFESTO PÚBLICO: Lições do Areia Branca, [www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br), 2004. ♦

## Medidas preventivas para a Reação Álcali-Agregado (RAA) no concreto

Guilherme Gallo  
Metacaulim do Brasil

Leandro Sanchez\*, Marcelo Medeiros  
Universidade de São Paulo

Tibério Andrade\*  
Universidade de Pernambuco

### Introdução

Um dos mecanismos de deterioração do concreto, com menor intensidade de ocorrência do que a corrosão das armaduras, mas não menos relevante, é a reação álcali-agregado (RAA). Este fenômeno foi descoberto pela primeira vez nos Estados Unidos no início da década de 40, sendo ainda pouco compreendido devido à sua elevada complexidade. As suas conseqüências ainda não são um consenso no meio técnico, apesar do grande número de pesquisas já realizadas nos últimos anos. No Brasil, até pouco tempo atrás, os principais casos de RAA divulgados estavam relacionados com grandes estruturas de concreto. Em função disto, os projetos não levavam em consideração que estruturas urbanas, rodoviárias e rodoferrviárias de concreto armado também pudessem ser afetadas pelo fenômeno. Esta percepção já é conhecida em muitos países, onde o fenômeno já foi confirmado em muitos casos de peças de concreto de fundações e superestruturas de túneis, viadutos, pontes e edifícios, bem como em pavimentos de concreto.

### Origem da reação álcali-agregado

Para a ocorrência da RAA, faz-se necessária à presença conjunta de alguns componentes. São estes:

- ◆ Agregado reativo;
- ◆ Umidade ambiente elevada;
- ◆ Alta concentração de hidróxidos alcalinos nos poros do concreto.

A hidratação do cimento Portland resulta em uma solução contendo hidróxidos de cálcio, potássio (K) e sódio (Na), estes dois últimos também conhecidos por "álcalis", presentes nos poros da pasta endurecida. Após a saturação da solução dos poros com água, a maior parte dos hidróxidos metálicos (hidróxidos de sódio e potássio) fica solubilizado dentro do poro [2]. A

silica reativa presente na superfície de alguns agregados reage com os íons  $\text{OH}^-$  em alta concentração na solução do poro, resultando na formação de compostos com volume superior ao somatório do volume dos reagentes que lhe deram origem. O resultado é o surgimento de tensões na superfície dos agregados que, quando superam a resistência à tração do concreto, resultam no surgimento de fissuras. Pode-se dividir a RAA em basicamente três tipos:

#### Reação Álcali-Silica (RAS)

É a reação que ocorre entre a sílica amorfa ou certos tipos de vidros naturais e artificiais e os hidróxidos alcalinos existentes no concreto provenientes dos álcalis do cimento. Essa reação resulta em um gel álcali-silicato nos planos mais fracos ou poros do agregado, ou ainda, na superfície do mesmo, diminuindo a aderência entre o agregado e a matriz. A reação álcali-silica gera produtos que têm grande afinidade com a umidade, e, absorvendo água, esses produtos se expandem, causando tensões internas e conseqüentemente fissuras nos agregados e na pasta de cimento à sua volta.

#### Reação Álcali-Silicato (RASS)

Esse tipo de reação ocorre entre os álcalis provenientes do cimento e os silicatos existentes nos feldspatos, folhetos argilosos e certas rochas sedimentares (argilitos, siltitos e grauvacas), metamórficas (ardósias, filitos, quartzitos, xistos) e magmáticas (granitos). A RASS tem característica muito parecida com a RAS, no entanto, ocorre de maneira mais lenta, devido aos minerais estarem mais disseminados em seu retículo cristalino.

Assim como na RAS, o produto formado da reação (gel) tem uma aderência muito baixa, sendo um mau elemento de ligação agregado-matriz, podendo ainda causar expansões em caso de contato com a água e ocasionar fissuração no concreto ou nos próprios agregados, gerando baixa resistência ao conjunto.



Figura 1 – Recipiente de Armazenamento das Barras de Argamassa (AMBT)

### Reação Álcali-Carbonato (RAC)

Esta reação acontece na presença de calcários dolomíticos e os álcalis provenientes do cimento. Diferentemente da RAS e RASS, tem produtos finais de menor volume do que os produtos reagentes, entretanto, acaba levando à expansão do concreto devido à continuidade da reação, pois neste caso há a regeneração dos hidróxidos alcalinos, que mantêm a reação até que toda a dolomita disponível tenha reagido por completo, ou até que a concentração de álcalis tenha sido suficientemente reduzida por reações secundárias.

### Detecção da reação álcali-agregado

Existem muitos métodos de ensaio visando à detecção da presença de RAA, tanto em campo como em laboratório. No entanto, como a recuperação ou reforço de uma estrutura deteriorada pela RAA é muito dispendiosa e difícil, e sendo o processo de deterioração contínuo, é de consenso técnico e científico que o melhor remédio para esta manifestação patológica é a prevenção.

Existem alguns métodos que podem detectar previamente a reatividade de agregados frente aos hidróxidos de sódio ou potássio presentes na pasta de cimento hidratada. Dentre os principais temos:

### Análise Petrográfica

Fornecer importantes informações através de análise visual e mi-

croscopia estereoscópica. Esta análise pode ser baseada nas normas ASTM C-295(1990) e ASTM C-856 (1995), respectivamente, para análise em agregados e em concreto. A investigação se dá através do microscópio polarizador de luz transmitida e é fundamentada na observação de lâminas delgadas, com cerca de 30 µm de espessura, confeccionadas com amostras de agregados ou concretos que serão futuramente estudados. No caso de agregados, a investigação determina a descrição mineralógica do mesmo, com ênfase na descrição dos minerais deletérios, textura e estrutura dos mesmos. No caso de concretos, além de classificar os agregados, determina a ocorrência de microestruturas provenientes da RAA, tais como bordas de reação ao longo dos agregados, gel nos poros, presença de microfissuras causadas pela expansão do gel produto da reação, etc. Apesar de ser uma análise bastante necessária tanto em agregados quanto em concretos, apenas a utilização da mesma para a caracterização da potencialidade reativa do agregado frente a RAA não é suficiente, pois existem diversos fatores que influenciam a reação.

### Método químico

Permite avaliar a reatividade potencial álcali-silica de um agregado através da relação entre a concentração de sílica dissolvida e a redução da alcalinidade. As normas NBR 9774 e ASTM C-289 prescrevem esta metodologia. Neste método, deve ser utilizado um agregado graduado passante na peneira de 0,3 mm e retido na peneira de 0,15 mm. Esta fração é imersa em uma solução de hidróxido de sódio a 1N à temperatura de 80° C por 24 horas. Após esta imersão, determina-se a sílica dissolvida pelo método gravimétrico ou por fotometria bem como a redução de alcalinidade da solução de NaOH. Com base nesses resultados, é possível correlacioná-los através de um gráfico que classifica a potencialidade do agregado estudado em três níveis: inócuo, potencialmente deletério ou deletério. Segundo diversos pesquisadores, o aspecto positivo deste ensaio é a sua agilidade, mas podendo falhar especialmente em se tratando de análise de agregados lentamente reativos.

### O Método Acelerado de Barras de Argamassa (AMBT)

O ensaio acelerado de barras de argamassa (AMBT), preconizado pela ASTM C-1260, é o método mais



Figura 2 – Medição de Expansão das Barras de Argamassa (AMBT) com a utilização do relógio comparador.

difundido e utilizado no mundo. Barras de argamassa de 2,5 x 2,5 x 28,5 cm são confeccionadas e, após um período inicial de cura imersa em água a 80° C por 24hs, as barras são imersas em solução de hidróxido de sódio (NaOH - 1N), estando também a uma temperatura de 80° C durante pelo menos 14 dias.

O resultado deste ensaio pode ser interpretado através dos seguintes limites de expansão:

- ◆ Expansões inferiores a 0,10% aos 16 dias de idade => indicam um comportamento inócuo do agregado na maioria dos casos.
- ◆ Expansões superiores a 0,10% e inferiores a 0,20 % aos 16 dias de idade => indicam um comportamento potencialmente reativo;
- ◆ Expansões superiores a 0,20% aos 16 dias de ensaio indicam um comportamento reativo do agregado.

No Brasil e em alguns outros países como o Canadá, pesquisadores propuseram que os limites fossem mantidos e que os ensaios fossem levados até 30 dias no intuito de serem detectados agregados com reatividade lenta. Atualmente este método é visto com reserva por vários pesquisadores, pois em alguns casos mostrou-se muito severo, onde agregados comprovadamente inócuos apresentaram expansões acima do limite, e em outros, como gnaisse graníticos e metabasaltos, o método não detectou a reatividade dos agregados.

Estudos interlaboratoriais entre vários países propuseram diferenças de limites e períodos de análise de agregados de suas respectivas regiões, na tentativa de ajustar o método e torná-lo ainda mais confiável.

### Método de Prismas de Concreto (CPT)

Para que o ensaio fosse mais confiável e representasse de maneira fiel as estruturas reais, foi desenvolvido um método onde corpos de prova prismáticos de concreto de 7,5 x 7,5 x 28,5 cm fossem analisados.



Figura 3 – Prismas de Concreto utilizados no método CPT

O concreto para a confecção dos prismas deve possuir um consumo de cimento de 420 Kg/ m<sup>3</sup>, e uma relação a/c variando entre 0,42 e 0,45. O cimento utilizado deve possuir um teor alcalino equivalente de 1,25% de Na<sub>2</sub>O, alcançado pela introdução de NaOH à água de amassamento. Após moldados, os corpos de prova devem ser armazenados em recipiente que contenha umidade relativa equivalente a 100% e a uma temperatura de 38° C. Leituras mensais devem ser feitas até 365 dias de armazenamento nestas condições. O resultado deste ensaio pode ser interpretado através dos seguintes limites de expansão:

- ◆ Expansões inferiores a 0,04% aos 365 dias de ensaio indicam um comportamento inócuo do agregado na maioria dos casos.
- ◆ Expansões superiores a 0,04% aos 365 dias de ensaio indicam um comportamento reativo do agregado.

É válido ressaltar que o ensaio deve ser prolongado até aos 2 anos de idade no caso de se utilizar pozolana, para assegurar sua eficácia no concreto. Este método vem demonstrando grande confiabilidade, não tendo sido encontrados casos onde



Figura 4 – Recipiente de Armazenamento do Método CPT

agregados considerados inócuos tenham causado reações deletérias em campo.

### Método Acelerado de Prismas de Concreto (ACPT)

Desde meados dos anos 90, pesquisadores propuseram que o ensaio de prismas de concreto CPT fosse realizado à 60° C, no intuito de acelerar o mesmo de 365 dias (1 ano) para 90 dias (3 meses).

O procedimento operacional do ensaio é idêntico ao CPT, assim como o recipiente de armazenamento, com exceção da temperatura. Vários pesquisadores vêm estudando este método e, embora ainda não seja normatizado, vem demonstrando bom potencial de avaliação de agregados frente aos álcalis provenientes do cimento, uma vez que une a confiabilidade do CPT com a agilidade do AMBT.

### Casos de obras com RAA

Uma das regiões do país em que esta visão do problema tem mudado é a Região Metropolitana do Recife (RMR), onde nos últimos anos, vários casos de reação álcali-agregado têm sido diagnosticados em fundações de edifícios, que têm apresentados quadros fissuratórios de intensidade variada em blocos de coroamento de estacas e sapatas. No entanto, essa deterioração do concreto das peças de fundação não foi suficiente para afetar significativamente a superestrutura destes edifícios, pelo menos por ora.

A descoberta dos problemas foi motivada pela maior conscientização do meio técnico e da sociedade para a necessidade de inspeções nas estruturas de concreto, inclusive em suas fundações, a partir do desabamento do Edifício Areia Branca, cujas causas não estão relacionadas com o fenômeno.

Desde 2005, mais de 35 casos de fissuração em fundações de edifícios já foram identificados. Em todos os casos em que foi realizada



Figura 5 – Medição dos Prismas pelo Método CPT

uma investigação mais criteriosa, realizando ensaios específicos no concreto, foi diagnosticada a presença da reação álcali agregado.

Com a multiplicação dos casos, o SINDUSCON-PE, sob a coordenação da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e apoio do SEBRAE-PE, conduziu um trabalho de investigação do potencial de reatividade dos agregados, bem como da capacidade de mitigação da reação, através do emprego de cimentos pozolânicos, de escória de alto forno e adições minerais (metacaulim e sílica ativa) disponíveis na região. O trabalho sobre reatividade potencial dos agregados da RMR foi apresentado no último 48° Congresso do IBRACON, no Rio de Janeiro, e a capacidade de mitigação dos cimentos e adições da Região será apresentado no 49° Congresso, a ser realizado neste ano no Rio Grande do Sul.

Até o momento, o diagnóstico da reação álcali-agregado em estruturas convencionais no Brasil tem sido realizado de modo bastante isolado, dificultando a sensibilização do problema e impedindo a conscientização e a mobilização da engenharia para o aprofundamento do conhecimento e as implicações do fenômeno nestas estruturas.

O trabalho de investigação comprovou o que no campo já tinha sido detectado: a existência de agregados potencialmente reativos. A partir desta constatação, o SINDUSCON-PE e o meio técnico local têm trabalhado para conscientizar o mercado da necessidade de se utilizar ações profiláticas, como o uso de cimentos e adições pozolânicas capazes de mitigar a reação, principalmente, nos ambientes

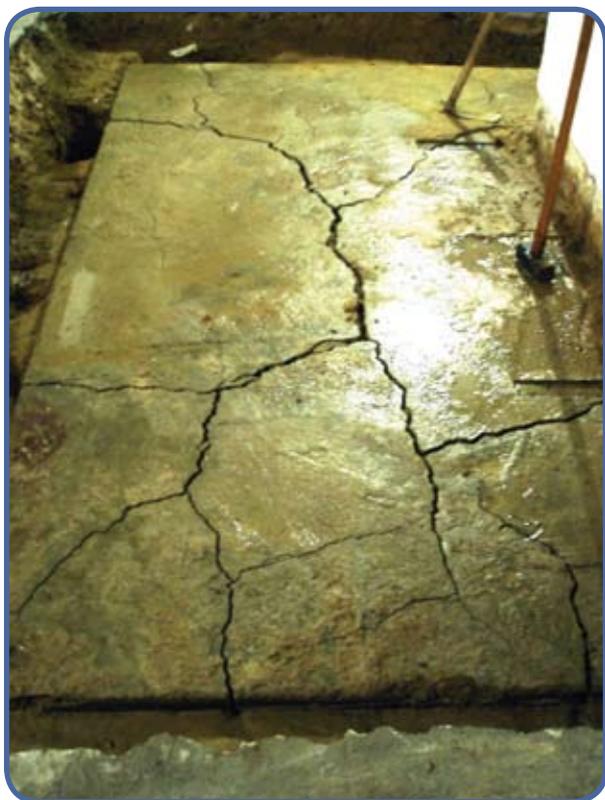
com presença de água, que são mais propícios para o surgimento da RAA.



Figura 6 – Bloco de fundação com a vida-útil já comprometida pela RAA

### Recuperação de estruturas deterioradas pela RAA

Para os casos já diagnosticados, ainda não existe uma solução definitiva para a intervenção de proteção e reforço de estruturas deterio-



**Figura 7** – Bloco de fundação severamente atacado pela RAA

radas pela RAA, pois ainda não é possível determinar todo o potencial e o período de expansão.

No caso da Região Metropolitana do Recife, as soluções que estão sendo adotadas são o encapsulamento dos elementos com concreto armado ou concreto protendido, procurando-se proteger as peças da umidade, quando possível.

A injeção de resina epóxi ou microcimentos nas fissuras, bem como a aplicação de hidrofugantes na superfície das peças deterioradas são algumas ações que também estão sendo tomadas. Entretanto,

a eficácia destes procedimentos é de difícil avaliação, tendo em vista o caráter de longo prazo da RAA, que, na maioria dos casos, pode levar muitas décadas até que atinja todo o seu potencial. Para qualquer solução adotada, o monitoramento é imprescindível, sendo muitas vezes de difícil execução em se tratando de edifícios residenciais ou comerciais, que geralmente possuem difícil acesso e liberação às estruturas danificadas.

### Utilização de pozolana no combate à RAA

Originalmente, o termo pozolana era associado a cinzas vulcânicas formadas naturalmente e a alguns tipos de solo calcinado, que reagem com o hidróxido de cálcio na temperatura ambiente e na presença de água. Atualmente, o termo tem sido usado de forma mais ampla, abrangendo todo material silico/aluminoso, que em forma finamente dividida e na presença da água, reage quimicamente com o hidróxido de cálcio para formar compostos com propriedades cimentícias. Este tipo de definição inclui as cinzas volantes, cinza de casca de arroz, sílica ativa, metacaulim, entre outros [1].

Basicamente, a pozolana promove reações químicas com os íons  $\text{OH}^-$  gerados na hidratação do clínquer, formando C-S-H (silicato de cálcio hidratado) e outros compostos responsáveis pela resistência mecânica da pasta endurecida. O uso de material pozolânico resulta em vantagens do ponto de vista tecnológico, tais como o aumento da durabilidade e da resistência mecânica do concreto

No Brasil, o uso de pozolanas na fabricação do concreto teve seu início por volta da década de 1960, quando a Usina Hidrelétrica Engenheiro Souza Dias, mais conhecida como 'Jupiá', optou pela argila calcinada para o combate da RAA, aproveitando as jazidas deste mineral existentes nas proximidades da obra.

Desde então, a durabilidade do concreto tem sido cada vez mais discutida e considerada na concepção dos projetos. A maior redução de custo do concreto da obra pode estar na obtenção de estruturas que diminuam ou eliminem a necessidade de manutenção ou recuperação em um determinado período. Entretanto, esta noção ainda parece ser motivo de descrença para muitos engenheiros e empreendedores, que geralmente tendem a se preocupar com a redução de custo em curto prazo, sem levar



**Figura 8** – Usina Hidrelétrica Capim Branco – Uberlândia (MG) – Utilização do metacaulim no combate da RAA

**Tabela 1 – Composição dos materiais empregados para o estudo da RAA**

Aglomerante		Vidro Pyrex (g)	Água* (g)	Espalhamento médio (mm)
Cimento (g)	Adição (g)			
400	0	900	207	214
360	40 (metacaulim)	900	210	203
360	40 (sílica ativa)	900	210	205

\*Quantidade de água necessária para obter índice de consistência de argamassa de 100 a 115%, de acordo com o estabelecido pelo método ASTM C 441-02a [3].

em conta a vida-útil total da obra, que essencialmente está ligada à qualidade e funcionalidade de suas estruturas.

Mais recentemente, grandes empreendimentos tais como a Usina Hidrelétrica Capim Branco I e II (Figura 8), próximos à Uberlândia (MG) e a Barragem João Leite, próxima a Goiânia (GO) utilizaram o metacaulim para garantir a qualidade do concreto em diversos aspectos, principalmente frente à RAA.

Mais uma vez, vale ressaltar que a prevenção da RAA não deveria ser considerada somente em empreendimentos deste nível, mas também em obras de pequenos e médios portes, onde o concreto esteja submetido a condições já previamente citadas neste artigo, principalmente em ambientes com alto teor de umidade, como é o caso das fundações. Uma vez instalada, a evolução da RAA é imprevisível, e quase sempre constante e inevitável, podendo causar a deterioração total do concreto.

## Estudos experimentais

A seguir, são apresentados dois estudos para ilustrar o desempenho de materiais pozolânicos na prevenção da reação álcali agregado:

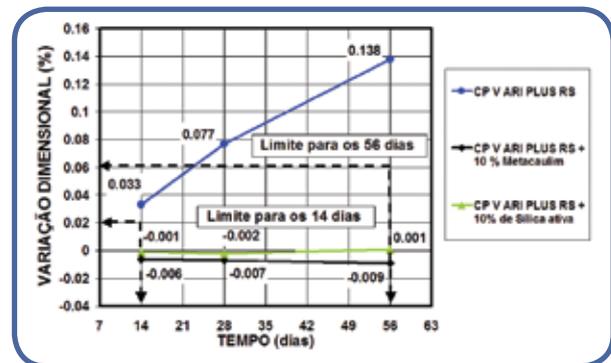
### Estudo 1

Neste estudo, o ensaio para a avaliação da capacidade de mitigação da reação álcali-agregado foi conduzido de acordo com a metodologia preconizada pela ASTM C 441-02a [3]. Esta norma é específica para a determinação da eficiência de adições minerais na prevenção da expansão excessiva causada pela reação entre os álcalis do cimento Portland e a sílica dos agregados efetivamente reativos. O procedimento consistiu em compor três aglomerantes: cimento CPV ARI PLUS RS puro (equivalente alcalino = 0,78 %), o mesmo cimento com 10% de substituição por metacaulim e um outro onde o mesmo cimento foi substituído por 10% de sílica ativa, como se pode observar na Tabela . Com estes aglome-

rantes, confeccionaram-se corpos-de-prova de argamassa para medida de variação dimensional utilizando como agregado miúdo o vidro pyrex moído, que é um material muito susceptível à RAA. Feito isto, processaram-se as medidas de variação dimensional dos corpos-de-prova nas idades de 14, 28 e 56 dias, como recomendado na ASTM C441-02a [3].

A ASTM C 595-03 [4] especifica que os cimentos adequados para utilização com agregados reativos são aqueles cuja expansão da argamassa no ensaio segundo ASTM C 441-02a [3] apresente valores máximos de 0,02% aos 14 dias e 0,06% aos 56 dias. A Figura 9 apresenta a evolução da variação dimensional das barras de argamassa com o tempo de cura neste tipo de ensaio.

Com base nos resultados apresentados, ficou clara a capacidade de mitigação da reação álcali-agregado que o metacaulim ou a sílica ativa oferecem, já que o cimento CPV ARI PLUS RS, com grande potencial de reação álcali-agregado, acabou se tornando um aglomerante apto para emprego em concretos com agregados altamente reativos, quando utilizado juntamente com uma das duas pozolanas, mesmo que em percentual de substituição relativamente baixo (10%) se comparado ao de outras pozolanas que, para oferecerem desempenho similar, normalmente devem ser utilizadas em percentual de substituição muito maior.



**Figura 9 – Curva de variação dimensional dos corpos-de-prova ao longo do tempo (10% de substituição do cimento pela pozolana)**

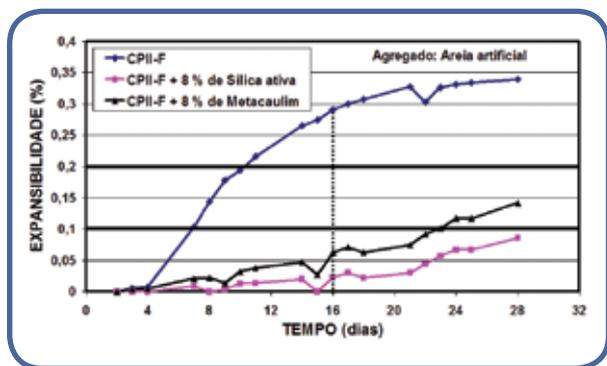


Figura 10 – Comparação da expansão ao longo do tempo para argamassa com cimento CII-F (referência), CII-F + 8% de sílica ativa e CII-F + 8% de metacaulim

## Estudo 2

Neste estudo, o objetivo foi fazer uma verificação da potencialidade do metacaulim no que diz respeito à mitigação da ocorrência da RAA usando o procedimento ASTM C1260-05 [5]. Os materiais utilizados neste estudo foram areia artificial (reconhecidamente reativa com álcalis), cimento CII F-32 (equivalente alcalino = 0,67%), metacaulim e sílica ativa.

A Figura 10 apresenta uma comparação da redução da expansibilidade ocasionada tanto pela substituição do cimento por 8% de metacaulim ou sílica ativa, com o traço de referência (sem pozolana). Verifica-se que todas as duas adições apresentaram capacidade de reduzir a expansibilidade ao ponto de serem classificadas pela ASTM C 1260-05 [5] como de baixo risco de ocorrência de RAA, mesmo com o emprego de agregado reativo.

## Conclusão

É fundamental que a investigação sobre a ocorrência de RAA seja inserida no plano de inspeção de estruturas residenciais e outras edificações além

das barragens, já que existem casos comprovados de ocorrência deste tipo de ataque em fundações de obras residenciais (só na região metropolitana do Recife: mais de 35 casos desde 2005), pontes, viadutos, entre outros.

A ocorrência de RAA precisa ser evitada ao máximo em novas obras, uma vez que ainda não existe uma solução definitiva para este tipo de problema. Todas as soluções usadas até o momento apresentam futuro incerto, necessitando de um monitoramento constante para a verificação de sua eficácia. Um dos pontos que causa esta incerteza é o fato de ainda não ser possível determinar todo o potencial e o período de expansão pela RAA.

Tanto o Estudo 1 como o Estudo 2 atestaram a capacidade do metacaulim ou da sílica ativa em reduzir a expansão do concreto causada pela RAA. Isto se deve em parte à redução da relação  $OH^- /$  (sílica reativa) devido à reação pozolânica e, por outro lado, ao efeito da distribuição de tensões ocasionada pela alta finura e reatividade da pozolana. Este último efeito é devido ao fato de tanto a sílica ativa como o metacaulim serem duas adições formadas principalmente por materiais finamente moídos e de alta reatividade com hidróxidos. Desse modo, ainda que a RAA ocorra, ela vai se concentrar na pozolana, cujas partículas são muito menores e mais reativas, fazendo com que as tensões desenvolvidas sejam melhores distribuídas no concreto, evitando assim o surgimento de fissuras. Mesmo quando foi empregado um agregado altamente reativo (vidro pyrex, Estudo 1) e um cimento muito susceptível a ocorrência da reação álcali-agregado (com equivalente alcalino igual a 0,78%), 10% de adição de metacaulim ou de sílica ativa foi suficiente para mitigar a reação álcali-sílica.

Enfim, pode-se concluir que a utilização da proporção correta de pozolanas reconhecidamente eficazes na fabricação do concreto tem grande contribuição na mitigação da RAA, reduzindo as expansões do concreto para níveis seguros e garantindo assim maior durabilidade, segurança e economia para as obras.

### Referências Bibliográficas

- [1] SABIR, B. B.; WILD, S.; BAI, J. Metakaolin and calcined clays as pozzolans for concrete: a review. *Cement & Concrete Composites*, 23, 2001, pp 441-454.
- [2] HOBBS, D. W. *Alkali-silica reaction in concrete*. London: Thomas Telford Ltd, 1988.
- [3] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Effectiveness of Pozzolans or Ground Blast-Furnace Slag in Preventing Excessive Expansion of Concrete Due to the Alkali-Silica Reaction. – ASTM C441-02a, USA, 2002.
- [4] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Specification for blended hydraulic cements. – ASTM C595-03, USA, 2005.
- [5] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Aggregates (Mortar-Bar Method). – ASTM C1260-05, USA, 2005. ◆

# Engemix inova no Controle de Qualidade: etiquetas de identificação com códigos de barra

Carine Hartmann e Carlos Eduardo X. Regattieri  
Engemix – Votorantim Cimentos

A qualidade da moldagem e os cuidados com os corpos-de-prova são fundamentais para impedir anomalias, que resultem em falsos resultados, com sérios riscos para a segurança das obras. E segurança e transparência são valores fortes do Grupo Votorantim.

As normas brasileiras vigentes especificam que a moldagem de corpos-de-prova seja realizada no local do lançamento do concreto, e que o período máximo entre a amostragem e a moldagem não ultrapasse 15 minutos, para evitar perda de água do traço (secagem) e manter ao máximo as características do concreto.

Em seguida, as fôrmas recém-moldadas deverão ficar próximas ao local de moldagem, sendo deixadas no canteiro de obras para serem coletadas posteriormente, em no máximo 48 horas após a moldagem.

Uma etapa importante deste processo é a identificação dos corpos-de-prova. Cada corpo-de-prova precisa ser corretamente identificado, para permitir o recolhimento do mesmo nos prazos definidos, recebimento e análise nos laboratórios, armazenagem para cura e o ensaio propriamente dito.

A identificação destes corpos-de-prova é comumente realizada através uma etiqueta de papel, colocada no fundo da fôrma antes da concretagem ou no topo do corpo-de-prova após a concretagem, aliada a um ficha para registros. Essas tradicionais etiquetas de papel, cujos dados são preenchidos à mão, com grande frequência comprometem o acabamento dos mesmos. Além disso, a rastreabilidade destes corpos-de-prova fica dependente de uma ficha para registro dos dados da moldagem preenchida pelos



motoristas (responsáveis pela moldagem de corpos-de-prova no canteiro de obras), o que também é uma fonte de erros em potencial, sendo comum o recolhimento de corpos-de-prova sem etiqueta ou com ela danificada, o que impossibilita a leitura das informações daquele concreto.

Buscando aprimorar seu processo, a equipe de Tecnologia da Engemix, negócio da Votorantim Cimentos, implantou uma solução diferenciada e que elimina as fontes potenciais acima. As etiquetas

de papel foram substituídas por etiquetas especiais, feitas com material mais nobre, contendo numeração seqüencial, incluindo códigos de barras, em 100% das suas filiais. Essas novas etiquetas, além de fácil aplicação, possibilitam a identificação simples, rápida e eficiente dos corpos-de-prova moldados e ainda o completo e seguro rastreamento dos mesmos. O uso de códigos de barras permite a leitura através de leitores óticos, o que confere maior agilidade e segurança ao processo.

Para a rastreabilidade das etiquetas, o sistema usado na pesagem automática informa ao balanceteiro a seqüência das etiquetas a serem entregues ao motorista juntamente com as notas remessas que acompanham todas cargas. Cada motorista recebe 4 (quatro) etiquetas (para ensaio de resistência à compressão axial aos 7 e 28 dias). O sistema foi desenvolvido para realizar moldagens dentro de parâmetros previamente definidos.

A numeração da etiqueta (seqüencial) fica automaticamente associada ao número da nota remessa, que por sua vez contém todas as informações do



traço empregado,  $f_{ck}$ , informações da peça moldada, localização da obra e etc.

O software empregado para informar ao balanceiro a necessidade de moldagem, envia todas as informações ao sistema usado pelo Departamento de Tecnologia. O conceito desenvolvido foi além das etiquetas, e se aproveita delas para mudar todo o processo.

Para coleta dos corpos-de-prova, é emitido diariamente um relatório contendo os dados necessários (endereço, quantidade, numeração e etc.). A chegar aos laboratórios, cada corpo-de-prova é objeto de análise visual, visando avaliar a qualidade dos mesmos. Os corpos-de-prova são classificados em Normais, Anômalos e Recusados, sendo que os corpos-de-prova recusados são aqueles que apresentam defeitos graves e não poderão ser ensaiados (topo deformado, excesso de bicheira, entre outros), ou que foram recolhidos em prazo superior a 7 dias após a moldagem. Corpos-de-prova anômalos são aqueles com pequenos defeitos de concretagem ou que chegaram na filial após 48 horas de moldagem, até 7 dias. Corpos-de-prova recusados são regularmente apresentados aos motoristas visando aumentar o nível de conscientização para a importância de uma moldagem correta.

Como todos os dados ficam registrados nos sistemas, periodicamente são emitidos relatórios, onde podem ser levantadas as principais causas

tanto de recusa quanto de corpos-de-prova com anomalias. Estes dados permitem que sejam tomadas ações precisas para aprimoramento do processo.

O sistema automaticamente seleciona para ruptura aos 28 dias os corpos-de-prova classificados como normais.

Após o recebimento, os corpos-de-prova são colocados em cura até a data do ensaio. O sistema foi desenvolvido para transmitir os dados do ensaio de rompimento diretamente da prensa para o computador, sem qualquer interferência do laboratorista responsável pelo ensaio. Isto é considerado chave para atendimento tanto para maior confiabilidade de nossos clientes quanto para atendimento às diretrizes de conduta ética

e transparência do Grupo Votorantim.

Como nossos sistemas estão integrados através de metaframe, esses dados podem ser acessados on-line por qualquer colaborador, através da Intranet da Votorantim Cimentos, e futuramente pelos clientes através do site da empresa ([www.engemix.com.br](http://www.engemix.com.br)).

A Engemix desta forma acompanha as profundas transformações ocorridas nos últimos anos na construção civil e oferece aos seus clientes a certeza de contar com um parceiro que prima pela excelência de seus serviços e total transparência de seus processos. É o jeito de ser Votorantim chegando em cada obra. ♦



Rompimento do corpo-de-prova, os dados são transmitidos da prensa para o computador.

## Redução de perdas de concreto na execução de superestruturas

Marcelo José F. Silva  
Jorge Batlouni Neto  
Tecnum Construtora



A perda de materiais é tema de audiência garantida nos debates que se fazem na construção civil. Houve o tempo em que se alardeavam comparativos sem respaldo técnico rigoroso, talvez com a intenção única de depreciar o setor com o estigma da precariedade e da ineficiência. Entretanto, diversos pesquisadores (dentre os quais Ubiraci E. L. Sousa e Vahan Agopyan, ambos da EPUSP) se dedicaram a diagnosticar o nível de perdas atingido em inúmeras obras estudadas, chegando a indicadores eficientes para cada caso, acabando assim com as estimativas grosseiras.

Dentre os materiais empregados na construção de edifícios, o concreto é um elemento que merece atenção especial, em razão do elevado valor que representa nos orçamentos das obras, da ordem de 4%.

Alguns anos atrás, era comum ouvir-se no meio técnico que as perdas de concreto eram da ordem de 10% em volume. As próprias concreteiras alertavam as construtoras quanto à necessidade de se considerar esta perda no volume que estava sendo programado para entrega.

Na aplicação do concreto, as principais perdas verificadas não são decorrência de um único aspecto, podendo ocorrer por diversas razões: perdas no transporte, perdas no lançamento, perdas incorporadas, etc.

As perdas no transporte englobam, dentre outras coisas: perdas no trajeto entre a usina e a obra, impossibilidade de se descarregar todo o concreto contido nas betoneiras (parte fica aderida às paredes internas dos balões), perdas devido às porções derramadas ou que ficam aderidas às jericas e que não conseguem ser aproveitadas.

As perdas no lançamento ocorrem no local de aplicação, por exemplo, nas tubulações e equipamentos de bombeamento. Estes recipientes abarcam um volume considerável de concreto para que tenham pleno funcionamento. As tubulações são preenchidas com volumes de concreto, tanto maiores quanto maior for seu comprimento total. Ao final de uma concretagem, quando há condições, procura-se fazer proveito do concreto excedente, aplicando-o na própria obra.

As perdas incorporadas referem-se ao concreto que fica aderido à estrutura e que é excedente ao recipiente teórico das fôrmas. Isto devido à deformação, ao desalinhamento ou ao desaprumo das fôrmas. Nessa perda, a gestão da obra pode e deve interferir ativamente para melhorar os indicadores.

Atualmente, para as construtoras e concretoras com bom sistema de gestão implementado, as perdas na produção de superestruturas de concreto armado têm diminuído. Os sistemas de gestão, atuantes nas práticas diárias das construtoras, garantem níveis de qualidade satisfatórios nos serviços executados, podendo-se hoje dar atenção a outros aspectos ligados à produção ainda não tratados de forma eficiente até então.

A Tecnum Construtora adota desde 2003 o acompanhamento sistemático das perdas de concreto das estruturas que produz. Os indicadores atingidos são compartilhados com os gestores das obras e com a diretoria da empresa de modo a tornar evidente a todos os envolvidos os resultados obtidos. Além disso, é uma fonte para a retroalimentação em outras interfaces, como por exemplo na elaboração de novos orçamentos.

O acompanhamento sistemático das perdas é feito pavimento por pavimento. Inicialmente, nos primeiros pavimentos, visa orientar o engenheiro residente da obra para que as perdas obtidas no

canteiro se mantenham dentro do previsto no orçamento ou até que sejam reduzidas. Para tanto, esse engenheiro deve entender como os levantamentos são feitos, ou seja, a sistemática dos levantamentos teóricos, com base nos projetos, e também no canteiro de obras. Ainda na fase inicial, são identificadas tendências de desvio que possam comprometer o resultado final da obra, permitindo, o quanto antes, atuar na solução de problemas.

Os engenheiros, gestores dos processos na obra, passam a buscar, no dia-a-dia do canteiro, formas de reduzir as perdas obtidas, tirando proveito da repetitividade dos processos, que leva à eficiência, principalmente nos pavimentos-tipo, nos quais, a cada ciclo, reduzem-se ao mínimo as perdas de concreto.

### Como são medidas as perdas

Para medir as perdas de concreto são utilizados alguns critérios: adota-se o conceito de perdas líquidas (oposto ao conceito de perda bruta), subtraindo-se dos volumes teóricos de projeto os volumes ocupados pelos embutidos do concreto (eletrodutos e armaduras), utilizando-se para isso coeficientes redutores do volume teórico. As perdas líquidas são analisadas em duas vertentes: perdas líquidas cíclicas e perdas líquidas cumulativas. Na Tabela 1 é apresentado um exemplo do cálculo que é feito.

A perda líquida cíclica representa a perda de concreto que ocorre em cada ciclo, ou seja, em cada andar produzido do edifício. Pode-se fazer para este conceito uma analogia: trata-se da 'fotografia' da perda de cada pavimento.

A perda líquida cumulativa é o resultado acumulado de todas as perdas de concreto ocorridas até então, o que leva em conta tanto resultados

**Tabela 1– Cálculo (parcial) de perdas de concreto em estruturas reticuladas de um edifício, feito a partir da comparação dos volumes teórico líquido e real aplicado**

Pavimento	Volume Teórico de Projeto [m³] (1)	Volume Teórico Líquido [m³] (2)	Volume Real Aplicado [m³] (3)	Perda Líquida Cíclica [%]	Perda Líquida Cumulativa [%]
8º PAV	86,16	84,90	89,50	5,4%	5,4%
9º PAV	86,16	84,90	87,32	2,8%	4,1%
10º PAV	86,16	84,90	88,00	3,6%	4,0%
11º PAV	86,16	84,90	88,00	3,6%	3,9%
12º PAV	86,16	84,90	87,50	3,1%	3,7%
13º PAV	86,16	84,90	86,27	1,6%	3,4%
14º PAV	86,16	84,90	86,27	1,6%	3,1%
15º PAV	85,82	84,57	87,86	3,9%	3,2%
16º PAV	64,97	64,03	65,19	1,8%	3,1%
17º PAV	83,76	82,54	87,17	5,6%	3,3%
18º PAV	67,14	66,17	67,50	2,0%	3,2%

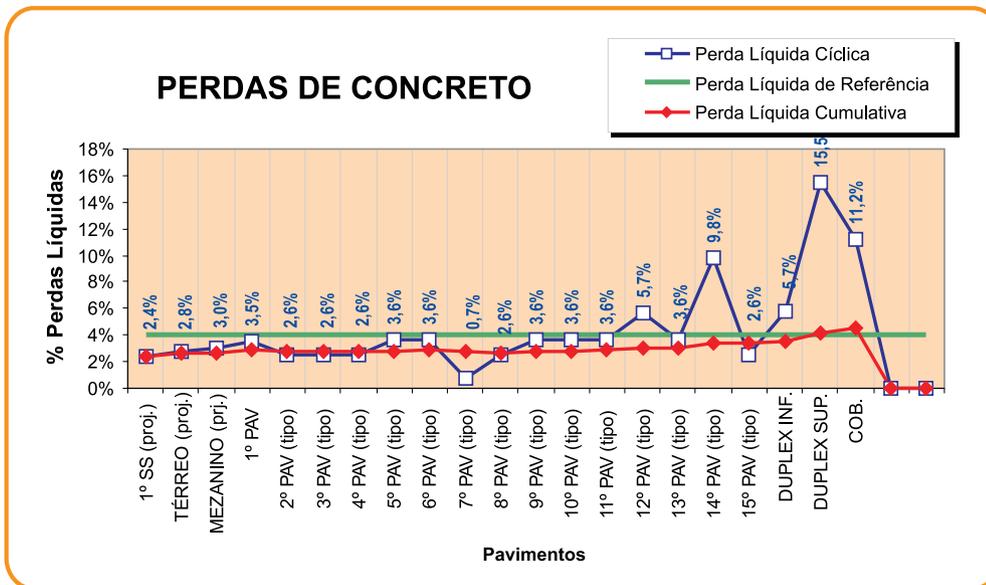


Figura 1 – Apresentação gráfica de resultados de perda de concreto em edifício residencial em estrutura de concreto reticulada

bons quanto resultados ruins de perda. É esta perda que deve ser comparada com a perda prevista no orçamento de cada obra. A informação que pode ser apreendida, facilitada pela visualização em um gráfico, é a da tendência do valor final da perda, já que sua variação é consideravelmente menor que a da perda líquida cíclica, como pode ser visto na Figura 1 que apresenta, como exemplo, resultados de outra obra.

No histórico recente da empresa, entre 2004 e 2006, é possível relacionar a série de resultados de perdas de concreto de constantes na Tabela 2. Os indicadores são satisfatórios quando confrontados com a faixa de variação do consumo unitário de concreto verificada por SOUZA (2005), com limite inferior de 1%, limite superior de 33% e mediana de 9%.

### Considerações Finais

Atualmente, diante da ampla gestão que faz de seus processos construtivos, a Tecnum

concreto do retorno da tubulação e do cocho das bombas, recolhendo-o em jericas; levantamento/conferência do volume teórico pelos gestores das obras, a fim de se ter recurso para pleitear junto às concreteiras eventuais erros nos volumes fornecidos.

Algumas concreteiras da cidade de São Paulo têm passado por importantes modernizações conseguidas com investimentos na aquisição de novos equipamentos e na implantação de novas práticas de gestão.

Mesmo com este panorama, não é raro presenciar nos canteiros diferenças sensíveis nos volumes fornecidos – mais facilmente identificadas quando se está trabalhando em pavimentos-tipo, devido a sua repetição – e quando se controla a perda com um método sistemático e eficiente. Com a comprovação da espessura correta do concreto nas lajes concretadas, que pode ser obtida por meio de furos, as construtoras podem pleitear, junto às concreteiras, o ressarcimento dos volumes faltantes. Esta situação confirma a importância do acompanhamento sistemático das perdas de concreto para evitar que as construtoras tenham prejuízos.

Tabela 2 – Perdas obtidas em obras da Tecnum entre 2004 e 2006

Obra	Número de pavimentos acompanhados	Perda Líquida Cumulativa
Obra A – Torre 1	30	2,30%
Obra A – Torre 2	30	2,60%
Obra B	21	3,60%
Obra C	21	4,50%
Obra D	19	4,80%

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- SOUZA, U.E.L. Como reduzir perdas nos canteiros: Manual da Gestão do Consumo de Materiais na Construção Civil. São Paulo, PINI, 2005. ◆

## A educação da Engenharia no século XXI

Antonio Carlos Reis Laranjeiras  
Universidade Federal da Bahia

### 1. Introdução

As radicais transformações tecnológicas, econômicas, sociais, políticas, culturais, éticas, que fazem a realidade do século XXI, têm grandes implicações na Educação Superior, particularmente no ensino da Engenharia. O objetivo deste documento é o de destacar os novos rumos e paradigmas que se impõem ao ensino da Engenharia nesse novo cenário do mundo contemporâneo.

O assunto será desenvolvido nas seguintes partes principais: (i) o desafio das instituições públicas de ensino de Engenharia; (ii) implicações nas relações Academia e mercado de trabalho da Engenharia; (iii) implicações no ensino da Engenharia; (iv) conclusões.

### 2. O desafio das instituições públicas

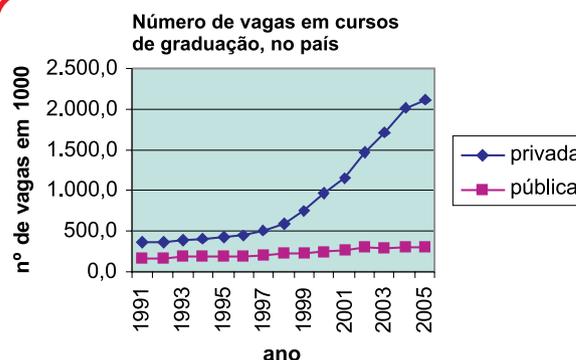
Em decorrência das novas facilidades de comunicação, o Estado vem reduzindo, progressivamente, suas intervenções nas esferas sociais e econômicas, transferindo-as para a iniciativa privada ou partilhando-as com esta – o neoliberalismo. A redução da participação do Estado em infra-estrutura, geração de energia e, extensivamente, na educação superior é um fenômeno atual, em escala mundial.

Essa subtração do Estado às suas responsabilidades na Educação Superior dá-se em duas vertentes:

- ◆ a) uma vertente interna: limitando a expansão das Universidades públicas; reduzindo a transferência de recursos financeiros, ao tempo em que as pressiona para captação de recursos junto a fundos de financiamento, junto às indústrias e ao mercado; e cobrança de mensalidades dos estudantes com condição financeira para assumi-las;
- ◆ b) uma vertente externa: descentralizando a educação superior ao transferir para a iniciativa privada as tarefas da educação superior, pela flexibilização das leis e exigências correlatas.

Essas duas vertentes de ação governamental em nosso país podem ser constatadas no gráfico da figura 1, representativo das séries históricas da expansão de

Figura 1 – Expansão de vagas na graduação



Fonte: SINAES

vagas nos cursos de graduação em Instituições de Ensino Superior (IES) do país, no intervalo entre 1991 e 2006.

Observa-se, pelos dados representados (Figura 1), que, no período, há uma acentuada expansão de vagas nas instituições privadas em contraste com o congelamento de vagas nas instituições públicas. Nos últimos 15 anos, as instituições privadas, em todo o país, tiveram uma expansão na oferta de vagas de cerca de 500% contra apenas 92% das instituições públicas. Existem ainda cerca de 300 instituições privadas à espera de aprovação pelo Ministério da Educação para ingressar nesse mercado, que movimenta R\$15 bilhões por ano.

A expansão acentuou-se nas instituições privadas a partir de 1997, com a flexibilização das exigências legais pela nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação, de dezembro de 1996. A nova Lei extingue os Currículos mínimos e amplia a autonomia das instituições privadas na criação de cursos de nível superior.

Se as Universidades públicas são compelidas pelo próprio Governo a buscarem seus financiamentos em Fundos de Pesquisa e em outras fontes externas, sendo assim obrigadas a competir, nesse mercado, com as instituições privadas, é indispensável que assumam a autonomia administrativa e financeira, que já lhes é assegurada pelo artigo 207 da Constituição de 1988, mas até hoje à espera de sua regulamentação em lei própria.

Pode-se com razão argumentar que as Universidades públicas sempre foram estimuladas a buscar receitas complementares externas, mas nunca como agora, quando sua qualidade, eficiência e sustentabilidade passam a ser avaliadas pelos mesmos critérios das corporações privadas e com elas - que já detêm 85% da população estudantil universitária - têm de competir diretamente. Não se trata mais de renunciar aos seus compromissos sociais, mas sim, a meu ver, de sobreviver para conseguir cumprir sua missão.

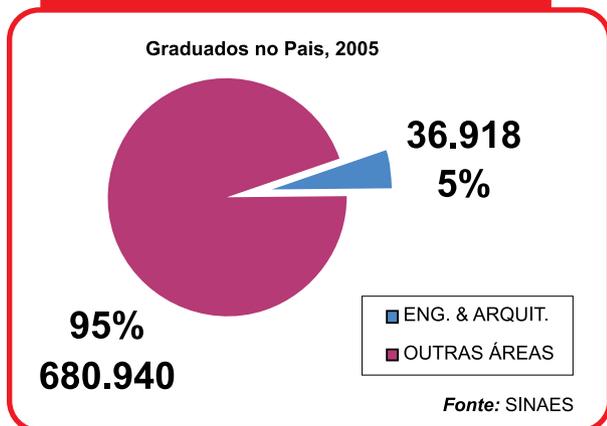
### 3. As relações academia x mercado de trabalho

A partir da década de 80, a posse do diploma de Engenheiro deixou de ser garantia de emprego, pela falta de investimentos públicos e recesso econômico. O desemprego passou a atingir não apenas os recém-formados, mas também engenheiros experientes, que, na falta de oportunidades, abandonaram a carreira para abraçar outras atividades, estranhas à profissão. Por outro lado, a essa altura, há mais engenheiros aposentando-se do que se formando, com o que mais se agrava esse índice de desemprego.

Essa situação tem conseqüências negativas no ensino da Engenharia. A profissão perdeu seus atrativos junto aos jovens e, com isso, reduziram-se as ofertas e a demanda por vagas na Engenharia Civil. Por outro lado, a preferência corrente da Universidade pela contratação de "Professores Substitutos", por curto prazo, impede a carreira docente, desestimula a atividade do magistério e favorece o imobilismo acadêmico e pedagógico.

Segundo dados do INEP (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais), representados na figura 2, o total de diplomados no país, em todas as áreas da Engenharia, corresponde a apenas 5% do total de concluintes, no ano de 2005. Esse percentual é inferior a 1%, na área da Engenharia Civil. Para cada Engenheiro Civil, graduam-se em nosso país, atualmente, 18 Administradores.

Figura 2 – Concluintes na graduação



Acontece, no entanto, que a demanda de Engenheiros no mercado de trabalho voltou a crescer, a partir de 2001, em parte pelos investimentos privados em obras públicas, decorrentes do próprio neoliberalismo.

No cenário pós-moderno atual, essa crescente demanda nos últimos seis anos não conseguiu alterar os índices de desemprego dos engenheiros civis. As empresas de construção e as de recrutamento de pessoal alegam que os engenheiros disponíveis no mercado, principalmente os recém-formados, não preenchem os requisitos exigidos pelo mercado.

Realmente, os requisitos hoje exigidos pelo mercado não são mais os mesmos de antes, mas sim os decorrentes da reestruturação do sistema produtivo, promovida pela nova ordem mundial do liberalismo, crescente globalização da economia e amplas possibilidades oferecidas pelas tecnologias da informação e comunicação.

A realidade das empresas é outra em razão do grande aumento da competitividade entre elas na disputa de mercados, que antes eram protegidos e isolados, e a conseqüente diminuição de barreiras físicas, econômicas, culturais e políticas. Nesse contexto de alta competitividade, as empresas necessitam tornar-se ágeis e capacitadas em recursos humanos.

Esses recursos humanos, especialmente os engenheiros, necessitam, por sua vez, desenvolver novas habilidades e competências, muitas das quais ligadas à flexibilização, à polivalência, à pluralidade, aos trabalhos em grupo, ao acesso às informações, ao bom desempenho global, e não apenas a conhecimentos em uma dada especialidade. Isso significa dizer que o engenheiro civil não deve ser mais apenas um técnico de engenharia civil, mas necessita estar apto para conduzir negócios, ter visão administrativa, conhecimento de recursos humanos e entender de finanças.

As empresas hoje querem ter os engenheiros que produzam lucro desde o primeiro dia de trabalho. Pretendem que eles entendam, ao mesmo tempo, de técnica, de negócios, de finanças e de relações públicas para entendimento direto com os clientes. As empresas são hoje descentralizadas, como convém à pós-modernidade; cada projeto ou cada obra é mais um novo negócio, com administração autônoma, com metas e resultados predefinidos, tudo a cargo do Engenheiro.

A Engenharia deixou de ser aquele sistema único da Física Aplicada, da utilização do conhecimento científico e tecnológico para o bem comum, para se fragmentar, se pluralizar – características pós-modernas – em diversos subsistemas, todos com suas regras e linguagens próprias: projeto, execução, computação, pesquisa, negócios, comércio, planejamento, liderança, relações humanas, comunicação, acesso à informação e outros mais. Assim como a música que, no início do modernismo, não sendo religiosa era profana, mas hoje é clássica, minimalista, mpb, rock, jazz, samba, axé, frevo, hip-hop, funk, etc.

Não só as empresas têm novas expectativas. A Sociedade também tem. Se a Engenharia lhe diz que opera com incertezas e riscos e que a Sociedade

tem de aprender a conviver com essa realidade, sua expectativa passa a ser a de que a Engenharia e os engenheiros saibam lidar com esses riscos e minimizar seus respectivos danos. As responsabilidades sociais da Engenharia e do Engenheiro vão além dos resultados imediatos e se prolongam por suas conseqüências futuras.

A Sociedade esclarecida espera que a Engenharia seja responsável e seja sustentável. Seja responsável pela garantia de que os riscos impostos são aceitáveis, seja responsável pelas interferências de suas realizações com outros interesses da Sociedade, tais como seu bem-estar, sua cultura e sua estética, e que, por fim, seja sustentável, isto é, realize suas obras sem prejuízo do patrimônio ambiental que servirá ao uso das próximas gerações.

Conseqüentemente, com relação ao Engenheiro, a Sociedade espera que ele não se limite, como antes, à competência técnica, mas que saiba também interagir transversalmente em benefício dos seus demais interesses afetados. Para a Sociedade, o Engenheiro não será mais o técnico, mas sim o agente interdisciplinar, consciente e responsável por todas as transformações que seu trabalho produz.

#### 4. Implicações no ensino da engenharia

As novas exigências de capacitação dos recursos humanos para o sistema produtivo, associadas às novas expectativas da Sociedade em relação aos engenheiros, representam pressões diretas por mudanças radicais na Educação do Engenheiro. Essa nova abordagem da Educação da Engenharia implica a necessidade de uma nova pedagogia e a readequação dos papéis dos atores envolvidos: professores e alunos.

As Universidades públicas são, ainda hoje, instituições tradicionais, ao assumirem o papel de depositárias do conhecimento científico. A idéia já obsoleta da Universidade é a de uma instituição que tem a responsabilidade de entregar o profissional pronto para o mercado. Nessa lógica, quanto mais informação especializada o aluno obtiver, mais bem formado ele sai da Universidade. A verticalização dos currículos é uma evidência dessa realidade.

No cenário atual, ao contrário, os problemas profissionais da Engenharia não se apresentam como problemas meramente técnicos mas sim multifacetados, como já discutimos antes, em aspectos técnicos, econômicos, humanos, administrativos, culturais, ambientais e éticos.

Esse caráter holístico e multidisciplinar de nossa profissão, no mundo contemporâneo, aponta para a necessidade de inverter-se a lógica pedagógica universitária, a qual pressupõe que a prática é uma decorrência da teoria. Na Academia, primeiro ensina-se o conhecimento científico e, depois, em decorrência desse, a formação profissional. Na complexidade interdisciplinar do mundo contemporâneo, a lógica adequada é que a prática, representada no

projeto, no estudo de caso, em vez de ser decorrência da teoria seja, ao contrário, o ponto de partida para os questionamentos, para as dúvidas que motivam a aprendizagem, para a busca e a redescoberta do saber e dos comportamentos próprios, para a reconstrução do conhecimento em bases aleatórias, próprias dos casos reais, e não aquelas das certezas científicas.

Não há mais espaço, nem justificativas, para extensa formação teórica no cenário contemporâneo. Não que o ensino teórico seja dispensável, pois educar um Engenheiro não é a mesma coisa que ensinar a jogar futebol ou a nadar, onde a prática e o talento esportivos repondem por quase 100% do sucesso profissional. Mas as ciências não oferecem mais a certeza que se supunha, nem fornecem soluções exatas para os fenômenos tratados na Engenharia, que são de natureza aleatória. Como reflexo desses fatos, nossas Normas Técnicas, por exemplo, são fundamentalmente empíricas e não teóricas, e nenhum conhecimento teórico deve ser incorporado aos seus textos sem validação pela prática ou pela pesquisa. Sozinha, a Ciência (Teórica), na Engenharia, não é confiável!

O trabalho do professor, nessa nova lógica pedagógica, sofrerá, conseqüentemente, grandes alterações. A pedagogia ainda dominante nas Universidades apóia-se na certeza do conhecimento científico, que tem no Mestre seu depositário fiel. Ele é a fonte do saber e do conhecimento para o aluno, com o que se estabelece um sistema hierárquico de transferência de conhecimentos e uma relação disciplinada de poder, tendo no Professor seu agente, seu vértice e a única Autoridade. O objeto do ensino, nesse contexto, é a matéria, o currículo, o conhecimento a transferir.

Em contrapartida dessa magnificência que lhe é conferida, espera-se de um professor considerado exemplar que seja um mestre em todos os sentidos, um modelo de virtude e de disciplina e que exerça a docência como um sacerdócio, uma missão, com autoridade, bom senso, firmeza, bondade, e saber profissional.

Nas circunstâncias pós-modernas, não se pode mais entender o professor como o detentor do saber, nem o ensino como transferência de um conhecimento pronto e acabado. No novo contexto, ninguém mais detém o saber, e, cada vez mais o conhecimento é partilhado, coletivo. Alunos e professores passarão a reconstruir, conjunta e continuamente, o conhecimento.

Segundo as teorias do psicólogo suíço Jean Piaget, a aprendizagem é um processo intransferível que se realiza, exclusivamente, na cabeça do aluno, ou seja, o aluno não aprende pelo professor, mas sim por si mesmo. A aprendizagem, por isso, deve privilegiar a colaboração, a cooperação e o intercâmbio de pontos de vista na busca conjunta do conhecimento. Segundo o próprio Piaget, os objetivos pedagógicos devem estar centrados no aluno, em suas atividades, e não na matéria, no currículo. Ensinar não é transferir conhecimentos, mas criar as possibilidades para sua construção, o que torna

o magistério uma Parceria. O Professor não ensina, ele ajuda o aluno a aprender.

Na pós-modernidade, a autoridade do mestre será substituída pelo diálogo, o que conduz, na prática pedagógica, à substituição da maior parte das preleções em salas de aula pela aprendizagem interativa do estudante com o professor ou com professores simultâneos ou mesmo com outros estudantes, através de seminários, workshops, estudo de casos, ênfases em projetos interdisciplinares e ensino complementar à distância.

## 5. Conclusões

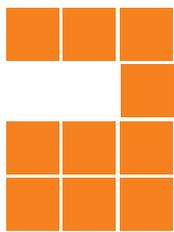
Como poderão nossas Universidades superar os desafios do mundo contemporâneo sumariamente descritos nesse texto é uma pergunta que terá de ser respondida pelos que hoje nela habitam. Serão muitas as situações em que se terá de fazer opções difíceis, salvo no problema prioritário e vital da autonomia administrativa e financeira, sem a qual as nossas Universidades não sobreviverão com dignidade, nem cumprirão adequadamente suas funções.

Algumas vezes, as escolhas serão decisivas: Permanecerá a Escola encastelada no culto às Ciências e fiel aos compromissos sociais da Modernidade ou se tornará competitiva no mercado da Educação?

Manterá a dicotomia entre a teoria e a prática ou fará a sua integração? O discurso continuará a ser sobre o currículo ou passará a ser sobre a formação docente? O ensino continuará verticalizado, especializado, ou será horizontalizado, interdisciplinar?

Críticos do Modernismo afirmam que o progresso científico e da industrialização fez abrir a caixa de Pandora, cujos efeitos são visíveis na agressão ao meio ambiente, na violência urbana e na pobreza. Na mitologia grega, Pandora foi a primeira mulher, criada por Zeus como punição aos homens pela ousadia de Prometeu em roubar aos céus o segredo do fogo. Vários deuses colaboraram em sua criação: Hefestos moldou sua forma a partir de argila, Afrodite deu-lhe beleza, Apolo deu-lhe talento musical e Zeus, além de algumas características pessoais, deu-lhe uma caixa que guardava todos os males que podiam afligir os homens. Ao abrir essa caixa, por ordem de Zeus, Pandora fez com que se abatessem sobre os homens, por castigo, todos os males nela encerrados. Todos menos um, restando apenas, no fundo da caixa, aquele que seria capaz de destruir a Esperança.

E é dessa Esperança, imorredoura virtude, que hoje se nutre nossa confiança no futuro. Esperança de sobrevivência e de transformação de nossas Escolas de Engenharia, acalentada pelos sonhos de excelência na formação de engenheiros competitivos no mercado de trabalho, éticos e responsáveis nos seus altos compromissos com a Sociedade! ♦



BRASIL  
**atex**  
A FÔRMA DA LAJE NERVURADA

Guarulhos - SP  
Rua Rosa Mafei, 399  
Tel.: (11) 6438-60 01  
Minas Gerais  
Tel: (31) 3681 - 36 11  
E-mail: [atex@atex.com.br](mailto:atex@atex.com.br)  
Site: [www.atex.com.br](http://www.atex.com.br)

## Prevenção de fissuras por retração plástica de origem climática em pavimentos, pisos e lajes de concreto

Paulo Terzian  
Consultor em Tecnologia do Concreto

### Introdução

Um dos grandes problemas nas áreas de pavimentos, pisos e lajes de concreto é relativo ao aparecimento de fissuras. Estas podem ocorrer na fase de concreto fresco, na fase de final da pega com início do endurecimento, como também nos primeiros dias após a concretagem e posteriormente, na fase de uso.

As empresas fornecedoras de concreto pré-misturado e as construtoras têm encontrado dificuldades em solucionar o problema de aparecimento de fissuras em função da diversidade de situações encontradas nos projetos e relativos a capacidade de carga ; espessura; não armado ou armado com telas ou com fibras; sem ou com mantas plásticas entre o solo e o concreto; com ou sem adições e aditivos, tipos e consumos de cimento variáveis, diferentes níveis de trabalhabilidade e de resistências do concreto.

As fissuras relativas ao material concreto, podem ter várias origens das quais destacam-se as por assentamento plástico, por elevação térmica oriunda da hidratação do cimento e a por retração plástica, devido a rápida secagem do concreto em estado fresco, em função da ação do clima atuante no momento da concretagem e nos primeiros dias de idade. Deve-se lembrar que estes processos ocorrem paralelamente mas, com grau de intensidade diferente para cada tipo e local da obra.

O foco deste trabalho é relativo a prevenção de fissuração por retração plástica devido à secagem rápida do concreto por ação do clima.

Deve ser lembrado que as dosagens de concreto produzidas em laboratórios especializados espalhados por todo o país, são desenvolvidas em condições climáticas que dificilmente serão reproduzidas nas obras, devido às variações nas condições de temperatura ambiente, temperatura do concreto, umidade relativa do ar e velocidade do vento.



Foto 1 – Detalhe do aparelho portátil de medida da velocidade do vento (anemômetro)

Desde a publicação do livro “Manual de Dosagem e Controle do Concreto”, em co-autoria com o Prof. Paulo Helene, enfatizamos que o assunto da interferência climática há muitos anos é considerado de grande importância, mas de difícil solução prática por parte dos Tecnologistas de concreto do país. Esta área é bem desenvolvida no setor de grandes obras como o de barragens e tem como referência o livro publicado pela equipe de Furnas “Concreto massa, estrutural, projetado e compactado a rolo - ensaios e propriedades”, onde os equipamentos utilizados são de alta precisão, porém de custo elevado, sendo inacessíveis às obras de menor porte.

Portanto, com o objetivo de auxiliar a prevenção de fissuras de pavimentos, pisos e lajes em obras de menor porte, realizaram-se pesquisas em campo com a utilização de equipamentos portáteis para medições climáticas, com a finalidade de adequar o concreto a ser aplicado e programar o início e tipo de cura.

Os aparelhos utilizados podem ser observados nas fotos 1 a 6, apresentando indicações de seu funcionamento e aplicação.

Um dos objetivos destas pesquisas de campo foi o de determinar o grau de evaporação provável da água existente no interior do concreto e portanto,



Fotos 2 e 3 – Detalhes de alguns tipos de aparelhos portáteis para a determinação da umidade relativa do ar, temperatura interna e da superfície do concreto

prever a probabilidade de ocorrência de fissuras no concreto. Como base para esta avaliação adotou-se o ábaco publicado por Petrucci, EGR. (Concreto de Cimento Portland - 5ª edição, Globo) e Mehta, PM.; Monteiro, PJM. (Concreto: Estrutura, Propriedade e Materiais - 1ª edição, PINI), indicado na figura 1.

Com base no ábaco da figura 1, indicam-se exemplos comparativos entre evaporação de água e ocorrência de fissuras.

Como exemplo de aplicação, em uma determinada obra foram realizadas várias determinações seqüenciais das condições climáticas e indicadas na tabela 2, sendo que na situação encontrada, indicada em (A), foi classificada como “alguma probabilidade de ocorrência de fissuras”, sendo esta realmente a condição verificada em campo. Observa-se na foto 4, a abertura de fissuras da ordem de 2,5 mm ocorrida no concreto ainda em estado plástico.

Dos resultados já obtidos nas pesquisas de campo, pode-se concluir que os equipamentos portáteis de medições climáticas são de grande auxílio no sentido das empresas construtoras se organizarem melhor quanto ao aspecto da prevenção contra a fissuração. Para tal, sugerem-se os seguintes procedimentos:

**1)** A Construtora ou o Laboratório de Controle deve realizar determinações periódicas no local da obra dos seguintes parâmetros: variação da temperatura ambiente, temperatura do concreto no estado fresco fornecido pela usina, velocidade e direção predominante do vento e umidade do ar;

**2)** Realizar a dosagem do concreto em laboratório simulando as condições climáticas atuantes no transcorrer do período de lançamento e cura, e avaliar a probabilidade de ocorrência de fissuras. Devem ser utilizados equipamentos de medições climáticas similares aos utilizados em campo. É necessária sala de dosagem com controle de umidade e temperatura. A velocidade de vento pode ser controlada através de circuladores de ar convencionais com múltiplas velocidades.

Nesta avaliação o Tecnologista responsável pela dosagem deve decidir sobre a necessidade de refrigeração do concreto, obrigatoriedade de concretagens noturnas, alterar traços, consumos, materiais, adicionar ou substituir aditivos ou adotar sistemas mais eficientes de cura, com o objetivo de não ocorrerem fissuras no concreto;

**3)** O concreto deve apresentar baixa exsudação de água após sua aplicação no pavimento, piso ou laje, pois pode provocar fissuras por assentamento plástico. A exsudação é uma das causas importantes no aparecimento de delaminação na superfície de pisos acabados mecanicamente;

**4)** A Construtora, o Laboratório de Controle e o Consultor, com base nas informações de desempenho do concreto em laboratório e de informações climáticas do campo, devem montar um programa de trabalho adequado para as situações consideradas de grande risco de fissuração por retração plástica. Uma das situações consideradas como grave, apresenta-se para grandes pisos industriais executados a céu aber-



Foto 4 – Detalhe da abertura de fissura (2,5 mm) ocorrida em superfície do concreto ainda no estado fresco, devido à retração plástica por ação climática



**Foto 5** – Exemplo da extensão e proximidade das fissuras na superfície do concreto em estado fresco, oriundas da evaporação da água de constituição

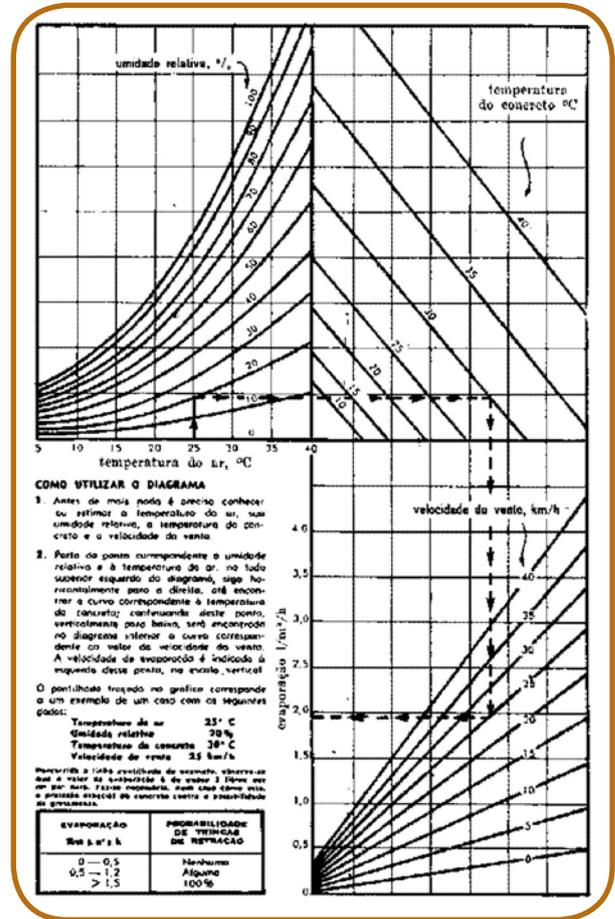
to. Para minimizar os efeitos, pode-se proteger o piso contra a ação dos ventos predominantes, utilizando-se de anteparos eficientes. Utilizar mantas apropriadas de cor clara para a realização de cura úmida. Iniciar a cura no momento adequado, mesmo sobre o concreto fresco para os casos mais críticos. Montar dispositivos para posicionar a manta de cura sem a necessidade do operário andar sobre o concreto.

5) Nas situações indicadas para uso de concreto refrigerado (com uso de gelo em escamas ou gás refrigerante), o controle da temperatura durante o recebimento na obra pode ser realizado facilmente com o uso do termômetro de medida da irradiação infravermelha. Neste caso, a usina de concreto deve estar convenientemente aparelhada para esta atividade e previamente informada;

6) O uso de concreto refrigerado com temperaturas entre 10 e 20°C, mostra-se mais adequado ao uso, por apresentar baixa probabilidade de ocorrência de fissuras em condições climáticas que apresentam temperatura ambiente alta (~ 40°C), umidade relativa do ar  $\geq 30\%$  e existência de ventos



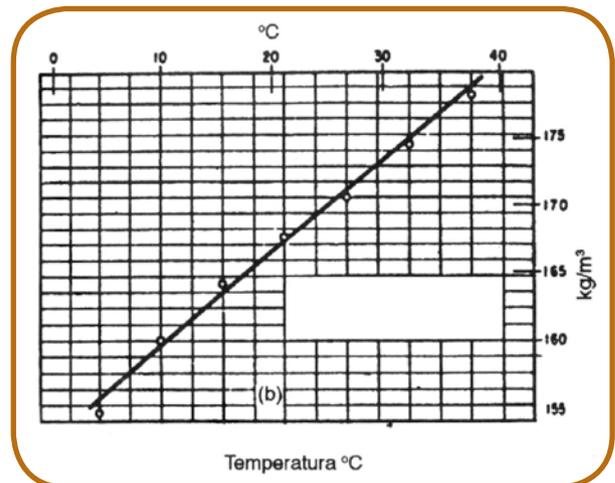
**Foto 6** – Determinação da temperatura da superfície exposta ao sol do concreto endurecido com 24 horas de idade, indicando 51°C. Uso de aparelho portátil para medida da temperatura através da irradiação infravermelha



**Figura 1** – Ábaco para verificar a tendência à fissuração do concreto (Petrucci, EGR)

fortes (~ 40 km/h). Sendo esta situação facilmente encontrada no país. Consulte ábaco da Figura 1.

7) Deve-se ressaltar também, que o uso de concreto com temperatura elevada apresenta desvantagem sob o aspecto do consumo de água por metro cúbico, conforme mostrado na figura 2.



**Figura 2** – Efeito do aumento da temperatura sobre a água requerida [ACI Comitê 305 – Concretagem em clima quente – Vol. 88, Journal, 1991]

Tabela 1 – Quadro comparativo de evaporação de água do concreto e ocorrência de fissuras

Evaporação de água	Probabilidade de fissuras de retração	Exemplos
até 0,5 litro/m <sup>2</sup> /hora	Não há ocorrência de fissuras	Temperatura ambiente: 25°C Umidade relativa do ar: 60% Temperatura do concreto: 25°C Velocidade do vento local: 5 km/h
0,5 a 1,2 litros/m <sup>2</sup> /hora	Alguma probabilidade de ocorrência de fissuras	(A) Temperatura ambiente: 34°C, Umidade relativa do ar: 48%, Temperatura do concreto: 37°C Velocidade do vento local: 10 km/h
> 1,5 litros/m <sup>2</sup> /hora	100% de probabilidade de ocorrência de fissuras	Temperatura ambiente: 25°C Umidade relativa do ar: 40% Temperatura do concreto: 30°C Velocidade do vento local: 25 km/h

O consumo de água para uma determinada mistura de concreto aumenta com o aumento na temperatura do concreto. Observa-se na figura 2, que a temperatura do concreto no estado fresco quando elevada de 10 °C para 38 °C, o consumo de água aumenta de cerca de 20 kg/m<sup>3</sup> para manter o mesmo abatimento de 76 mm. O aumento no teor de água pode reduzir a resistência à compressão aos 28 dias de 12 a 15% (Mehta; Monteiro). Concluindo, têm-se os seguintes comentários:

**1)** O “Estudo de Dosagem do Concreto” para pavimentos, pisos industriais e lajes, deve ser encarado e desenvolvido como um “Projeto de Engenharia” e em parceria com os outros Projetistas. Os concretos para pavimentos e pisos não são do tipo denominado de convencional, onde se especificam somente a resistência e o abatimento, sendo sim um concreto denominado de “especial”, com várias outras características a serem definidas;

**2)** As empresas que atuam no setor de pavimentos e pisos industriais devem ter um desenvolvimento técnico uniforme, com um forte compromisso no controle da qualidade e garantia total do produto entregue ao cliente. Os recursos utilizados atualmente no país para recuperação de pavimentos e pisos industriais novos e recém executados, seriam mais do que suficiente para criar-se uma entidade independente que promovesse o desenvolvimento do setor, com treinamento

e qualificação de seus associados;

**3)** O setor industrial nacional está muito avançado e competitivo, não podendo mais depender de empresas da construção civil que não tem qualidade ou que a sua qualidade depende do “clima no dia da concretagem”. É preciso antever os problemas e propor soluções. Simplesmente

encaminhar o problema ocorrido para uma empresa de recuperação, não justifica o seu trabalho, pois o custo será muito superior ao que recebeu para a execução inicial;

**4)** O País tem situações extremas do ponto de vista climático. A região de Manaus com temperatura ambiente alta e alta umidade relativa do ar; a região de Brasília em parte do ano tem temperatura alta e baixíssima umidade relativa do ar (~15%); Porto Alegre com parte do ano com baixíssima temperatura ambiente e ventos fortes; Fortaleza com altas temperaturas e ventos fortes; entre outras. Portanto, não considerar estes aspectos climáticos, com certeza será um ato de loteria, no que se refere ao processo de fissuração de pavimentos, pisos industriais e lajes.

**5)** O futuro da Tecnologia do Concreto vai depender da atuação de profissionais competentes e com grande conhecimento sobre os materiais atuais e sobre os novos que já despontam nas instituições de pesquisas, universidades e indústrias. Os setores de concentração e divulgação do conhecimento como o IBRACON, tem importância fundamental, trazendo na sua biblioteca do saber a base para o caminho ao futuro. ♦

Tabela 2 – Variação climática no período da concretagem e estimativa de evaporação da água do concreto

Seqüência de determinações	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>
Horários	11h00	11h30	12h00	16h15
Umidade relativa do ar (%)	51	43	41	48
Temperatura do ar (°C)	32 (nuvens)	36 (sol)	37 (sol)	34 (nuvens)
Temperatura interna do concreto fresco (°C)	30	30	30	37
Temperatura da superfície do concreto fresco (°C)	31,5	31,5	31,5	38
Velocidade do vento (km/h)	3 a 5	3 a 10	3 a 10	3 a 8
Evaporação estimada (litros/m <sup>2</sup> /h)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	(A) 0,5 a 1,2

Obs.: 1) Vento Norte/Noroeste 2) Tempo nublado/sol 3) Concreto fck ≥ 20 MPa; Slump = 80 ± 10 mm – Bombeado

# Concreto Auto-Adensável: uma solução criativa

Arcindo Vaquero y Mayor  
ABESC



Todos os dias a indústria da construção civil é desafiada a encontrar soluções mais criativas que permitam aumentar a produtividade da obra, baratear os custos globais e aumentar a durabilidade das estruturas. É um enorme desafio e uma das alternativas para atingir essas metas é usar concretos que tenham um alto desempenho e que sejam fáceis de aplicar. Essa alternativa tem uma denominação: Concreto Auto-Adensável (CAA), que tem como principais características a alta trabalhabilidade associada à estabilidade da mistura dos seus componentes.

É um desafio importante, pois uma grande fluidez pode gerar a segregação do concreto.

Essa meta é alcançada através de uma perfeita dosagem do concreto, o que inclui também o uso associado de aditivos superplastificantes e aditivos modificadores de viscosidade.

A idéia é ter um concreto com muita trabalhabilidade e grande coesão, que pode ser usado em:

- ◆ Peças com pequena espessura, com muitos detalhes, formatos não convencionais ou intensamente armadas onde podem ocorrer falhas de concretagem.
- ◆ Locais onde existe a impossibilidade de vibração e onde a integridade das peças é fundamental como, por exemplo, fundações feitas com hélice contínua ou paredes diafragma.
- ◆ Obras onde o concreto ficará aparente e, portanto, o acabamento torna-se fundamental.
- ◆ Concretagens onde há limitações de ruído.
- ◆ Concretagens onde é importante a aplicação com grande velocidade
- ◆ Grandes concretagens onde é fundamental controlar o calor de hidratação.

O CAA foi desenvolvido no Japão, em meados dos anos 80. Sua maior aplicação em obras civis ocorreu em 1997, com a concretagem das ancoragens da ponte metálica de maior vão livre do mundo: a ponte AKASHI KAIKYO, onde foram aplicados 290.000 m<sup>3</sup> deste tipo de concreto. Os motivos para utilização do CAA nesta obra foram velocidade de execução, a dispensa de adensamento – já que para este volume seria uma tarefa extremamente complicada – e a qualidade final do concreto. Com a significativa redução de custos dos insumos – aditivos superplastificantes e modificadores de viscosidade – bem como o avanço tecnológico e o domínio dos métodos de dosagem e preparação, o CAA ganhou grande impulso, junto aos construtores, na execução de estruturas.

Para usar o CAA é desejável a integração de todos os envolvidos: o projetista da estrutura, o engenheiro residente, os empreiteiros de fôrmas e de mão-de-obra, o laboratório que analisa os materiais e logicamente a empresa prestadora de serviços de concretagem. Com isso se garante que todos os benefícios do CAA serão atingidos. Entre esses benefícios estão:

- ◆ Redução do custo de aplicação por m<sup>3</sup> de concreto.
- ◆ Permite bombeamento em grandes distâncias horizontais e verticais.
- ◆ Otimiza o uso da mão-de-obra, equipamentos e energia elétrica.
- ◆ Melhora as condições de segurança na obra.
- ◆ Maior rapidez na aplicação.
- ◆ Maior durabilidade das fôrmas, devido a não haver necessidade de vibrar o concreto.
- ◆ Excelente acabamento superficial.
- ◆ Elimina a necessidade de espalhamento e vibração.
- ◆ Elimina o ruído causado pelos vibradores.
- ◆ Aumenta as possibilidades de trabalho com fôrmas de pequenas dimensões.
- ◆ Facilita o nivelamento das lajes.
- ◆ Antecipa as operações de cura.
- ◆ Maior durabilidade da estrutura, devido à ausência de segregação e falhas superficiais na estrutura.
- ◆ Reduz o custo final da obra em comparação ao sistema de concretagem convencional.

Um detalhe desse concreto é que sua trabalhabilidade não é medida pelo abatimento do tronco de cone (slump), mas sim pelo “Slump Flow Test”, que determina o espalhamento do concreto ao longo de uma superfície horizontal. Sua aplicação requer um rigoroso acompanhamento técnico, responsabilidade no uso dos aditivos corretos e níveis de aprimoramento técnico elevados. É fundamental buscar empresas prestadoras de serviços de concretagem com grande experiência e rigoroso controle tecnológico do material.

O CAA é uma tecnologia que veio para ficar, pois uma vez compatibilizados os aspectos de dosagem, elaboração e custos, não existem razões para se continuar utilizando o concreto convencional.

Recomenda-se a utilização de CAA em:

- ◆ Fundações executadas por hélice contínua



- ◆ Paredes, vigas e colunas
- ◆ Parede diafragma
- ◆ Estações de tratamento de água e esgoto
- ◆ Reservatórios de águas e piscinas
- ◆ Pisos, contrapisos, lajes, muros e painéis
- ◆ Obras com acabamento em concreto aparente
- ◆ Locais de difícil acesso
- ◆ Peças pequenas, com muitos detalhes ou com formato não convencional, onde seja difícil a utilização de vibradores
- ◆ Fôrmas com grande concentração de ferragens

Hoje temos casos bem sucedidos de aplicação de CAA em várias cidades tais como Belo Horizonte, Goiânia, Recife, Rio de Janeiro, dentre muitas. A construtora UNENCO - União de Engenheiros Construtores, por exemplo, é uma das empresas participantes do programa Obras Acompanhadas – desenvolvido pela Comunidade da Construção em parceria com a ABESC – que decidiu utilizar o concreto auto-adensável em toda a estrutura do Residencial Solar da Liberdade. De acordo com o engenheiro Rogério de Almeida Costa, coordenador de obras da Unenco, a utilização do concreto auto-adensável garantiu resultados plenamente satisfatórios na concretagem de pilares, lajes e vigas. “Assim que a ABESC me apresentou o concreto auto-adensável, eu me interessei em utilizá-lo na concretagem de toda a estrutura do Residencial Solar da Liberdade. Foi uma experiência muito válida. Não tive nenhum problema de bicheira. Saiu tudo perfeito desde a 5ª até a 12ª laje”, informa o Eng. Rogério. “A assessoria técnica da ABESC foi fundamental para o sucesso da utilização desta tecnologia. Eu só conheci este tipo de concreto graças às informações fornecidas pela ABESC” atesta o eng. Rogério. A equipe técnica da ABESC vem assessorando as demais empresas participantes do programa na avaliação da possibilidade de utilização do concreto auto-adensável em suas obras.

Acredito que o maior desafio é que o mercado conheça esta tecnologia, para poder avaliar os custos envolvidos e os excelentes benefícios que o Concreto Auto Adensável apresenta, com a possibilidade de ter uma obra mais rápida e durável. ◆

## Avaliação de metodologia de ensaio de tubos de concreto reforçado com fibras para esgoto

Antônio Domingues de Figueiredo  
Universidade de São Paulo

Pedro Jorge Chama Neto  
SABESP

Marcelo Toledo Quinta  
Grupo Arcelor

Alírio Brasil Gimenez  
Fermix Tubos de Concreto



Foto 1 – sistema de monitoração do ensaio de compressão diametral de tubos de concreto

### Resumo

Este trabalho apresenta um estudo de avaliação do procedimento experimental do método de ensaio previsto pela norma europeia NBN EN1916 *Concrete pipes and fittings, unreinforced, steel fibre and reinforced* e a comparação de seus resultados segundo os requisitos da norma brasileira NBR 8890:2003 - *Tubo de concreto, de seção circular, para águas pluviais e esgotos sanitários*. A partir dos resultados obtidos, foi possível constatar que não há diferença significativa entre o comportamento mecânico apresentado

pelos tubos quando ensaiados segundo as diferentes metodologias, apesar de uma adotar o carregamento contínuo enquanto a outra adota ciclos de carregamento e descarregamento do componente. Além disso, constatou-se que os requisitos exigidos pela norma europeia podem ser considerados como mais exigentes em relação à norma brasileira, principalmente no que se refere à durabilidade. Assim, pode-se concluir que um tubo qualificado pela norma europeia atende perfeitamente às exigências nacionais para as obras de esgoto e a adoção desta metodologia pela norma brasileira não implicará em comprometimento do desempenho desses componentes em uso.



Foto 2 – configuração inicial do sistema de posicionamento dos LVDTs para medida contínua de deformação dos tubos de concreto



**Foto 3** – (A) detalhe do suporte para posicionamento do LVDT para leitura da deformação do tubo de concreto durante o ensaio de compressão diametral e (B) da folha de acetato que evitava a entrada da agulha em uma possível fissura

## 1. Introdução

É de conhecimento geral a necessidade de implantação de sistemas de saneamento básico no Brasil. Apesar disso, algumas tecnologias que são regularmente empregadas em outros locais como a Europa não são aqui utilizadas. Este é o caso do concreto reforçado com fibras para a produção de tubos de concreto para esgoto, que age como elemento facilitador para a especificação de obras que normalmente estão sujeitas à concorrência pública. Este trabalho apresenta um estudo de avaliação do procedimento experimental do método de ensaio previsto pela norma européia NBN EN1916 *Concrete pipes and fittings, unreinforced, steel fibre and reinforced* e a comparação de seus resultados segundo os requisitos da norma brasileira NBR 8890:2003 - *Tubo de concreto, de seção circular, para águas pluviais e esgotos sanitários*. O estudo foi realizado em uma indústria com



**Foto 4** – Detalhe da moldagem e desforma de um dos tubos utilizados no experimento

tubos produzidos em condições reais que foram verificados segundo os requisitos previstos para a classe de tubos EA2 prevista pela norma brasileira. O objetivo fundamental é verificar se há diferença significativa no comportamento do componente quando avaliado segundo os diferentes métodos que adotam procedimentos distintos de carregamento dos componentes. Com a comprovação desta hipótese, haveria a possibilidade de empregar o método de ensaio europeu, que prevê a utilização de concreto reforçado com fibras de aço (CRFA) nos referidos tubos, para a qualificação dos mesmos para os padrões brasileiros ou mesmo a sua adoção para a normalização nacional.

## 2. Metodologia de avaliação dos tubos

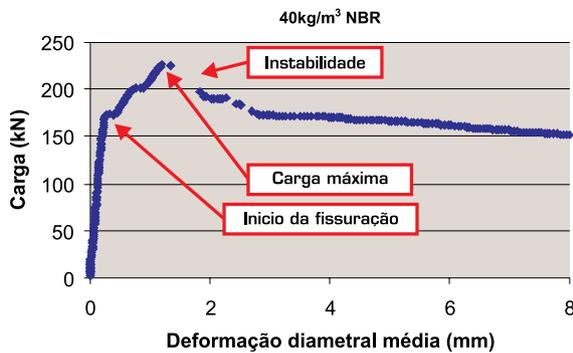
O estudo dos tubos de concreto reforçado com fibras de aço ocorre através do ensaio de compressão diametral, que é uma prática tradicional para este tipo de avaliação adotada



**Foto 5** – pesagem e adição de fibras ao concreto destinado à produção dos tubos

tanto na Europa como no Brasil (Chama Neto e Figueiredo, 2003). Para uma melhor aferição da metodologia, optou-se por se implantar, numa indústria produtora de tubos de concreto, um sistema de controle eletrônico de carga e deformação para realização de ensaios de compressão diametral em tubos de CRFA em escala real. O equipamento foi dotado de um sistema de aquisição de dados compatível com as necessidades de levantamento das curvas de carga por deformação diametral do componente, conforme o apresentado na Foto 1. Para maior confiabilidade e precisão dos resultados, também foi implantado um sistema para aquisição das deformações dos tubos através de LVDTs, posicionados nas extremidades dos tubos e apoiados na borda oposta conforme o apresentado na Foto 2. Com esta forma de posicionamento dos transdutores evitou-se que deformações extrínsecas à peça ensaiada interferissem no resultado medido. Na Foto 3 pode ser observado em detalhe o posicionamento do LVDT na parte superior interna do tubo durante o ensaio de compressão diametral. Este posi-

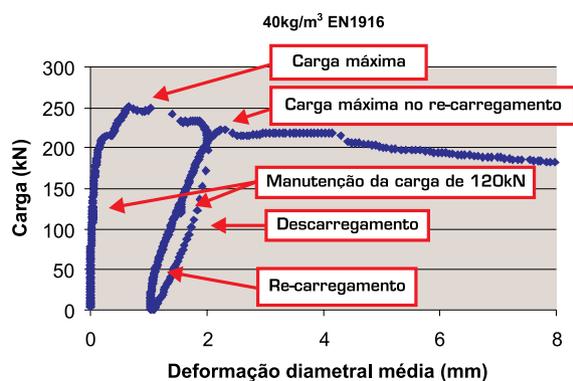
Figura 1 – Tubo de concreto com 40kg/m<sup>3</sup> de fibras de aço ensaiado segundo a norma NBR8890



cionamento ocorreu sobre uma pequena folha de acetato (Foto 3b) de modo a se evitar que o LVDT entre na fissura que se forma no tubo durante o ensaio. Com este arranjo de ensaio tornou-se possível levantar a curva de carga por deslocamento médio medido em ambos os LVDTs. Vale ressaltar que, para ambas as normas, não se exige este tipo de sofisticação para a realização do ensaio, bastando apenas a utilização de um sistema que possibilite a leitura precisa do nível de carregamento independentemente do nível de deformação diametral a ele associado.

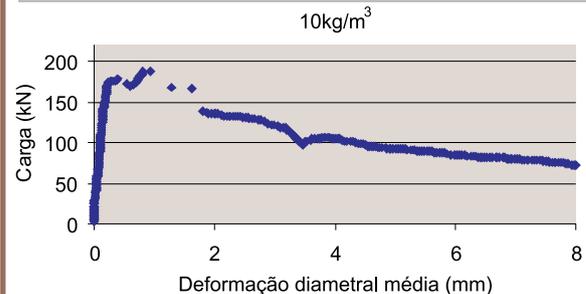
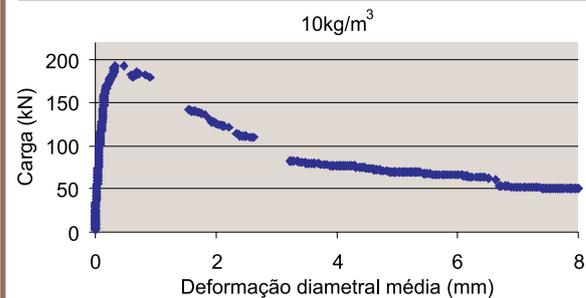
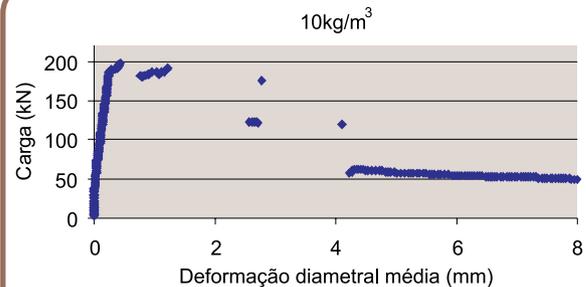
Para se obter uma melhor qualidade da análise procurou-se garantir idênticas condições de moldagens para todos os tubos que foram produzidos em cada série, conforme apresentado na Foto 4. Procurou-se adicionar as fibras sem alterar as condições da mistura, fazendo-se apenas o ajuste da quantidade de

Figura 2 – Tubo de concreto com 40kg/m<sup>3</sup> de fibras de aço ensaiado segundo a norma NBN EN1916



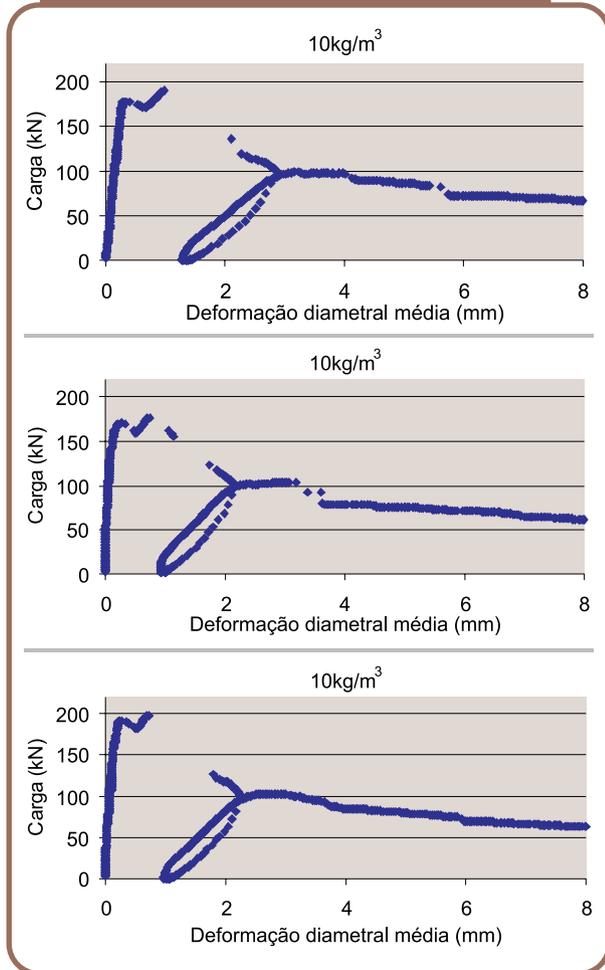
água necessária para se garantir a trabalhabilidade da mistura. Isto é, os tubos que foram moldados para este estudo experimental utilizaram os mesmos traços e materiais básicos que estavam sendo empregados rotineiramente pela empresa (331,3kg/m<sup>3</sup> de cimento, 281,8kg/m<sup>3</sup> de areia artificial fina, 652,7kg/m<sup>3</sup> de areia artificial grossa, 425,2kg/m<sup>3</sup> de pedrisco fino, 637,8kg/m<sup>3</sup> de pedrisco grosso e 148,3litros/m<sup>3</sup> de água inicial). A quantidade de fibra necessária foi adicionada diretamente na correia de alimentação dos agregados (Foto

Figura 3 – Curvas de carga por deformação diametral média dos tubos com consumo de fibras de 10kg/m<sup>3</sup> ensaiados segundo a norma brasileira



5). Foram utilizados concretos reforçados com três teores de fibras de aço 10 kg/m<sup>3</sup>, 20 kg/m<sup>3</sup> e 40 kg/m<sup>3</sup>. A fibra utilizada foi a Dramix RC 80/60, coladas e com ancoragens em gancho, como pode ser observado na Foto 5. A seguir serão apresentados os resultados obtidos nesta análise.

Figura 4 – Curvas de carga por deformação diametral média dos tubos com consumo de fibras de 10kg/m<sup>3</sup> ensaiados segundo a norma européia



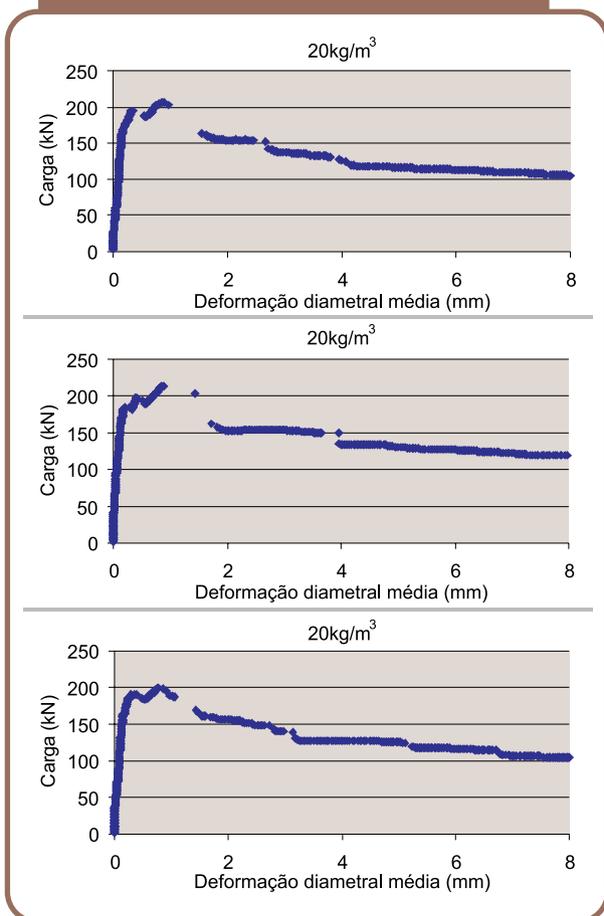
### 3. Avaliação experimental para comparação das metodologias de ensaio

Para melhor compreensão do estudo é necessário fazer uma breve descrição das duas metodologias de ensaio e seus respectivos requisitos de desempenho. Apesar de algumas diferenças o princípio das exigências é muito similar. No ensaio brasileiro, o tubo é submetido a um carregamento contínuo até a sua ruptura e não se exige nada além da determinação da carga de trinca e da carga de ruptura do tubo. A carga de trinca é definida como a carga medida no instante em que, no tubo submetido ao ensaio, aparece uma fissura com abertura de 0,25 mm e comprimento de 300 mm ou mais, sendo a abertura da fissura medida através

de uma lâmina padrão feita em chapa de aço de 0,2 mm de espessura e largura de 12,7 mm, afinada na ponta para 1,6 mm. Considera-se a fissura de 0,25 mm de abertura quando a ponta da lâmina padrão penetrar sem dificuldade 1,6 mm, com pequenos intervalos, na distância de 300 mm. Pela sua precariedade, o método de ensaio não permite avaliar o comportamento mecânico da peça. Além disso, a carga de trinca é sempre um parâmetro duvidoso, pois depende muito do técnico responsável pela realização do ensaio. Apenas a carga atingida na ruptura é um parâmetro confiável, pois corresponde à carga máxima atingida durante a realização do ensaio. Por isso, este método foi aqui considerado com relação ao seu carregamento contínuo para possibilitar a determinação da curva de carga por deformação diametral conforme o descrito anteriormente.

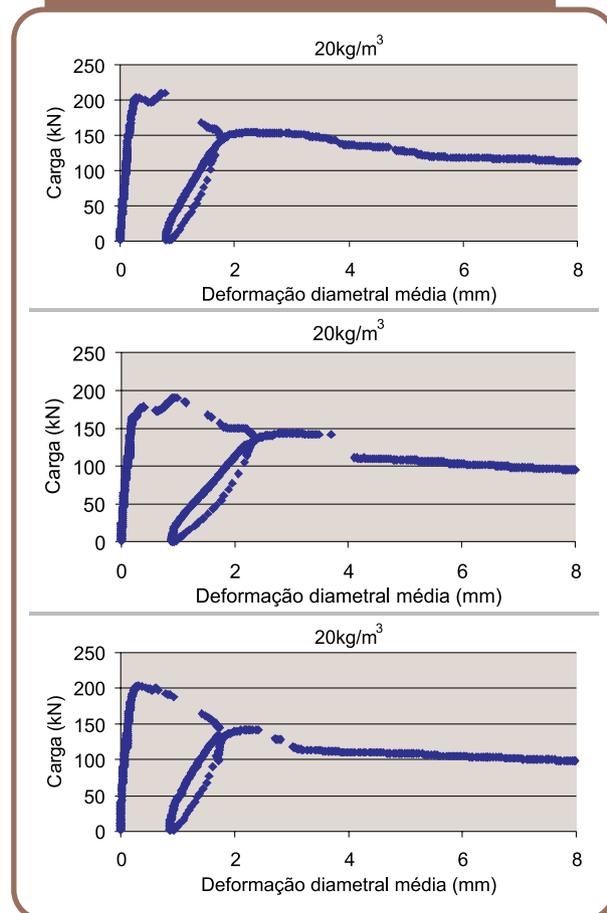
O ensaio especificado pela norma NBN EN 1916, especifica que o tubo seja carregado

Figura 5 – Curvas de carga por deformação diametral média dos tubos com consumo de fibras de 20kg/m<sup>3</sup> ensaiados segundo a norma brasileira

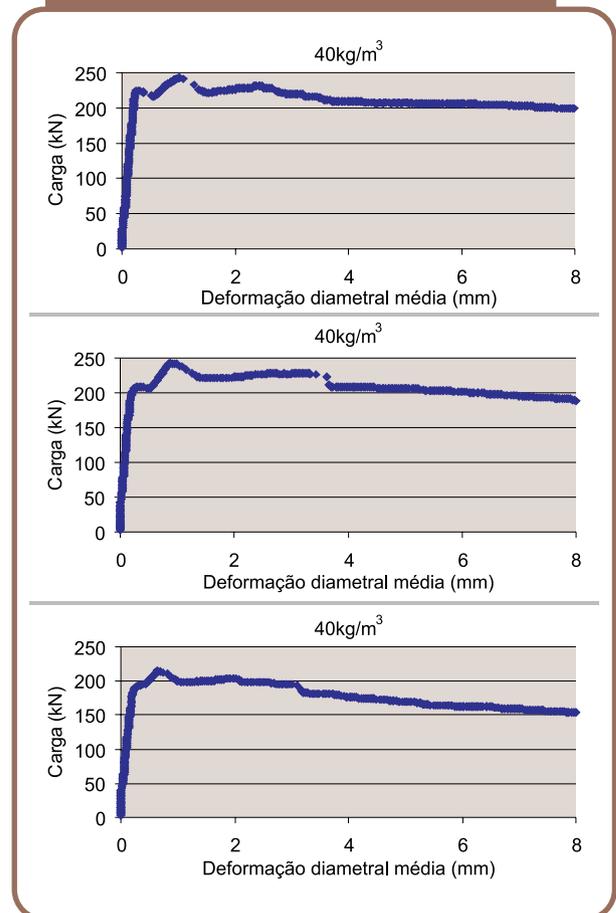


até uma carga equivalente a dois terços da carga de ruptura especificada para o tubo e mantida por um minuto. Esta carga corresponde à carga de fissura da norma brasileira. Após o minuto de manutenção da carga, deve-se observar se o tubo apresenta alguma fissura ou qualquer tipo de alteração. Caso isso aconteça, o tubo é reprovado e, no caso contrário, o tubo deverá ser carregado até a sua carga máxima, sendo esta registrada imediatamente. Após a carga cair a 95% da carga máxima registrada, deve-se retirar totalmente o carregamento aplicado e re-aplicar uma carga de dois terços da carga especificada para a ruptura (equivalente à carga de trinca da norma brasileira) e mantê-la por mais um minuto. Neste momento deve-se verificar se o tubo apresenta capacidade de suporte da carga mantida nesta situação. Neste estudo, complementou-se a análise do método prosseguindo-se ao carregamento do tubo e medindo-se a carga máxima atingida neste carregamento

**Figura 6 – Curvas de carga por deformação diametral média dos tubos com consumo de fibras de 20kg/m<sup>3</sup> ensaiados segundo a norma europeia**



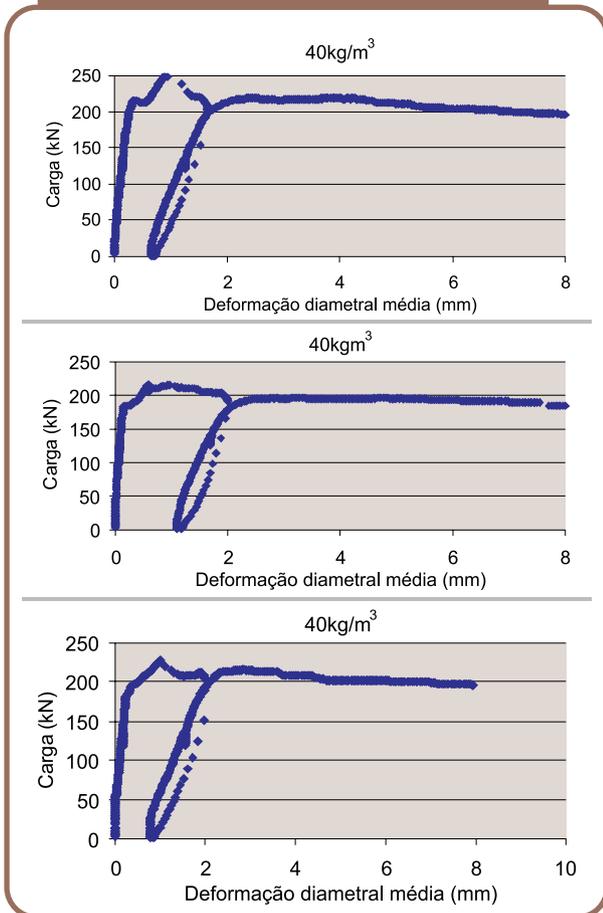
**Figura 7 – Curvas de carga por deformação diametral média dos tubos com consumo de fibras de 40kg/m<sup>3</sup> ensaiados segundo a norma brasileira**



pós-fissuração. Apesar de também não estar especificado na norma europeia, utilizou-se da metodologia de levantamento da curva de carga por deformação diametral do tubo neste ensaio de modo a permitir uma análise mais precisa de seu desenvolvimento.

Vale ressaltar que a proporção de dois terços é a mesma adotada pela norma brasileira para a relação entre carga de trinca e de ruptura. Assim, a carga que o tubo deve sustentar por um minuto sem danos visíveis prevista pela norma europeia é a mesma que é exigida para a carga de trinca na norma brasileira, para a mesma classe de tubos. Ou seja, um tubo europeu não deve apresentar dano visível enquanto o brasileiro admite uma fissura de cerca de 0,2mm para a mesma faixa de carregamento. Vale ressaltar que a classificação dos tubos por carga de trinca ou de ruptura de ambas as normas guardam perfeita semelhança o que facilita a análise comparativa. Como os tubos analisados foram EA2, com diâmetro nominal de 800mm, a

**Figura 8 – Curvas de carga por deformação diametral média dos tubos com consumo de fibras de 40kg/m<sup>3</sup> ensaiados segundo a norma europeia**

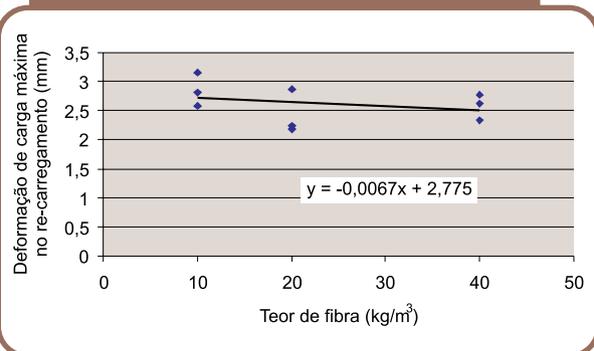


carga de ruptura especificada para o mesmo por ambas as normas é de 72kN/m. Como os tubos possuíam um comprimento de 2,5m, tem-se uma carga máxima total de 180kN. A carga de fissura corresponde aos dois terços dessa carga máxima ou de ruptura, ou seja, 120kN. Assim, no ensaio pela norma europeia os tubos receberam uma carga pouco acima de 120kN de modo a garantir-se que a carga fosse mantida por um minuto não ficasse abaixo desse valor por acomodação do sistema hidráulico da prensa. Em seguida, o tubo era carregado até a sua ruptura e a carga registrada. O tubo era então descarregado e recarregado a pouco mais de 120kN, mantendo-se esta carga por mais um minuto. Em seguida, o tubo era novamente carregado até atingir uma deformação média de cerca de 8mm, sendo a carga máxima atingida neste recarregamento registrada como carga máxima pós-pico.

Para análise inicial das metodologias foram ensaiados quatro tubos fabricados anteriormente com consumos de fibras de aço de

40kg/m<sup>3</sup>. Dois dos resultados obtidos com estes tubos se encontram apresentados nos gráficos das Figuras 1 e 2 para o procedimento de carregamento contínuo da NBR 8890 e descontínuo da NBN EN1916, respectivamente. Pela análise da Figura 1, nota-se que existe um trecho elástico inicial que é seguido por um trecho mais abatido indicando o início da fissuração. Após esse início da fissuração o tubo ainda mostra uma capacidade de suportar aumento no carregamento com maiores deformações. Em seguida ocorre a carga máxima, correspondente à propagação da fissuração, que é seguida de uma instabilidade (caracterizada pela redução dos pontos obtidos pela aquisição de dados) devido à transferência de carga da matriz para as fibras. Depois dessa região de instabilidade, ocorre um certo patamar de escoamento característico de softening. Isto é, existe uma lenta perda de capacidade de carga com o aumento da deformação imposta ao tubo. Percebe-se que este comportamento é mantido no tubo quando ensaiado segundo o procedimento descontínuo de carregamento preconizado pela norma EN1916, pois o comportamento geral é similar à envoltória da curva apresentada na Figura 2. Vale notar que existe um acúmulo de pontos lidos em torno dos 120kN de carga no trecho inicial e no trecho de re-carregamento, devido ao tempo em que esta carga foi mantida durante a realização do ensaio. Após a instabilidade da carga de pico o tubo foi descarregado (linha de descarregamento) e carregado novamente (linha de re-carregamento). Nota-se que durante o recarregamento o tubo perdeu rigidez devido ao seu estado de fissuração. Nesta situação, os elementos responsáveis pela rigidez são as fibras que atuam como ponte de transferência de tensão ao longo das fissuras que ocorrem no topo, base e laterais do tubo (Figueiredo, 2005). Depois da manutenção da carga a 120kN, percebe-se que não ocorre perda de rigidez do material, que segue a mesma tendência de recuperação de carga nesta região de recarregamento até atingir a nova

**Figura 9 – Correlação entre a deformação diametral crítica e o teor de fibra**



**Tabela 1 – Valores de cargas máximas de re-carregamento e respectivas deformações diamétricas médias**

Teor (kg/m <sup>3</sup> )	Carga máxima de re-carregamento (kN)	Deformação da carga máxima (mm)
10	103	2,59
	103	2,805
	99	3,15
20	155	2,175
	144	2,87
	142	2,245
40	219	2,34
	196	2,765
	215	2,625

carga máxima. Após atingir a carga máxima no recarregamento, não ocorre instabilidade e o tubo apresenta o característico comportamento de *softening* novamente.

Após esta primeira análise de procedimento, procedeu-se ao ensaio segundo estas duas metodologias para tubos de concreto reforçados com consumos de fibras de 10kg/m<sup>3</sup>, 20kg/m<sup>3</sup> e 40kg/m<sup>3</sup>. Para melhor entendimento da metodologia adotada, estão apresentados simultaneamente os três gráficos obtidos para o concreto com consumo de fibras de 10kg/m<sup>3</sup> segundo o carregamento contínuo na Figura 3. Na Figura 4 se encontram apresentados os três gráficos obtidos com os tubos com o mesmo consumo de fibra, porém ensaiados segundo a norma EN1916. Nas Figuras 5 e 6 se encontram os gráficos obtidos para 20kg/m<sup>3</sup> de fibras e nas Figuras 7 e 8 para o consumo de 40kg/m<sup>3</sup>. Durante a realização dos ensaios, apenas o traço com 10kg/m<sup>3</sup> não atendeu às exigências prescritas na norma EN1916. Os demais traços apresentaram desempenho satisfatório e estes tubos com 20kg/m<sup>3</sup> e 40kg/m<sup>3</sup> teriam sido aprovados pela referida norma. Ressalte-se o fato também da pequena variabilidade dos resultados, tendo os tubos com diferentes teores, apresentado comportamentos bastante similares. Apenas o tubo com 10kg/m<sup>3</sup> mostrou um comportamento bastante frágil, como se pode observar pelos gráficos da Figura 3. Nesta situação é muito difícil controlar quando a carga atinge os 95% da carga máxima após a fissuração do componente. Com isto, depois de atingido o pico, o tubo perdia capacidade de carga rapidamente e a prensa tinha seu carregamento aliviado imediatamente para que se pudesse realizar o novo carregamento. Esta

situação não se repetiu para os demais teores, sendo que, mesmo para o teor de 20kg/m<sup>3</sup>, o comportamento do material foi bem estável.

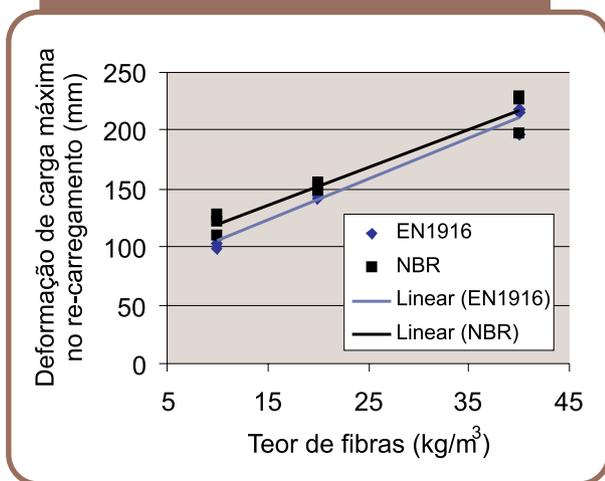
Pela análise dos gráficos percebe-se que a rigidez no re-carregamento aumenta com o aumento do teor de fibras, o que era de se esperar, dado que são elas as responsáveis pela assimilação dessa carga durante o re-carregamento. Nota-se também que os tubos com 10kg/m<sup>3</sup> de fibras de aço não conseguiram atingir os 120kN no re-carregamento, não estando assim capacitados a atingir esta carga, muito menos estavam para mantê-la. Por outro lado, todos os tubos foram capazes de suportar a referida carga no trecho elástico inicial, comprovando que isto não é função da fibra ou de seu teor, mas da competência do concreto que compõe a matriz do componente. Logo este parâmetro não será levado em conta na determinação do teor de fibra necessário para a qualificação do produto. Assim, para facilitar a análise, procurou-se determinar a carga máxima de re-carregamento e sua deformação, o que está apresentado na Tabela 1.

Procurou-se correlacionar os resultados obtidos para a deformação da carga máxima de re-carregamento e o respectivo teor de fibra, isto porque, quanto maior o teor de fibra, menor deve ser esta deformação, pois a fibra enrijece o comportamento pós-pico do concreto durante o ensaio. Esta correlação pode ser observada no gráfico da Figura 9. A partir desta correlação foi possível determinar as deformações críticas relativas à carga máxima no re-carregamento para cada teor de fibra estudado. Assim, obteve-se a deformação crítica de 2,71mm para o teor de

**Tabela 2 – Valores de cargas relativas á deformação diametral crítica para cada tubo ensaiado segundo a norma brasileira**

Teor (kg/m <sup>3</sup> )	Carga máxima de re-carregamento (kN) (EN1916)	Carga obtida para a deformação crítica (kN) (NBR)
10	103	128
	103	110
	99	122
20	155	152
	144	155
	142	149
40	219	229
	196	226
	215	198

**Figura 10 – Correlações entre as cargas referentes às deformações críticas segundo as duas normas analisadas**



10kg/m<sup>3</sup>, de 2,64mm para o teor de 20kg/m<sup>3</sup> e de 2,51mm para o teor de 40kg/m<sup>3</sup>. Com estas deformações obteve-se as respectivas cargas nos gráficos determinados segundo a norma brasileira. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 2. A partir destes resultados foram determinados os gráficos de carga para deformação crítica, segundo as duas normas, os quais se encontram apresentados em conjunto na Figura 10.

A partir dos gráficos apresentados na Figura 10, percebe-se não haver diferença significativa entre os dois resultados, mostrando que o procedimento de carregamento e descarregamento não interfere na carga máxima de re-carregamento. Assim, para se garantir que o tubo suporte por um minuto a carga específica na norma, bastaria determinar a carga para a deformação crítica segundo a norma brasileira ou a carga máxima de re-carregamento para a norma EN1916. Aplicando-se o valor característico, ter-se-ia a possibilidade de que o resultado seria superado em 95% dos casos. Como os tubos compõem estruturas contínuas, a probabilidade

de se ter superação da carga prevista e, simultaneamente, resistência inferior ao valor característico na mesma peça é muito baixa. Assim, adotou-se aqui o valor característico da carga máxima de re-carregamento como elemento suficiente para a qualificação do tubo de CRFA.

## 4. Conclusões

A metodologia adotada neste estudo como referência para a análise dos tubos de concreto para esgoto foi a do ensaio de compressão diametral com controle simultâneo de carga por deformação diametral da peça. A adequação dos procedimentos pôde ser constatada inclusive pelos elevados coeficientes de correlação obtidos neste experimento, mostrando que os resultados seguiram padrões bem definidos de comportamento ditado pelo material. Além disso, o controle contínuo das curvas de carga por deformação diametral permitiu determinar a similaridade de comportamento do material durante o ensaio, seja qual for a metodologia adota para o carregamento: se contínuo ou cíclico como preconiza a norma européia. A metodologia européia mostrou-se muito vantajosa pelo fato de já prever o uso de fibras e, também, por estabelecer requisitos de desempenho nas mesmas faixas de valores dos nacionais para as mesmas classes de tubos. A metodologia européia tem ainda a vantagem de dispensar a determinação da abertura de fissura, algo muito dependente do operador do ensaio, que compromete a precisão do mesmo. Além disso, esta metodologia permite também a avaliação da viabilidade dos tubos feitos com CRFA. No entanto, como a norma européia exige que o tubo de concreto não apresente qualquer sinal de dano durante o minuto de carregamento a que o mesmo é submetido à carga equivalente à de fissura da norma brasileira, pode-se considerá-la como mais exigente e á favor da segurança que a norma nacional. Assim, a adoção deste procedimento pela normalização brasileira é plenamente cabível e a favor da segurança.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Tubo de concreto, de seção circular, para águas pluviais e esgotos sanitários. NBR 8890, ABNT, Rio de Janeiro.
- CHAMA NETO, P. J.; FIGUEIREDO, A. D. de. Avaliação de desempenho de tubos de concreto reforçados com fibras de aço. In: 45º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO DO INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO (IBRACON), 2003, Vitória. 2003.
- FIGUEIREDO, A.D. Concreto com Fibras. Capítulo 39. Concreto. Ensino, Pesquisa e Realizações. Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON). 2005. pp. 1195-25
- NBN EN1916 Concrete pipes and fittings, unreinforced, steel fibre and reinforced. Belgisch Instituut voor normalisatie (BIN), Brussel, December 2002. ◆

## Contrato de prestação de serviços entre concreteiras e construtoras

Jorge Batlouni Neto  
Tecnum Construtora



A construção civil tem evoluído muito nos últimos anos. Na década de 90, iniciou-se a implantação dos programas da qualidade objetivando, entre outras, a certificação ISO 9000. Outro avanço ocorreu na melhoria da segurança e higiene nos canteiros de obra, buscando atender a NR-18 do Ministério do Trabalho. Paralelamente, com a abertura do país às importações, permitiu-se o acesso a novas tecnologias, novos materiais e novos equipamentos. Hoje, a construção civil nacional está se aproximando, em termos de tecnologia, a dos países desenvolvidos, com a ressalva de que nesses países a utilização de equipamentos é muito mais intensa.

As empresas fornecedoras de serviços de concretagem, em particular, também buscaram a evolução de sua prestação de serviço, investindo em suas centrais de concreto, em equipamentos de dosagem, em bombas, em caminhões e, também, em novas tecnologias: concreto auto adensável, concreto de alto desempenho, novos aditivos para concreto, concreto colorido, etc. Essas novas tecnologias são muito bem vindas, pois visam melhorar o desempenho das estruturas de concreto do edifício e aumentar a produtividade na obra.

### Concreto pré-misturado

As construtoras têm recebido das prestadoras de serviço de concretagem o concreto pré-misturado, utilizando-o basicamente nas estruturas e contrapisos dos edifícios. Este material representa, aproximadamente, 5% do custo de um edifício, o que ressalta sua grande importância para o custo total de uma obra. Além disso, a concretagem das estruturas estão sempre no caminho crítico dos cronogramas das obras. Por isso, receber na obra concreto pré-misturado que não atinja as especificações do projetista da estrutura e da construtora, certamente, ocasionará atrasos e prejuízos à obra.

Cada vez mais as construtoras têm percebido que a compra do concreto pré-misturado e dos serviços acessórios deve ser feita de forma técnica. E, para tanto, a especificação deste material deve



prevê a especificação completa do concreto a ser fornecido: a resistência característica do concreto à compressão ( $f_{ck}$ ) e nas diversas idades (3, 7, 28 dias); o módulo de elasticidade secante ( $E_{cs}$ ); e, ainda, outras características, tais como, o abatimento, a relação água/cimento, o tipo de cimento e assim por diante. O ideal é que seja anexada ao contrato a carta com os diversos traços que serão utilizados, inclusive com as marcas e origens dos materiais, para que, no caso de anomalias, permita total

contemplar as informações advindas do projeto da estrutura, mas também informações sobre o concreto fresco, definidas conforme as necessidades executivas da obra, além das normas técnicas: NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto – procedimento; NBR 12655- Concreto – Preparo, controle e recebimento; NBR 14931 – Execução de estruturas de concreto – procedimento, entre outras.

Por tudo isso, tem-se verificado que o nível de exigência das construtoras com relação ao desempenho das estruturas de concreto tem aumentado muito, o que vem ao encontro do trabalho que a ABESC (Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem) tem feito com seus associados, na mesma direção. Nada melhor que, por meio de um contrato padrão de prestação de serviços, unir esforços no sentido de melhorar os serviços de fornecimento de concreto, levando em consideração os aspectos técnicos e o aprimoramento da relação de consumo construtora-concreteira.

### Modelo de contrato

Foi com esta visão que o Sinduscon-SP (Sindicato da Indústria da Construção do Estado de São Paulo), a ABESC e um grupo de construtoras firmaram uma parceria para desenvolver um modelo de contrato de prestação de serviços entre concreteiras e construtoras. Esse modelo foi aprovado formalmente entre as partes durante o 8º Seminário de Tecnologia de Estruturas do Sinduscon-sp, em outubro de 2006. Da forma como foi elaborado, esse modelo de contrato poderá ser aplicado em todos os estados brasileiros, desde que sejam respeitadas as características locais.

A minuta do contrato foi elaborada de forma a ser bastante abrangente. Na parte técnica,

rastreabilidade dos materiais.

Sem dúvida, estabelecer previamente ao fornecimento o traço do concreto representa um grande avanço na relação entre construtora e contratada. Mas, além deste, existem outros fatores que devem ser destacados. A obrigatoriedade de constar no corpo da nota fiscal a quantidade dos materiais fornecidos, os aditivos utilizados (marca, função, quantidade em massa), o tipo e a marca do cimento. Essa última informação é de grande valia. Por exemplo, se o concreto foi misturado com cimento CP-III, a construtora deverá escorar a laje concretada por mais tempo do que se o cimento for do tipo CP-II, por causa da reação de hidratação mais lenta do primeiro cimento. Outros avanços foram conseguidos na exigência de garantir a inviolabilidade dos materiais entregues pelo uso do lacre na bica de descarga e na utilização de caminhões betoneiras com dispositivos que impedem o derramamento de concreto em vias públicas durante o transporte.

Como todo contrato, esta minuta contempla, além dos aspectos técnicos, as cláusulas comerciais de preço, condições de pagamento, reajustes, tributos e rescisão. Inclui também cláusulas gerais que definem as quantidades, as responsabilidades de cada parte, a obrigatoriedade de respeito às normas técnicas, etc. Os aspectos operacionais como programação, transporte, descarga, bombeamento, foram também abordados.

O maior benefício que a utilização deste modelo de contrato trará para o setor construtivo é o de ter uma definição clara das responsabilidades de cada uma das partes. O SindusCon-sp e a ABESC dão um consistente exemplo de como devem ser tratadas questões importantes. O diálogo entre essas duas instituições tem sido muito enriquecedor. O trabalho conjunto tem gerado bons frutos e espera-se que isto seja apenas o começo de uma proficiente parceria. ♦

## Princípios e critérios para monitoração e manutenção de pontes estaiadas

Pedro Afonso de Oliveira Almeida  
Universidade de São Paulo

Alex Barros de Sá e Minoru Onishi  
LSE

### 1. Aspectos das primeiras pontes estaiadas brasileiras

O Brasil nos últimos anos iniciou a construção de suas primeiras pontes estaiadas, tendo concluído a construção de sua primeira ponte em 2001, Ponte sobre o Rio Pinheiros, Estação Santo Amaro da Linha 5 do Metro SP, que teve seu estaiamento realizado pela PROTENDE. Em sendo uma tecnologia ainda recente em todo o mundo, e também por serem as primeiras pontes estaiadas brasileiras, há uma premente necessidade de con-

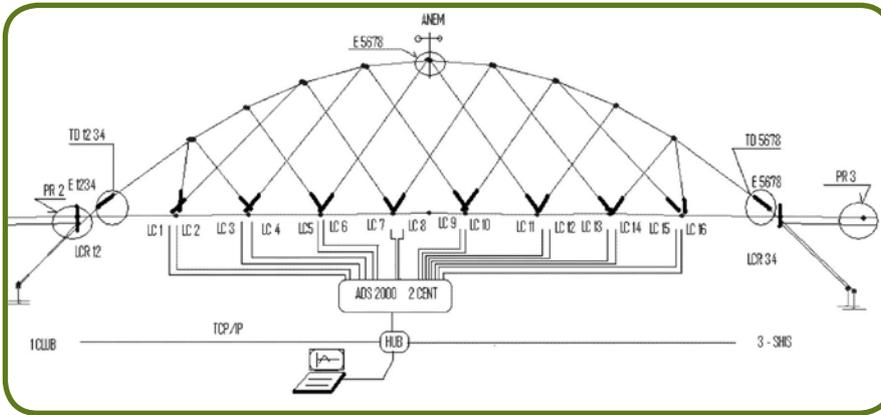
solidação dos conhecimentos do comportamento estrutural desses sistemas, assim como dos critérios de projeto e de manutenção dessas obras de arte. Por se tratar de sistemas estaiados, onde os esforços principais da superestrutura são transferidos do tabuleiro para os mastros por meio dos estais, que são os principais elementos do sistema estrutural, que além de sua função básica de transmissão de esforços também têm a responsabilidade pelo ajuste do greide da estrutura, normalmente realizado com métodos construtivos mais complexos, tanto para projeto de definição das cargas de montagem quanto das técnicas de implantação das forças em etapas construtivas “faseamento” da estrutura.

Além desses esforços inerentes do sistema estaiado, deve-se também considerar os esforços decorrentes da flutuação de carregamento induzida pelas cargas móveis principalmente, o que limita normalmente o uso de apenas 45% da capacidade dos cabos.

Assim sendo, a durabilidade das pontes estaiadas esta intimamente relacionada com a qualidade da montagem dos cabos, da vida à fadiga dos componentes estru-



Fig. 1 – Vista panorâmica da ponte JK em Brasília, DF, PROTENDE 2002



**Fig. 2 – Monitoração em tempo real dos esforços de implantação da pte JK em Brasília, DF**

turais empregados no sistema de estaiamento, das cunhas das ancoragens até a vida à fadiga das cordoalhas. A montagem do estaiamento passa então a ser uma etapa fundamental para a durabilidade do sistema, pois exige ajuste adequado dos esforços de implantação, evitando-se com isso a ocorrência de esforços secundários que normalmente vêm reduzir a vida à fadiga desse sistema. Esses aspectos também estão intimamente relacionados com o tipo de arranjo estrutural do estaiamento adotado.

As pontes estaiadas brasileiras têm seus arranjos de estaiamento misto tendendo mais para o “tipo leque”, empregando cordoalhas de 15,7 mm encapadas e galvanizadas, tipo RB 177, com resistência nominal de 177 kN/cm<sup>2</sup> e módulo de elasticidade da ordem de 200 GPa. Esse sistema de estaiamento exige montagem in loco dos cabos, a partir da instalação individual de cada cordoalha nas ancoragens. Esse método construtivo exige, portanto, uma sofisticada técnica para a determinação das forças envolvidas no processo, que podem ser definidos em dois: método de controle das forças (isotensão) e método do comprimento. As atuais pontes estaiadas brasileiras foram montadas pelo método do comprimento. De modo geral, tanto as técnicas de controle de forças quanto o método do comprimento devem ser realizadas com muita acuidade, o que exige uma monitoração contínua durante o processo de montagem das pontes ou estruturas estaiadas, tal como realizado na Ponte JK em Brasília, DF (Fig. 1 e Fig. 2).

## 2. Princípios e critérios de durabilidade das estruturas

A durabilidade das construções parte do princípio de que as estruturas são projetadas com

ruína segura, existindo uma certa garantia de que durante a sua vida útil não serão atingidos estados de desempenho patológico.

Considerando que a confiabilidade do sistema é a garantia de sua permanência em serviço<sup>1</sup>, para uma estrutura normalmente não basta a sua simples confiabilidade. A garantia de permanência em serviço é um requisito necessário,

mas não suficiente de segurança, pois a ruína das estruturas, em princípio, envolve o risco de danos pessoais”, o que leva ao projeto de estruturas com ruína segura.

Segundo FUSCO, 1977, os requisitos intuitivos de segurança são: durante a vida útil, a estrutura deve garantir a permanência dos característicos da construção, a um custo razoável de manutenção; em condições normais de utilização, a construção não deve ter aparência que cause inquietação aos usuários e ao público em geral, nem apresentar falsos sinais de alarme que lancem suspeitas sobre sua segurança; em situações não previstas de utilização ou de manutenção, a estrutura deve apresentar sinais visíveis de advertência de eventuais estados perigosos.

Para o atendimento desses princípios, a concepção dos sistemas estruturais das pontes estaiadas deve levar em consideração aspectos que permitam e facilitem às atividades de inspeção, de monitoração, de manutenção, de reparo, de substituição e ou reforço de elementos da estrutura, sem que seja necessária a paralisação ou interrupção prolongada de sua utilização normal.

## 3 Inspeções e monitoração de pontes estaiadas

A garantia da durabilidade do estaiamento ao longo da vida útil da ponte estaiada exige um programa de inspeções e monitoração para fornecer informações às manutenções preventiva e corretiva, principalmente dos estais. Esse programa deve levar em consideração também os esforços e parâmetros geométricos das fases de montagem do estaiamento.

Em razão da fadiga dos materiais, da ocorrência de acidentes localizados ou de uma corrosão

<sup>1</sup> FUSCO, P. B. Fundamentos do Projeto Estrutural – Estruturas de concreto. São Paulo, McGraw-Hill, 1977.

acelerada, que não podem ser desconsiderados nos critérios de avaliação de segurança das estruturas, recomenda-se para o programa de inspeção e monitoração as seguintes atividades a serem realizadas

durante a vida útil estimada em projeto: inspeção inicial; inspeções rotineiras; inspeções detalhadas, inspeções excepcionais e monitoração.

A inspeção inicial deve ser realizada no fi-

**Tabela 1 – Atividades recomendadas para inspeções e monitoração de Sistemas Estruturais Estaiados**

Elementos ou Regiões Especiais do Sistema Estrutural	Inspeção			Monitoração		
	inicial	rotineira	detalhada	G	F	M
<b>1 – Fundações</b>						
1.2 Mastros – recalques, rotações						
1.2 Apoios intermediários – recalques						
1.3 Fissuração dos blocos						
<b>2 – Encontros e apoios intermediários</b>						
2.1 Região de apoios – extremidade						
2.2 Região de apoios – intermediária						
2.3 Aparelhos de apoios – inclinação, deslocamentos						
2.4 Dispositivos de ancoragens – cabo retaguarda						
<b>3 – Tabuleiro</b>						
3.1 Região de ancoragens dos estais						
3.2 Região de apoios intermediários e de extremidades						
3.3 Rotações dos tubos fôrmas						
3.4 Desvios tubo fôrmaestai (ancoragem – estrutura)						
3.5 Nivelamento do greide						
3.6 Flechas						
3.7 Deformadas modais do tabuleiro com frequência						
3.8 Condições de proteção do estaiamento, dispositivos						
<b>4 – Mastros</b>						
4.1 Região de transição com o tabuleiro						
4.2 Região de estaiamento						
4.3 Região de travamento entre pilares do mastro						
4.4 Rotações						
4.5 Deformadas modais com respectivas frequências						
<b>5 – Estaiamento</b>						
5.1 Estais						
5.1.1 Cordoalha						
5.1.2 Desviador						
5.1.3 Enrijecedor interno ao tubo fôrma						
5.1.4 Bloco de ancoragem						
5.1.5 Cunhas						
5.1.6 Atenuadores de vibração dos cabos						
5.1.6.1 Interno ao tubo fôrma						
5.1.6.2 Externos ao tubo fôrma						
5.1.7 Catenárias						
5.1.8 Forças						
5.2 Elementos de proteção do estai						
5.2.1 Tubo fôrma						
5.2.2 Tubo antivandalismo						
5.2.3 Proteção de extremidade do estai – capa (cap)						
5.2.4 Material de preenchimento de proteção						
5.2.5 Soldas ou elementos de fixação do sistema						
5.2.6 Aberturas, infiltrações, etc.						

G: monitoração geométrica (deslocamentos e rotações) F: monitoração de forças M: monitoração de movimento (aceleração e velocidade)

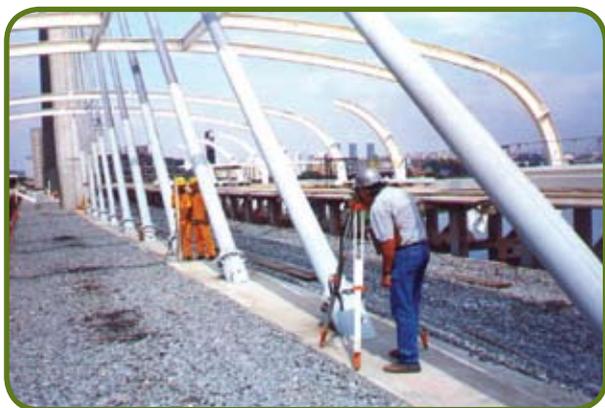


Fig. 3.1 – Nivelamento do greide da ponte sobre o Rio Pinheiros

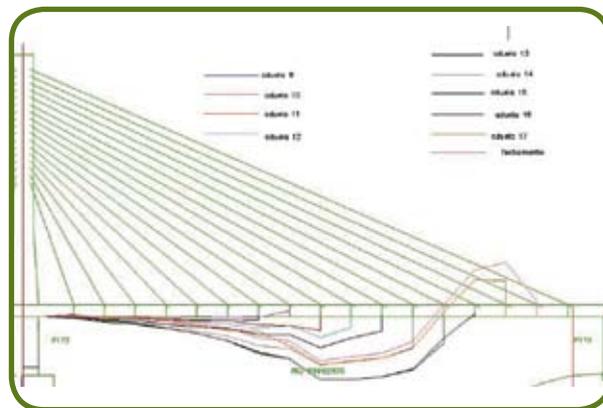


Fig. 3.2 – Deslocamentos do greide durante a montagem da ponte sobre o Rio Pinheiros



Fig. 3.3 – Célula de carga para medida de forças nas cordoalhas – ancoragem



Fig. 3.4 – Vibrações do estai, pPonte Paranaíba, instrumentação com acelerômetros, LSE

nal da construção da ponte ou da obra-de-arte de referência, no momento de recepção da estrutura pelo proprietário. Nesse ato, a inspeção inicial deve descrever um estado de referencia inicial da estrutura, que será tomado como base para as futuras inspeções a serem realizadas. Normalmente, as atividades da inspeção inicial devem incluir pelo menos: exame dos alinhamentos da superestrutura; registro dos esforços efetivos aplicados no

estaiamento; registro dos efeitos de temperatura observados durante o período de exame e registro das freqüências dos principais modos de vibração de interesse da estrutura (também denominada de “assinatura dinâmica”).

A *inspeção rotineira* normalmente é desenvolvida pela já denominada inspeção visual, com critérios de observação superficial das partes e zonas especiais da estrutura, obedecendo a uma

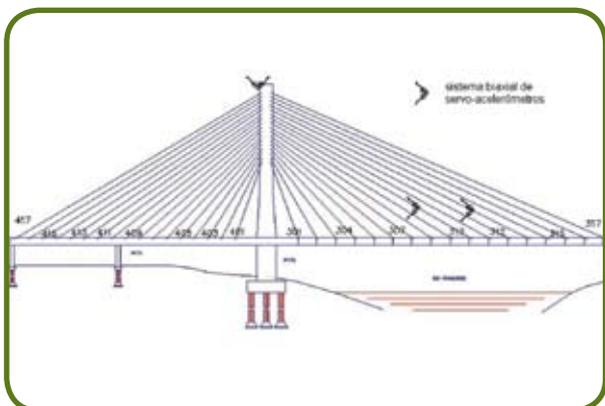


Fig. 4.1 – Posicionamento dos acelerômetros na ponte sobre o Rio Pinheiros, LEM-EPUSP



Fig. 4.2 – Acelerômetros nos estais da ponte sobre o Rio Pinheiros, LEM-EPUSP

rotina pré-definida com frequência anual para o sistema de estaiamento e a cada dois (2) anos para as demais partes da estrutura. Nessa inspeção, normalmente o especialista não precisa contar com instrumentos de mensuração de variáveis estruturais, empregando somente uma planilha checklist. A inspeção se realiza por: verificar as condições e o posicionamento dos tubos fôrmas do estaiamento, soldas e todos os dispositivos externos desse sistema de ancoragem; condições dos tubos anti-vandalismos; avaliação visual das catenárias dos cabos; sinais de corrosão ou manchas nas capas (caps) e placas de ancoragens; checar o sistema de monitoração (caso tenha sido implantando na fase construtiva) e examina todas as vibrações não esperada ou não observadas

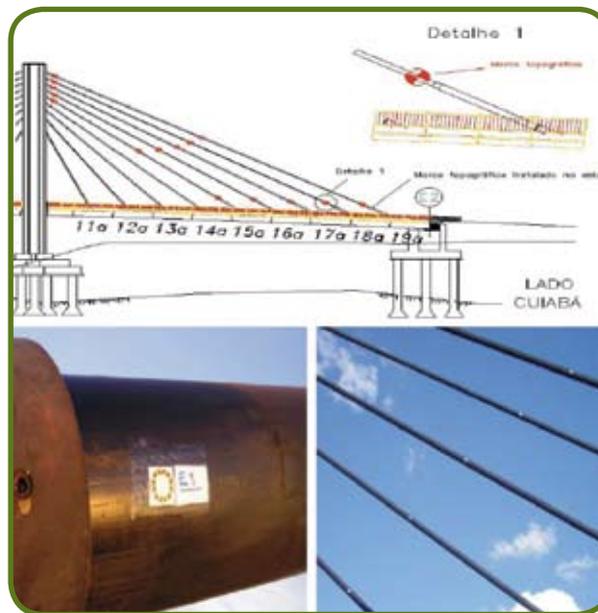


Fig. 4.3 – Mensuração da catenária, Ponte Sergio Mota, Cuiabá, LSE

durante a “inspeção inicial”.  
 A *inspeção detalhada* caracteriza-se por aplicar-se em situações previamente caracterizadas pela inspeção rotineira, ou pela ocorrência de acidentes, ou pelo programa de monitoração, devendo cobrir de 25% a 50 % de todos os componentes do estaiamento no período de seis (6) anos e 100% no período de doze (12) anos de vida da estrutura.  
 A *inspeção excepcional* deve ser realizada em casos de ocorrência de danos decorrentes de acidentes, vandalismos ou catástrofes. A inspeção excepcional também pode ser realizada em casos de danos não esperados detectados durante inspeções de rotina ou detalhadas ou toda vez que houver necessidade de um exame do sistema, seja para dirimir dúvidas sobre o desempenho estrutural, avaliação

Tabela 2 – Plano de monitoração prevista para os primeiros 10 anos de vida da obra

Atividade	Fase	Fase de operação da ponte				
	recepção / ajuste	2 anos depois	4 anos depois	6 anos depois	8 anos depois	10 anos depois
Inspeção inicial	█					
Inspeção rotineira		█	█	█	█	█
Inspeção detalhada da ancoragem (**)			█			
Exame do nivelamento do greide e equalização de forças dos estais (***)				█		
Inspeção detalhada com NDE (**)						█
Monitoração (***)	█	█		█		
G, F, M	A			A		
Ensaio dinâmico (***)	█			█		

(\*) – recomendada anualmente para pontes e sistemas estaiados, *bulletin 30 fib*.

(\*\*) – também previstos para em presença de situações especiais.

(\*\*\*) – poderá ser empregado na presença de situações especiais para avaliar o desempenho estrutural da ponte.

G: monitoração geométrica (deslocamentos e rotações)

F: monitoração de forças;

M: monitoração de movimento (aceleração e velocidade)

A: assinatura dinâmica (registros das deformadas modais e suas características iniciais para serem empregadas em estudo comparativo ao longo da vida da estrutura)

da durabilidade ou para cadastramento de obras. O programa de atividades a ser executado deverá ser adequado a cada situação em que este tipo de inspeção é exigido.

Desta forma, a inspeção é uma atividade que relata um estado do sistema, informando sobre aspectos e desempenho durante o exame do sistema (expedito). Já a monitoração é uma atividade que visa avaliar o desempenho estrutural num determinado período, com mensuração e verificação da estrutura, para diagnóstico ou projeção futura de comportamentos, por meio de exames no sistema num período mais longo. Portanto, a monitoração passa a ser essencial para a fase de operação dos sistemas materiais, com a qual se pode realizar diagnósticos, estabelecer critérios para a manutenção, reposição ou reforço de partes da estrutura e assim garantindo a durabilidade durante a vida útil estimada no projeto.

Em decorrência da complexidade geométrica das pontes, assim como dos diferentes arranjos propostos para pontes estaiadas, apresenta-se a seguir um quadro resumo das atividades de inspeção e monitoração previstas para a garantia da durabilidade do estaiamento (Tabela 1). Essas atividades serão relacionadas de acordo com as respectivas partes, elementos ou regiões especiais da ponte para atender a cada tipo de arranjo (Fig. 3.1 a 3.4.)

## 4. Monitoração

### 4.1 MONITORAÇÃO PERIÓDICA

A monitoração deverá ser executada por métodos adequados à natureza do sistema estaiado,

com vistorias diretas e indiretas das zonas especiais (ancoragens, barreiras de proteção) e uso de sistemas de avaliação não destrutiva (NDE), além da mensuração sincronizada de aceleração e forças dos estais.

### 4.2 MONITORAÇÃO E ENSAIOS DINÂMICOS

Além das inspeções periódicas, recomenda-se que seja feita uma monitoração preliminar, na fase de ajuste da obra, para verificação da ocorrência de vibrações dos estais decorrentes das ações do vento ou induzidas pelo tráfego aleatório da estrutura (veículos, trens e combinações com vento e níveis de temperaturas diferentes). Nesse caso, são mensuradas as acelerações em diferentes cabos ao longo de um período mínimo necessário para a identificação modal do sistema, também denominado como “assinatura dinâmica” da estrutura. Os resultados da monitoração serão então empregados na fase de ajuste da estrutura e no programa de manutenção, por critérios específicos ou pela própria comparação de estados de desempenho nas diferentes idades da estrutura, ambas visando assegurar a durabilidade especificada no projeto.

## 5. Periodicidade da inspeção e monitoração das pontes estaiadas

As atividades de inspeção, exame, monitoração e ensaios dinâmicos são desenvolvidas ao longo dos primeiros 10 anos da estrutura, com uma frequência mínima de 2 anos para o caso de inspeção visual. Esses prazos são compatíveis com as especificações da National Bridge Standards (NBIS), Tabela 2.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FUSCO, P. B. Fundamentos estatísticos da segurança das estruturas – Estruturas de concreto. Editora da USP - McGRAW-HILL do Brasil, LTDA. 1976. 274p.
- POST-TENSIONING INSTITUTE. Recommendations for stay cable design, testing and instalation. Fourth Edition, First Printing, February, 2001.
- SETRA. Recommandations de la Commission Interministerielle de la Precontrainte sur les Haubans. 182p. Paris. 23/03/2001.
- WALTHER, R; HOURIET, B; ISLER, W; MOIA, P. Cable stayed bridges. Thomas Telford, London. 1988.
- AASHTO Sixteenth Edition, 1996.
- BRIDGE INSPECITON AND REHABILITATION – A Pratical Guide – Parsons Brinckerhoff, edited by Louis G. Silano, P.E., 1992. ◆

## Alguns aspectos relevantes na elaboração de Projetos Estruturais Informatizados

Nelson Covas  
TQS Informática Ltda.

### Introdução

Pode-se constatar que as edificações comerciais, residenciais e de serviços existentes em todo o território nacional são construídas, na sua quase totalidade, com estruturas de concreto armado e protendido. O Brasil tem uma larga tradição em tecnologias, procedimentos e normas técnicas aplicadas a este tipo de estrutura.

Também, é do conhecimento de todos que, ao longo dos últimos 20 anos, os recursos da informática tiveram uma notável evolução. O hardware básico se tornou milhares de vezes mais potente, com preços mais convidativos. Os softwares para a engenharia estrutural, nacionais e internacionais, também evoluíram de forma notável. Os sistemas computacionais voltados para os projetos de engenharia avançaram em abrangência de problemas resolvidos, velocidade de processamento, precisão e sofisticação de modelagem, elaboração de desenhos, etc. Hoje em dia, termos como PLT, DWG, DXF, PDF fazem parte do dia-a-dia de qualquer projetista.

Os traçadores gráficos ou ploters, baseados na tecnologia das impressoras a jato de tinta, banalizaram a tarefa de emissão de desenhos de engenharia. A prancheta tradicional praticamente desapareceu dos escritórios de projeto.

O projeto das estruturas de concreto armado e protendido, acompanhando a evolução da informáti-

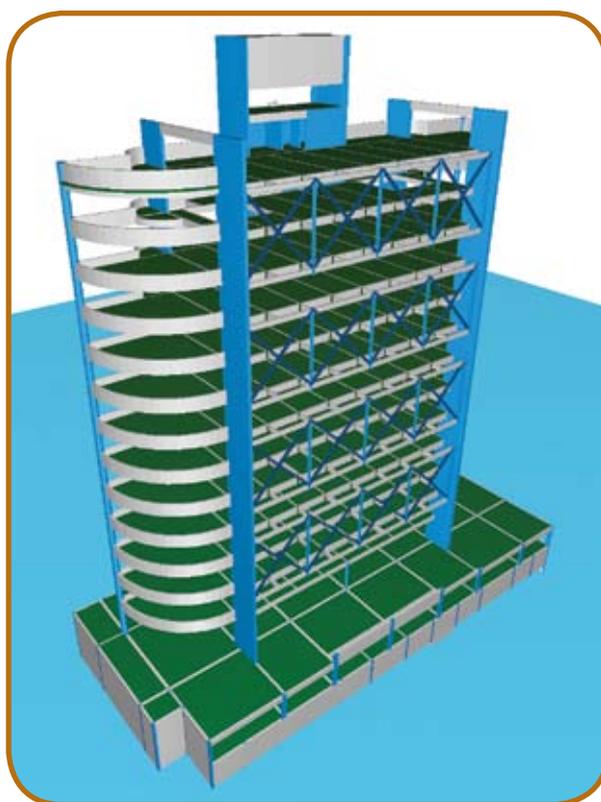


Figura 1 – Desenho 3D de edificação

ca, tornou-se fortemente dependente do emprego de sistemas computacionais voltados a esta finalidade. Praticamente em todo o país não mais se elaboram projetos estruturais sem o emprego e auxílio da informática. Um novo ambiente de trabalho foi criado e uma nova forma de projetar ainda está sendo descoberta e em curso.

Os softwares para a engenharia de estruturas, notadamente aqueles que, além da análise estrutural, também realizam o dimensionamento, detalhamento e desenho, ganharam uma importância acima do que, talvez, fosse o limite recomendável. Não é incomum ouvir o engenheiro estrutural afirmar que o projeto foi elaborado com os critérios padrões do fornecedor do

software e, portanto, ele tem a devida qualidade.

### Recentes acontecimentos

Paralelamente à evolução e ao emprego intensivo dos recursos da informática alguns casos relacionados à patologia estrutural têm sido encontrados. Vejamos alguns exemplos reais:

#### A) DEFORMAÇÕES EXCESSIVAS EM LAJES

Num projeto real já executado, as lajes apresentaram deformações além dos limites. Em-

pregou-se um método para cálculo de deformações baseado em regime elástico puro. Foram adotadas hipóteses simplificadoras para as bordas das lajes (indeforáveis).

### B) SOLUÇÃO ESTRUTURAL INOVADORA

Projeto em execução, com diversos pilares se apoiando diretamente nas lajes com reduzida espessura. Os pilares praticamente não têm a função de resistir às cargas verticais que, são transferidas pelas vigas adjacentes a outros pilares, que, por sua vez, não foram adequadamente dimensionados para tal.

### C) ARMADURA INSUFICIENTE EM VIGA DE TRANSIÇÃO

Obra já na fase final de entrega. A viga de transição foi detalhada com um terço da armadura principal necessária, apresentando deformações além dos limites recomendados pela norma vigente.

Todos os casos acima relatados foram projetados com o uso intensivo dos recursos da informática. Nestes três exemplos, não estavam sendo atendidos diversos requisitos de normas técnicas brasileiras, normas regulamentadoras para a elaboração de projetos.

Paralelamente a este fato, também é fácil de se constatar exatamente o oposto, isto é, inúmeros exemplos bem sucedidos de projetos estruturais arrojados, esbeltos, elevados, complexos, inovadores, todos elaborados com o emprego de avançados softwares para a análise, dimensionamento, detalhamento e desenho de estruturas obedecendo às normas técnicas em vigor.

Fica então a questão: projetar estruturas de concreto armado e protendido utilizando os softwa-

res modernos do mercado é uma garantia implícita da qualidade do projeto? Este assunto será melhor abordado a seguir.

### O emprego de software significa qualidade?

Para elucidar melhor este tópico, seria importante tentar responder a algumas questões:

#### A) O SOFTWARE GARANTE O CUMPRIMENTO DE NORMAS?

Pode-se responder que não. Todo software precisa conviver com diversas normas (atuais e anteriores) simultaneamente. Alguns valores prescritos em normas precisam ser alimentados diretamente pelo usuário do sistema. Além disso, o software é apenas uma ferramenta de trabalho e o usuário, baseado na sua experiência ou na sua necessidade, pode selecionar algum critério que não atende plenamente a um requisito de norma. É o caso clássico do emprego de coeficientes diferentes dos prescritos em normas para a certificação da qualidade de projetos em obras já executadas. Portanto, pode-se afirmar que qualquer software possibilita a elaboração de projetos não totalmente conforme as normas técnicas, dependendo da forma de operação realizada pelo usuário.

#### B) APENAS O EMPREGO DO SOFTWARE É SINÔNIMO DE QUALIDADE?

Certamente esta questão é respondida negativamente. Haja vista os exemplos anteriormente

Tabela 1 – Distribuição de cargas – soma de reações do pórtico espacial (tf)...1892.5

Pavimento	Piso	Carga aplicada (tf)	Área (m <sup>2</sup> )	Carga média (m <sup>2</sup> )
Caixa D'água	12	17.0 – 5.6 = 11.4	23.3	.73
Zeladoria	11	82.1 – 9.8 = 72.4	64.0	1.28
Cobertura	10	159.0 – 18.0 = 140.9	112.4	1.41
Tipo_9	9	147.0 – 15.3 = 131.7	132.3	1.11
Tipo_6a8	8	147.0 – 15.3 = 131.7	132.3	1.11
Tipo_6a8	7	147.0 – 15.3 = 131.7	132.3	1.11
Tipo_6a8	6	147.0 – 15.3 = 131.7	132.3	1.11
Tipo_3a5	5	147.0 – 15.3 = 131.7	132.3	1.11
Tipo_3a5	4	147.0 – 15.3 = 131.7	132.3	1.11
Tipo_3a5	3	147.0 – 15.3 = 131.7	132.3	1.11
1º Andar	2	156.0 – 16.0 = 140.0	140.9	1.11
Térreo	1	371.3 – 26.7 = 344.6	281.3	1.32
Fundação	0	148.1 – .0 = 148.1	44.0	3.37
<b>Total</b>		<b>1962.5 – 183.3 = 1779.2</b>	<b>1548.0</b>	<b>1.27</b>

Tabela 2 – Resumo do consumo e taxas

Pavimento/Pasta	Concreto		Aço		
	Consumo (m <sup>3</sup> )	Taxa (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	Consumo (kg)	Taxa (kg/m <sup>2</sup> )	Taxa (kg/m <sup>3</sup> )
Caixa D'água	4.6	.20	242.4	10.4	52.2
Zeladoria	17.4	.27	1700.2	26.6	97.5
Cobertura	28.4	.28	3381.6	33.0	119.0
Tipo_9	25.0	.22	1927.4	17.2	77.1
Tipo_6a8	75.0	.22	5886.6	17.5	78.5
Tipo_3a5	75.0	.22	6231.6	18.5	83.1
1º Andar	26.7	.22	2525.4	20.9	94.4
Térreo	55.5	.21	6297.0	24.1	113.5
Fundação	19.0	.43	992.3	22.5	52.2
<b>Total</b>	<b>326.7</b>	<b>.23</b>	<b>29184.5</b>	<b>20.8</b>	<b>89.3</b>

Os valores /m<sup>2</sup> são divididos pela área do pavimento e o /m<sup>3</sup>, pelo volume do concreto.

citados com o uso intensivo de softwares e com os devidos problemas apresentados. É importante ressaltar que o modelo estrutural adotado pelo engenheiro já é um forte condicionante para, em alguns casos, não se atingir a qualidade desejada no projeto final da estrutura.

### C) SOFTWARE AUXILIA NA QUALIDADE DO PROJETO?

Evidentemente que sim. Desde que corretamente empregado, o software é uma poderosa ferramenta para elaboração dos projetos. Hoje em dia, seria muito difícil projetar estruturas complexas sem o auxílio de softwares avançados.

### D) O QUE FAZ NA VERDADE UM SOFTWARE?

Pode-se responder que apenas a automatização de cálculos sofisticados, desenhos e relatórios alfanuméricos. Os desenhos e relatórios gerados somente se tornam projetos de engenharia após uma criteriosa análise, verificação, adaptação, conferência e validação dos resultados.

Fica então a questão: quais os requisitos básicos que um engenheiro deve seguir para a elaboração de projetos estruturais com os avançados softwares disponíveis?

### Validando resultados do processamento

Dentro de inúmeras modalidades de validação de resultados de um processamento, vale a pena destacar algumas verificações básicas, simples, que devem ser realizadas com o objetivo de buscar uma ordem de grandeza. Geralmente estas verificações são muito aproximadas, mas permitem a realização de certo controle de

qualidade nos resultados após todo o complexo processamento geral. Dentre dezenas de índices básicos que o engenheiro estrutural deve dispor, podem-se citar alguns:

#### A) SOMATÓRIA DE CARGAS VERTICAIS

Todas as cargas verticais foram corretamente alimentadas e interpretadas pelo software? O resultado está próximo de um número básico que pode ser 1.200 kgf/m<sup>2</sup>? Se sim, este item pode ser validado. Se o resultado for muito diferente, é preciso uma explicação lógica pela discrepância de resultados.

#### B) SOMATÓRIA DE CARGAS HORIZONTAIS

Para a grande maioria das regiões do país, a somatória de cargas horizontais da edificação dividida pela área de obstrução lateral fornece resultados próximos de 70 kgf/m<sup>2</sup>? Se o resultado não estiver próximo deste valor, a região possui velocidades baixas de vento? Ou muito elevadas? Em função da região, é fácil validar os resultados apresentados.

#### C) MOMENTO FLETOR POSITIVO EM VIGAS

Uma viga bi-apoiada com carga uniformemente distribuída de intensidade [q] e comprimento [l] possui o valor do momento fletor no meio do vão igual a  $M_k = q \cdot l^2 / 8$ . Este número é fundamental. O engenheiro deve procurar descobrir os [q \* l<sup>2</sup> / 8] da sua estrutura, fazendo aproximações usando o bom senso, e validar os resultados obtidos.

#### D) ARMADURA DE VIGAS A FLEXÃO SIMPLES

Em vigas usuais, o resultado da expressão simplificada,  $A_s = 0.40 \cdot M_k / d$ , fornece uma exce-

lente aproximação do valor calculado para o  $A_s$  necessário. E o antigo coeficiente  $K_6=b*d^2/M_k$ ? Valores abaixo de 30 indicam que a viga tem dimensões insuficientes.

### E) INTENSIDADE DE CARGAS NOS PILARES

Como conferir? Basta adotar uma área de influência aproximada para o pilar, multiplicar pela carga média de 1.200 kgf/m<sup>2</sup> e verificar com o resultado obtido para o caso de carregamento vertical total. E a tensão atuante nos pilares, em kgf/cm<sup>2</sup>? Deve ficar, em boa parte dos casos em torno de 100 kgf/cm<sup>2</sup>. O pilar está muito comprimido? Basta calcular ou examinar o coeficiente  $N_i=N_{sd}/(A_c*f_{cd})$  para cada lance do pilar.

### F) TAXAS DE ARMADURAS

Para edificações similares, as taxas de armaduras para vigas, pilares e lajes são semelhantes com certa margem de discrepância. É possível armazenar estes índices e apenas comparar a dispersão da taxa de armadura real com a taxa padrão. Com isto é possível examinar os pontos críticos do projeto sob o ponto de vista das armaduras.

### G) COMPARANDO ELEMENTOS SIMILARES

Uma regra extremamente simples é a comparação de resultados em elementos (vigas, lajes e pilares) que devem possuir praticamente a mesma resposta. Sempre questionar o porquê um elemento tem mais carga que o outro. Por que um pilar possui uma solicitação maior do que o outro quando isto não deveria ocorrer? Por que uma laje praticamente igual à outra possui uma armadura

bem maior? São regras simples, mas de fundamental importância na validação dos resultados.

### H) QUANDO OS RESULTADOS DIVERGEM DOS ESPERADOS

Muitas vezes, em modelos complexos, têm-se algumas dificuldades para analisar os resultados. Neste caso pode-se recorrer a um artifício simples que é o de duplicar e simplificar o modelo estrutural, reduzir o número de elementos, impor condições de contorno adequadas ao entendimento e estudar um ponto específico do modelo onde as dúvidas estão ocorrendo. Em inúmeras situações, o software também exerce a função de despertar e aprimorar a intuição do engenheiro estrutural. Devido à sofisticação dos processamentos que resolvem sistemas de equações com centenas de milhares de incógnitas, o aprendizado do engenheiro estrutural é constante.

O engenheiro que já teve a oportunidade de realizar estas verificações periodicamente nos seus projetos pode constatar a importância da adoção desta metodologia. Frequentemente, vem à tona problemas de modelagem, entrada de dados, interpretação de dados fornecidos ao software etc, totalmente não esperados.

### Algumas conclusões

Como já apresentado, os resultados produzidos por um software para engenharia estrutural, mesmo em edificações convencionais, não podem ser considerados, em hipótese alguma, como sendo um projeto estrutural, embora os desenhos técnicos emitidos automaticamente pelos sistemas possam ser similares aos de um projeto acabado.

Tabela 3 – Resumo do detalhamento de Pilares - Cargas

Pilar: NUM: 1		Título: P1			Lances: 1 a 10				
Lance	Título	Área [cm <sup>2</sup> ]	NFer	Bitola [mm]	As [cm <sup>2</sup> ]	Taxa [%]	fck (MPa)	T	Ni
10	Cobertura	1600.0	8	10.0	6.3	.39	25.0	8.	.04
9	Tipo_9	1600.0	8	10.0	6.3	.39	25.0	16.	.09
8	Tipo_6a8	1600.0	8	10.0	6.3	.39	25.0	23.	.13
7	Tipo_6a8	1600.0	8	10.0	6.3	.39	25.0	31.	.17
6	Tipo_6a8	1600.0	8	10.0	6.3	.39	25.0	38.	.21
5	Tipo_3a5	1600.0	8	10.0	6.3	.39	25.0	46.	.25
4	Tipo_3a5	1600.0	8	10.0	6.3	.39	25.0	53.	.30
3	Tipo_3a5	1600.0	8	12.5	9.8	.61	25.0	61.	.34
2	1º Andar	1600.0	8	16.0	16.1	1.01	25.0	68.	.38
1	Térreo	1600.0	8	25.0	39.3	2.45	25.0	98.	.55

Ni: Força Normal Adimensional ( $N_{sd} / AC * F_{cd}$ ) (Carga vertical: Comb. 1)

T: Tensão de Cálculo (Carga Vertical: Combinação 1) (kgf/cm<sup>2</sup>)

É de fundamental importância que os engenheiros estruturais analisem os resultados obtidos, façam uma validação criteriosa dos principais resultados comparando-os com os obtidos por expressões simplificadas, facilmente calculadas de forma manual, e com uma perfeita comprovação teórica e prática.

Os índices que cada profissional adota para validar o seu modelo e os resultados podem variar para cada engenheiro. O importante é que cada um tenha os seus indicadores próprios, acumulados ao longo de anos de experiência e que cada resultado seja devidamente analisado e conferido. Como o jovem engenheiro ainda não tem a devida experiência para a criação destes índices e, como estes são necessários e fundamentais para a devida validação, a solução neste caso é sempre recorrer, inicialmente, a um profissional mais experiente até que ele se capacite para tal função.

A segurança necessária para se projetar uma estrutura provém, primordialmente, deste trabalho de conferência e validação com modelos e regras simples. É importante reafirmar que não existe projeto estrutural sem este trabalho de certificação da qualidade dos resultados emitidos por qualquer um dos softwares disponíveis no mercado. Os desenhos somente podem ser emitidos como projetos e entregues para a execução após a sua completa e segura validação. ♦

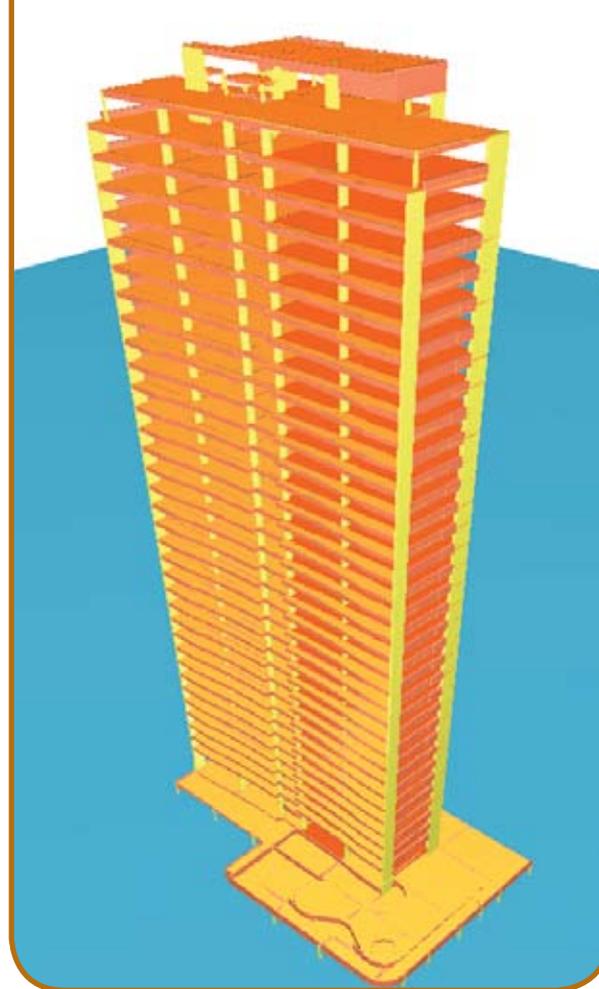


Figura 2 – Desenho tridimensional de edificação

## Cursos Master PEC programados Junho | Julho | Agosto



- Curso sobre Impermeabilização e Proteção de Estruturas de Concreto
- Curso sobre Concreto Projetado
- Curso sobre Concreto Dosado em Central

### Programa MasterPEC

O Programa Master em Produção de Estruturas de Concreto é um sistema de cursos/disciplinas de educação continuada do Instituto Brasileiro do Concreto.

Objetiva o desenvolvimento e difusão do conhecimento em projeto, materiais, controle, produção, inspeção, diagnóstico, proteção e reabilitação de estruturas de concreto.

Disponibiliza os avanços tecnológicos na área com uma visão sistêmica e integradora, promovendo a ética e a responsabilidade social, reconhecendo a Construção Civil como um dos mais importantes setores industriais da sociedade.

**Informações:** Marta  
Tel.: 11 3735-0202  
marta@ibracon.org.br

## Variação de propriedades mecânicas de concretos convencionais e de alta resistência em temperaturas elevadas

Rogério Cattelan Antochaves de LIMA  
Universidade Federal do Pampa/UFPM

Larissa Degluomini KIRCHHOF  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Luiz Carlos Pinto da SILVA FILHO  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

### Introdução

Em 1999, teve início, no Laboratório de Ensaios e Modelos Estruturais (LEME) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), uma linha de pesquisa voltada à análise dos efeitos de altas temperaturas em elementos estruturais. O objetivo principal estabelecido para esta linha era produzir dados e articular esforços de pesquisa visando contribuir para um melhor entendimento da dinâmica do processo de deterioração do concreto armado em função da exposição ao calor, bem como analisar materiais e técnicas que retardassem ou evitassem esta deterioração.

A exposição a elevadas temperaturas, fato comum durante a ocorrência de sinistros, representa uma das formas mais degradantes e severas a que uma estrutura pode estar submetida. É fundamental coletar e disseminar conhecimentos sobre as propriedades dos materiais estruturais frente ao fogo, com vistas a propiciar que, ainda na fase de projeto de uma edificação, sejam empregadas técnicas de projeto, coeficientes de segurança e/ou medidas protetoras que garantam, num eventual sinistro, a manutenção da integridade da estrutura, e consequentemente a segurança dos seus usuários, por um período razoável de tempo.

O presente artigo apresenta alguns dados obtidos durante o desenvolvimento dos estudos desta linha de pesquisa, relativos aos efeitos de altas temperaturas sobre as propriedades mecânicas, expressas em termos de resistência à compressão sim-

ples ( $F_c$ ) e módulo de elasticidade ( $E_c$ ), de concretos de resistência convencional e de alta resistência.

### Efeitos da elevação de temperatura na estrutura do concreto

De forma simplificada, pode-se considerar que, até os 80°C, a pasta de cimento hidratada não apresenta significativas alterações em sua estrutura, exceto pelo fato de que o aumento da temperatura pode estimular a hidratação tardia e acelerada de partículas que ainda permaneciam anidras.

Entre 80°C e 105°C ocorre a decomposição da etringita, e se inicia o processo de perda de água absorvida. Aumentos maiores da temperatura começam a vaporizar a água interlamelar. A partir de então se inicia uma decomposição gradativa do gel de C-S-H, que origina diferentes tipos de silicatos de cálcio, dependendo da composição mineralógica e do teor original de Ca/Si. A pressão de vapor imposta pela liberação de água, conjuntamente com o aquecimento, estimula a desidratação da portlandita, que se inicia aos 400°C e se prolonga até cerca de 600°C. A desidratação adicional da pasta de cimento, devido à decomposição do hidróxido de cálcio, começa próximo aos 500°C, mas temperaturas na ordem de 900°C são necessárias para decomposição completa do C-S-H. Acima de 800°C, a pasta de cimento pode sofrer reações cerâmicas. Após o resfriamento, algumas das fases cimentícias podem se re-hidratar, formando diferentes géis ou componentes cristalinos.

A cal livre formada se re-hidrata após o resfriamento com ligeira expansão, favorecendo o aparecimento de microfissuras.

A evaporação da água presente no concreto pode ocasionar danos ao material, se o vapor não conseguir escapar da matriz. A formação de uma zona quente e dessecada junto à superfície pode causar um acúmulo de vapor no interior do material, aumentando a poropressão. Isto gera tensões que podem resultar em fissuração e lascamento superficial, fenômeno usualmente conhecido como spalling, ou deslocamento, que pode ter caráter explosivo, gerando rupturas súbitas. O spalling ocorre quando a pressão de vapor dentro do material aumenta a uma taxa maior do que o alívio de pressão causado pela liberação de vapor para a atmosfera. Sua manifestação é, portanto, mais freqüente em concretos que apresentam uma estrutura de poros mais refinada e uma umidade interna elevada. Nestas condições gera-se muito vapor que não consegue escapar da matriz.

Normalmente o spalling é combatido com a adição de fibras de polipropileno, que fundem durante o aquecimento, reduzindo de tamanho e liberando espaço para a redução da poropressão. Teores da ordem de 3% de fibra são recomendados para controlar o spalling.

Já em relação aos agregados, é importante destacar que os mesmos não apresentam o mesmo coeficiente de dilatação térmica da matriz cimentícia, o que leva a deformações diferenciadas. Muitas vezes, as tensões geradas por estas deformações diferenciadas são incrementadas por transformações estruturais ocorridas na estrutura interna de certos agregados. É o caso dos agregados silicosos contendo quartzo (granito, arenito e gnaiss), que sofrem uma expansão súbita de cerca de 0,85% do seu volume, em temperaturas próximas a 573°C, em função da transformação do quartzo  $\alpha$  para  $\beta$ . As rochas carbonáticas também apresentam comportamento expansivo em temperaturas acima de 700°C, devido ao desenvolvimento de reações de descarbonização. Apesar disto os agregados calcários podem ser vantajosos, devido ao seu baixo coeficiente de dilatação térmica, ao caráter endotérmico das reações de desagregação e ao fato das mesmas gerarem uma película superficial de  $\text{CO}_2$ , que pode atuar parcialmente como um isolante térmico.

### Efeitos das altas temperaturas nas propriedades mecânicas do concreto

Como seria de esperar, as transformações microestruturais do concreto afetam suas propriedades macroscópicas. A NBR 15200: Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio, primeira norma brasileira relacionada à determinação das propriedades do concreto em elevadas temperaturas, tem por finalidade estabelecer critérios para o projeto das estruturas de concreto em situação de incêndio, seguindo uma estratégia de garantir uma parcela de integridade mínima à edificação por um

período razoável, que permita a retirada dos ocupantes e o combate ao sinistro.

Esta norma estabelece correlações entre o comportamento dos materiais e da estrutura, apresentando fatores de redução para a resistência à compressão e para o módulo de elasticidade em diferentes temperaturas, cujos valores dependem da mineralogia do agregado graúdo. Além disto, contém fatores de redução para a resistência ao escoamento e para o módulo de elasticidade do aço, e alguns métodos que permitem a verificação de estruturas de concreto em situação de incêndio, buscando garantir um bom desempenho da edificação frente à ação do fogo.

Entretanto, os fatores de redução apresentados pela NBR 15200, referente à degradação das propriedades mecânicas do concreto em altas temperaturas, não consideram as diferentes composições de concreto existentes no mercado e, conseqüentemente, não são afetados pela variação da resistência do compósito.

Sabe-se que o comportamento do concreto em situação de incêndio é influenciado por uma série de fatores que interagem, sendo a composição do concreto um dos fatores importantes que deve ser levado em consideração, uma vez que tanto a pasta de cimento quanto o agregado são constituídos de componentes que se decompõem, em maior ou menor grau, com a exposição ao calor, como discutido acima. Desta forma, pode-se esperar que hajam diferenças de comportamento entre concretos de resistência convencional e de alta resistência, que apresentam estruturas de poros e composições distintas. É importante averiguar se estas diferenças são significativas e devem ser levadas em consideração.

Buscando colaborar neste sentido, a seguir são apresentados alguns resultados obtidos no LEME, relacionados à determinação de algumas das principais propriedades mecânicas (resistência à compressão e módulo de elasticidade) residuais de concretos de resistência convencional e alta resistência, após a exposição a elevadas temperaturas, sem aplicação de carga.

### Programa experimental

A estratégia experimental consistiu em moldar concretos com diferentes relações  $a/c$ , constituídos por diferentes tipos de agregados graúdos, obtendo, assim, amostras com composições variadas, as quais foram aquecidas em diferentes patamares de temperatura.

O aglomerante cimentício utilizado para confecção das amostras foi o cimento Portland de alta resistência inicial (CPV-ARI). Como agregado miúdo foi empregada areia média de origem natural, com diâmetro máximo de 2.4 mm. Foram, ainda, utilizados dois tipos de agregado graúdo comuns na região de Porto Alegre: britas naturais britadas de origem basáltica e granítica, com diâmetro máximo de 19 mm.

**Tabela 1 – Níveis dos Fatores Controláveis**

Fatores Controláveis	Níveis
Temperatura de exposição [°C]	ambiente/200/400/600/900
Tipo de agregado graúdo	basalto/granito
Resistência do concreto	alta/convencional

Na tabela 1, apresenta-se a matriz experimental definida a partir da combinação dos fatores controláveis: temperatura de exposição, tipo de agregado graúdo e resistência do concreto. Salienta-se que a variação da resistência ocorreu, por meio do emprego de traços com diferentes relações água-aglomerante, os quais originaram concretos com resistência e compacidade bastante diferentes.

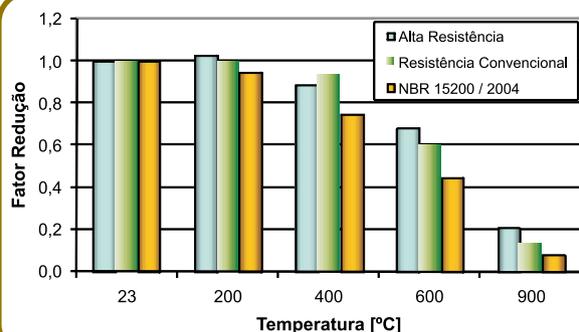
A fim de permitir a combinação de todos os fatores controláveis em seus diversos níveis, quatro traços de concreto foram investigados: os traços A e B representam concretos de alta resistência e os traços C e D representam concretos de resistência convencional, conforme apresentado na tabela 2.

### Análise dos resultados

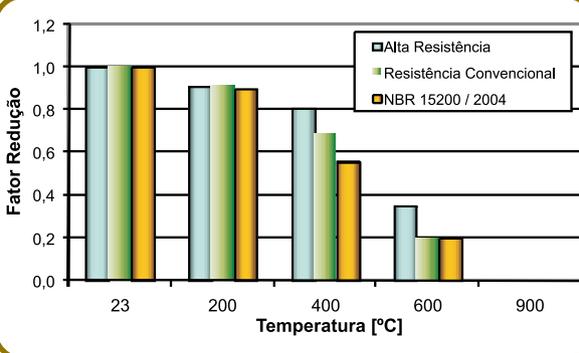
Na figura 1, apresentam-se os resultados da análise comparativa, em função da temperatura, entre os fatores de redução da resistência obtidos no programa experimental e os fatores previstos pela NBR 15200. Os resultados representam a média geral da resistência à compressão dos concretos de alta resistência e de resistência convencional, respectivamente, com os dois tipos de agregado.

Observa-se que os fatores de redução obtidos no programa experimental e os prescritos pela norma, para o comportamento do material concreto, apresentam a mesma tendência, sendo que os valores prescritos pela norma, geralmente, são mais conservativos. Em nenhuma temperatura se obtiveram resistências à compressão mais baixas do que as indicadas pela norma, o que reforça a confiabilidade do critério proposto, que trabalha em favor da segurança. Salienta-se, novamente,

**Figura 1 – Fatores de redução da resistência mecânica em função da temperatura**



**Figura 2 – Fatores de redução do módulo de deformação em função da temperatura**



que este critério visa estabelecer correlações entre o comportamento dos materiais e da estrutura em situação normal, ou seja, comparar o desempenho à temperatura ambiente com o esperado em situação de incêndio.

Na figura 2, são apresentados os fatores de redução do módulo de elasticidade em função da temperatura obtidos experimentalmente, comparados com os previstos pela NBR 15200. Os valores experimentais representam a média dos resultados coletados no ensaio de módulo de deformação para

**Tabela 2 – Traço dos concretos investigados**

	A	B	C	D
Cimento (kg/m <sup>3</sup> )	451	451	270	270
Agregado Miúdo (kg/m <sup>3</sup> )	722	722	911	911
Agregado Graúdo Granítico (kg/m <sup>3</sup> )	1.173	***	1.181	***
Agregado Graúdo Basáltico (kg/m <sup>3</sup> )	***	1.173	***	1.181
Água (l/m <sup>3</sup> )	135	135	189	189
Super Plastificante (kg/m <sup>3</sup> )	4,51	4,51	***	***

concretos de alta resistência e de resistência convencional, respectivamente.

Conforme esperado, a comparação entre os fatores de redução prescritos pela norma e os obtidos durante os ensaios experimentais apresentaram a mesma tendência no referente ao comportamento e, além disto, em nenhum patamar de temperatura o fator de redução obtido experimentalmente foi superior ao prescrito pela norma.

### Conclusões

Pode-se concluir que as indicações da NBR 15200 referentes às reduções potenciais de resistência e rigidez do concreto em situações de incêndio se mostram adequadas, se constituindo de uma referência importante para análise, na fase de projeto,

do comportamento de elementos estruturais de concreto, após a exposição a diferentes patamares de temperatura.

Os resultados obtidos ratificam a importância das normalizações vigentes contemplarem critérios para a estimativa de redução da resistência e do módulo de elasticidade após um sinistro, seja para o projeto de um novo empreendimento ou para a avaliação das condições de segurança de uma estrutura sinistrada.

Em especial, pode-se verificar que o uso de concretos de alta resistência, com maior compacidade, não causa prejuízos ao desempenho de uma estrutura exposta a altas temperaturas, desde que seja controlada a tendência ao deslocamento explosivo, pela redução da umidade ou incorporação de fibras de polipropileno. Ao contrário, a maior qualidade da matriz permitiu um controle melhor da deterioração, resultando em resistências e módulos de deformação residuais maiores.

### Referências Bibliográficas

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15200: projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio. Rio de Janeiro, 2004.
- LIMA, R.C.A. Investigação do comportamento de concretos em temperaturas elevadas. 2005. 241f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005. ◆

# Workshop Internacional sobre as melhores práticas para Pavimentos de Concreto

Recife, Brasil • 21 a 23 de outubro de 2007



## OBJETIVOS

*Fórum Internacional para apresentação e discussão das melhores práticas para seleção e dosagem de concreto, projeto de pavimentos, sua análise estrutural, sua construção e manutenção, para estradas, vias urbanas, pisos industriais, portos e aeroportos.*

## PALESTRANTES

### WS-I: Novas Tecnologias para Concreto de Pavimentação

*Prof. Dr. Dan Zollinger, Texas AM University – Presidente da Sociedade Internacional para Pavimentos de Concreto (ISCP)*

### WS-II: Modernas Técnicas para Projeto de Pavimentos de Concreto

*Dra. Kathleen Teresa Hall – Vice-Presidente da ISCP*

### WS-III: Evolução da Construção Mecanizada na Europa

*Prof. Dr. Willy Wilk, Swiss Federal Institute of Technology  
Ex-Presidente da Associação Suíça de Cimento Portland*

### WS-IV: Avaliação e Análise Estrutural por Modelagem Numérica

*Prof. Dr. Lev Khazanovich, University of Minnesota – Autor  
Principal do Programa ISLAB de Elementos Finitos*

### WS-V: Modelos de Desempenho e Gerência dos Pavimentos

*Prof. (Emeritus) Dr. Michael Darter, University of Illinois –  
Pesquisador e Consultor da ARA-ERES*

### WS-VI: Manutenção e Restauração dos Pavimentos após Longo Uso

*Dr. Mark Snyder – Secretário Geral da ISCP*

## ORGANIZADORES

- INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO IBRACON • ESCOLA POLITÉCNICA DA USP
- ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PERNAMBUCO • INTERNATIONAL SOCIETY FOR CONCRETE PAVEMENTS

## Construção civil e o atual cenário econômico nacional

Samara Miyagi  
Austin Asis

O setor da construção civil no Brasil tem vivido uma ótima fase. Muitos fatores têm contribuído para esse desempenho favorável, destacando-se a atual conjuntura econômica do País.

Com a economia aquecida, o País vem registrando melhorias consideráveis em variáveis importantes para o setor, como maiores níveis de renda e emprego da população, atrelados a uma maior oferta de crédito. A partir desse cenário, merece destaque a trajetória de constante queda na taxa básica de juros (SELIC) – atualmente em 12,5% – o que significa maior segurança do mercado e maior atratividade de investimentos no setor, o que, conseqüentemente, possibilita aos bancos nacionais trabalharem com taxas menores nos financiamentos de longo prazo.

Como conseqüência, o País registrou em 2006 um expressivo incremento no segmento de crédito imobiliário, como é possível observar no gráfico.

Apesar do crescimento da oferta de crédito imobiliário, o Brasil ainda possui uma baixa relação entre o crédito imobiliário e o PIB. De acordo com dados do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), apenas 2% do PIB nacional está relacionado a esse segmento, bem abaixo dos índices de outros países, como Estados Unidos (65%), Espanha (45,9%) e Chile (12,8%).

No entanto, tentando aproveitar a demanda latente no mercado imobiliário, muitos bancos estão firmando parcerias com construtoras, de modo a proporcionar mais alternativas para a população adquirir imóvel próprio.

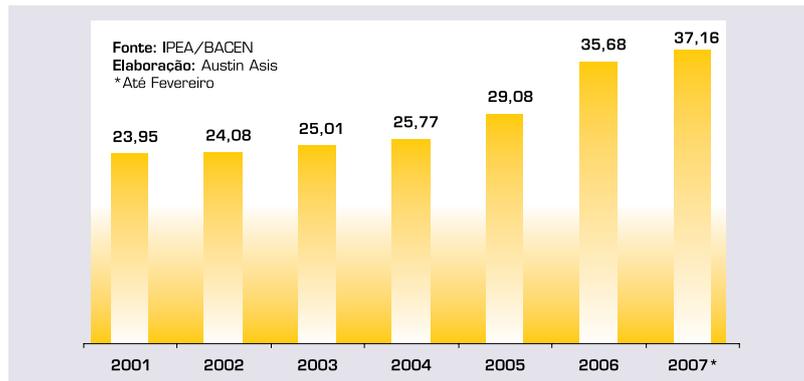
As facilidades criadas para o setor da construção civil estão atraindo principalmente as famílias de classe média e baixa, que constituem a parcela de população que dificilmente obterá financiamentos sem esses estímulos e que constituem o foco do déficit habitacional existente no Brasil.

A estimativa é de que o déficit habitacional brasileiro, em 2006, tenha chegado a 7,9 milhões de moradias, sendo que desse total, quase 84% são relacionados a famílias com renda de até 5 salários mínimos.

Vale ressaltar que os bons resultados apresentados pela construção civil acabam por movimentar diversos setores da economia, como por exemplo:

Operações de crédito do sistema financeiro – setor privado-habituação

(Em R\$ bilhões)



os segmentos siderúrgicos e metalúrgicos; o de máquinas e equipamentos; os de artigos de plásticos; produtos químicos; serviços; dentre outros.

Além de impactar no desempenho de outros setores, a indústria da construção civil no País é grande geradora de empregos, sendo que somente em 2006, o nível de emprego do setor cresceu 7%, em relação ao ano anterior – segundo o Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo (SindusCon-SP). Desta forma, um aquecimento da indústria de construção traria importantes benefícios para toda a economia do País.

Deve-se frisar, no entanto, que para que haja uma expansão efetiva e estruturada, o setor de construção civil necessita do avanço conjunto de outros vetores, como de saneamento básico, logística e energia elétrica, de modo a estarem aptos a atender à essa nova demanda. Cabe lembrar que o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) deverá contribuir para esse avanço.

A estimativa é de que o ano de 2007 também seja positivo para a indústria da construção, visto as perspectivas de continuidade no aquecimento da economia nacional e seus índices correlatos.

Em resumo, pode-se afirmar que em 2007 as condições macroeconômicas do Brasil, por apresentarem-se mais consistentes e estimularem uma maior oferta do crédito imobiliário, deverão contribuir de forma vigorosa para a expansão do setor da construção civil no País. ♦

## Efeito do confinamento pelo solo em tubulões de concreto – 2ª parte

Mario Franco  
JKMF

### 1. Introdução

No nº 45 desta revista publicamos o artigo intitulado “Efeito do confinamento pelo solo em tubulões de concreto”. Nele foram analisados diversos aspectos do projeto de bases de tubulões de concreto, a saber:

**a)** aplicabilidade da conhecida expressão das tensões de tração da Teoria da Elasticidade:

$$\sigma_t = \frac{\sigma_s}{\frac{\operatorname{tg}\beta}{\beta} - 1} \quad (1)$$

Válida para blocos de base retangular, ao caso de bases de seção circular.

$\sigma_t$  é a tensão máxima de tração na base;

$\sigma_s$  é a pressão, suposta constante, que o solo exerce sobre a base;

$\beta$  é o ângulo formado pelas diretrizes do tronco de cone com o plano horizontal.

**b)** influência favorável do confinamento oferecido pelo solo resistente, quando a base está nele embutida pelo menos 20 cm, nas tensões de tração no concreto, conforme é atualmente permitido pela *NBR-6122/96 – “Cálculo e execução de fundações”*.

**c)** cálculo da armadura de tração na base, quando as tensões de cálculo de tração no concreto ultrapassam a tensão resistente de cálculo, através do método biela-tirante.

Naquele trabalho foram utilizados modelos de elementos finitos sólidos com uso do programa SAP-2000, Versão 10. Os modelos foram gerados através de extrusão radial, que apresenta o inconveniente de perder precisão nas proximidades do eixo do modelo, justamente onde se encontram as tensões máximas. Os referidos modelos apresentam, naquele eixo, uma singularidade. Isto porque ao se chegar ao eixo, os primeiros elementos degenerariam para blocos de 5 faces (em lugar de 6).

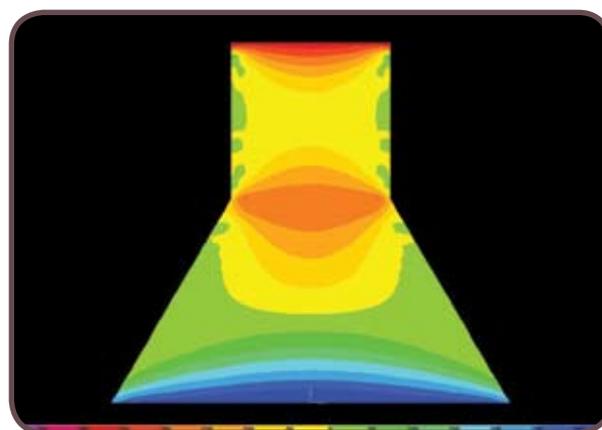


Figura 1 – beta = 60º sem chanfro

Visando obter maior precisão nos resultados, desenvolvemos nesta 2ª parte do trabalho, sempre utilizando o programa SAP-2000-V10, um modelo misto: gerou-se um cilindro central por extrusão linear com elementos de 6 faces, complementado por uma extrusão radial na parte periférica do modelo, também com elementos de 6 faces. Com isto, eliminou-se a singularidade, obtendo-se, em toda a extensão do modelo, resultados confiáveis<sup>1</sup>.

### 2. Estudo de bases de planta circular admitindo pressão uniforme no solo

Foram estudadas bases de seção circular, com ângulo  $\beta$  de inclinação variando de 60º a 80º, sem e com chanfro. Nas Figs. 1 e 2 são apresentados os diagramas de tensões horizontais máximas para  $\beta = 60^\circ$  respectivamente sem chanfro, e com chanfro de altura igual a  $D/15$ , sendo  $D$  o diâmetro da base. Comparando os resultados com os da Teoria da Elasticidade, verifica-se que:

- a)** as tensões não são mais constantes, aumentando das extremidades para o centro da base (Fig. 3);
- b)** as tensões máximas para base sem chanfro são 25% superiores àquelas da expressão (1) (onde também não se considera a presença de chanfro) (Fig. 3);
- c)** as tensões máximas para base com chanfro são 12% superiores àquelas da expressão (1) (Fig. 3);

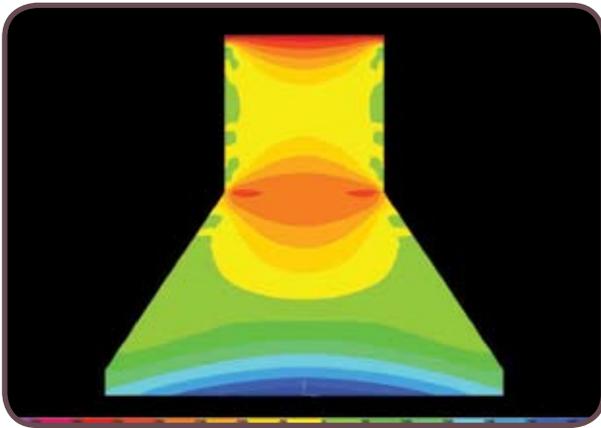


Figura 2 - beta = 60° com chanfro

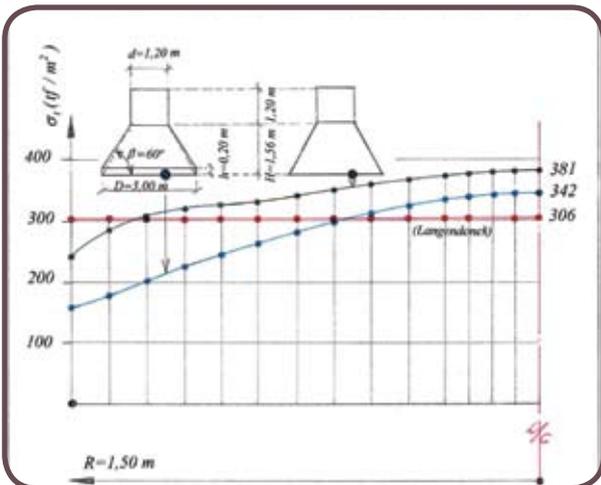


Figura 3 - distribuição das tensões de tração - beta = 60°

d) é possível definir expressões simples de  $\beta$  em função da relação  $\sigma_s / \sigma_t$ , com erro inferior a 30', para o intervalo de interesse, que vai de 60° a 80°, tanto para base sem chanfro quanto no caso de haver chanfro de altura  $h \geq D/15$  (Fig. 4). Tais expressões aproximadas são indicadas abaixo.

**Base sem chanfro:**

$$\frac{\sigma_s}{\sigma_t} = \frac{\text{tg } \beta - 0,755}{1,860} \quad (2)$$

**Base com chanfro:**

$$\frac{\sigma_s}{\sigma_t} = \frac{\text{tg } \beta - 0,858}{1,495} \quad (3)$$

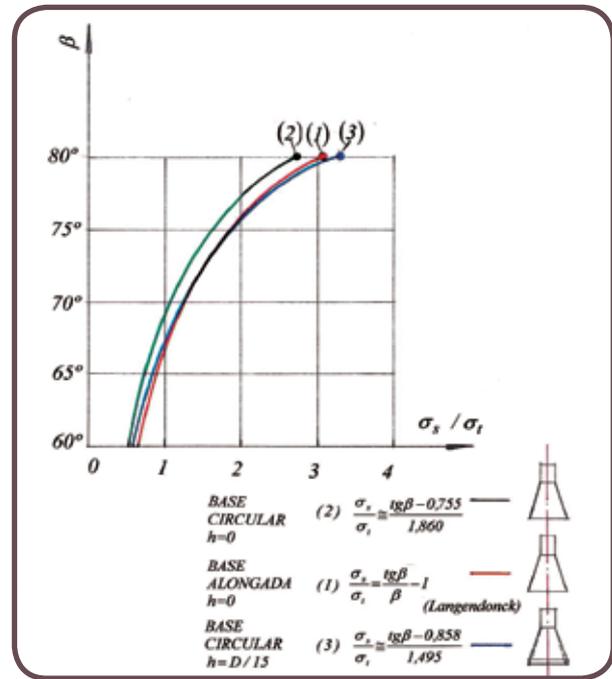


Figura 4 - valores de  $\sigma_s / \sigma_t$

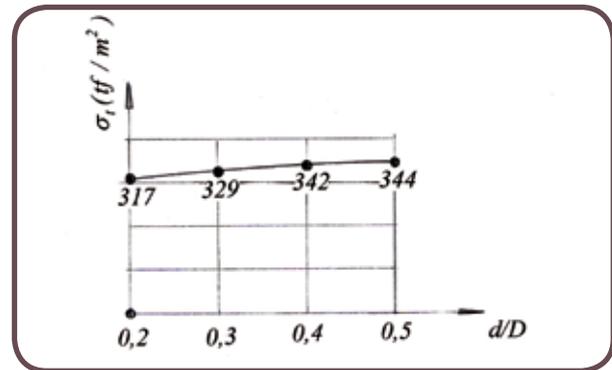


Figura 5 - tensões máximas em função de d/D

e) as tensões máximas dependem fracamente da relação d/D, podendo as expressões (2) e (3) serem utilizadas para qualquer valor dessa relação, sem prejuízo para a segurança (Fig. 5).

### 3. Influência do confinamento pelo solo

Os resultados obtidos com o novo modelo melhorado indicam valores inferiores àqueles apresentados na 1ª parte deste trabalho (Fig. 6, 7, 8 e 9). É o que se observa no gráfico da Fig. 8. No entanto, permanece o fato anteriormente constatado de o efeito favorável do confinamento pelo solo só ser apreciável para módulo de elasticidade deste igual o maior a 30 % do módulo do concreto da base.

Observe-se que no exemplo considerado (Fig. 6) para  $k = E_s / E_c \cong 0$  a tensão máxima de tração (Fig. 8) é de 426 tf/m<sup>2</sup>, quando no caso

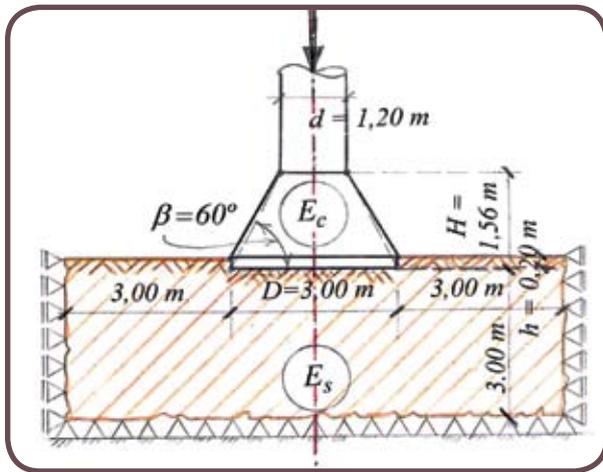


Figura 6 - tubulão + solo - corte

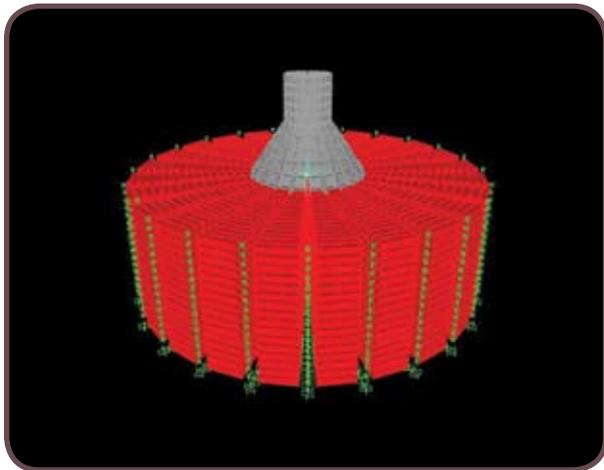


Figura 7 - tubulão + solo - perspectiva do modelo

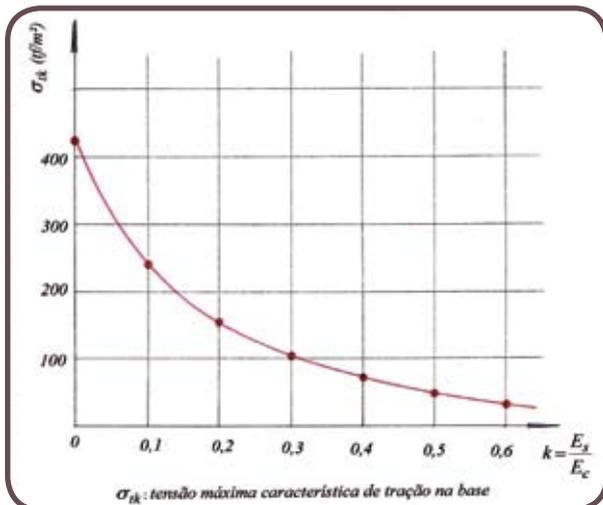


Figura 8 - tensões máximas em função de  $k = E_s / E_c$

de pressão constante no solo (§ 2, Fig. 3) essa tensão resulta ser de 342 tf/m<sup>2</sup>. Essa diferença de 25% deve ao fato de, para solos moles, as tensões verticais no solo serem maiores na periferia do bloco do que no centro, como se observa na Fig. 10.

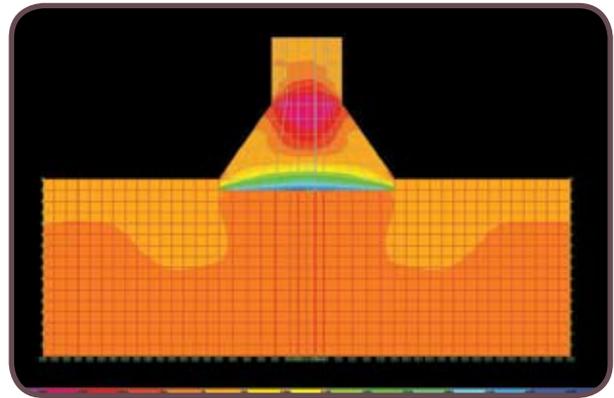


Figura 9 - tubulão confinado -  $k=0$  - tensões de tração S11

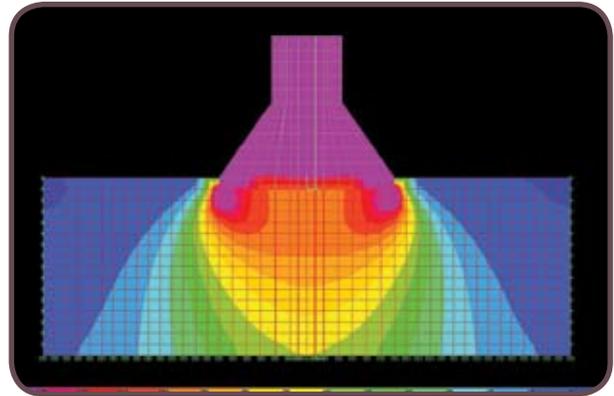


Figura 10 - tubulão confinado -  $k=0$  - tensões verticais s33

## 4. Conclusões

**4.1.** No caso de tubulão de base circular, admitindo tensão uniforme no solo, a expressão da Teoria da Elasticidade, recomendada pela Norma NBR-6122/96 é 25% contra a segurança para bases sem chanfro, e 12% contra a segurança para bases com chanfro  $h \geq D/15$ , sendo D o diâmetro da base.

**4.2.** É possível utilizar, sem erro apreciável, as expressões aproximadas (2) para base sem chanfro e (3) para base com chanfro  $h \geq D/15$ . O erro na determinação do ângulo  $\beta$  é inferior a 30'.

**4.3.** A relação  $d/D$  pouco influi na tensão máxima de tração na base, podendo as expressões aproximadas (2) e (3) serem utilizadas para qualquer valor dessa relação.

**4.4.** Pode ser levado em conta o efeito favorável do confinamento proporcionado pelo solo nas tensões de tração na base, desde que se estabeleçam limites para o módulo de elasticidade do solo (que deverá ser determinado através de ensaios) quer para a resistência do concreto à tração.

**4.5.** Não havendo informações suficientes quanto ao módulo de elasticidade do solo, e sempre que a tensão de tração de cálculo do concreto ultrapasse a respectiva resistência de cálculo, a base deverá ser armada ou o ângulo  $\beta$  deverá ser aumentado utilizando as expressões (2) ou (3). Para o cálculo das armaduras ortogonais de tração recomenda-se o método biela-tirante, através da expressão apresentada na 1ª parte desse trabalho (Revista CONCRETO, nº 45). ♦

## Desperdícios na construção civil brasileira: conceito, classificação e melhoria utilizando produção enxuta

Rodrigo Rodrigues da Cunha\*  
FACI

### 1. Introdução

No Brasil, muito se discute as perdas de materiais na construção civil. Os poucos estudos aprofundados sobre o tema realizado no país até o momento indica percentuais de perdas de alguns materiais bastantes elevados. A divulgação de tais resultados tem revocado a reação de algumas construtoras e segmentos da indústria preocupados em preservar a imagem do setor ou em reduzir custos.

O presente artigo tem como objetivo principal discutir dois pontos fundamentais relacionados ao tema. Em primeiro lugar questiona – se o conceito de perdas tradicionalmente adotado na construção civil, fortemente focado nas chamadas atividade

de conversão. Embora os desperdícios de materiais seja a expressão mais concreta das perdas no setor, é importante encará-las segundo o enfoque mais amplo, a exemplo, do que ocorre o bastante tempo na Engenharia de Produção.

Em segundo lugar, discute-se a necessidade de conscientização por parte do setor sobre o papel dos indicadores de perdas no seu desenvolvimento. O esforço de medição de desempenho dos processos produtivos de forma clara, associada à qualidade e produtividade segundo as normas filosóficas gerenciais, como o Sistema Toyota de Gestão, responsável por colocar a montadora Japonesa na frente das 12 principais empresas mundiais do ramo, chega à construção civil e pode dar excelentes resultados. Economia de tempo, melhoria da qualidade e queda dos desperdícios



Figura 1 –

\* Pós-graduando sob orientação do Prof. Mestrando Salomão Peres

são os principais sinais notados a partir dessa nova dinâmica de gestão.

A inclusão deste novo modelo de gestão que visa melhorar o aproveitamento humano, possibilitando a otimização do tempo e a redução do nível de desperdício.

Os conceitos e dados apresentados neste artigo foram extraídos de vários estudos realizados por Rodrigo Rodrigues da Cunha, acadêmico do curso de Engenharia Civil da Faculdade Ideal (FACI), ao longo de 2006 e início de 2007.

---

## 2. Conceito de perdas

---

Segundo o dicionário Aurélio, perda significa; ato ou efeito de perder, morte, extravio, sumiço, destruição. Porém na construção civil é com frequência, associado unicamente aos desperdícios de materiais. No entanto as perdas estendem-se além deste conceito e devem ser entendidas como qualquer ineficiência que se reflita no uso de equipamentos, materiais, mão de obra e capital em quantidades superiores àquelas necessárias na produção de edificações. Neste caso, as perdas englobam tanto a ocorrência de desperdícios de materiais quanto à execução de tarefas desnecessárias que geram custos adicionais e não agregam valor. Tais perdas são consequências de um processo de baixa qualidade, que trás como resultado não só uma elevação de custos, mas também um produto final de qualidade deficiente. Para melhorar compreensão deste conceito, deve-se conhecer a natureza das atividades que compõem o processo de produção. Um processo pode ser entendido como um fluxo de materiais e informações desde a matéria prima até o produto final. Neste fluxo, os materiais são processados, inspecionados, movimentados ou estão em espera. Assim as atividades componentes de um processo podem ser identificadas, pelo exemplo, Figura 01, sistema Just-in-time, que tem o objetivo de dispor da peça necessária, na quantidade necessária e no momento necessário, pois para lucrar necessita-se dispor do inventário para satisfazer as demandas imediatas da linha de produção, que mostra a linha de montagem final do corpo em um fábrica de automóveis. Cada processo de submontagem está ligado à linha principal no meio para formar a linha principal no meio para formar a linha de produção. Os números na figura são os números de passagem dos carros. Assim, o carro nº1 esta saindo da linha e o Carro nº4 acaba de entrar no processo nº1.

Este processo normalmente agrega valor ao produto final, ou seja, transformam as matérias primas ou componentes nos produtos requeridos pelos clientes. Entretanto nem todas as atividades gerenciais de conversão agregam valor ao produto. Por exemplo, a necessidade de retrabalho indica que se executou uma atividade de conversão sem agregar

valor. As novas filosofias de produção indicam que a eficiência dos processos pode ser melhorada e as suas perdas reduzidas ao extremo não só através da eficiência da linha de produção, mas também pela eliminação de algumas atividades de fluxo. Por exemplo, quando se desenvolve uma inovação tecnológica na construção civil deve-se eliminar ao máximo a necessidade de atividade de transportes, espera e inspeção de materiais.

É claro que o princípio da eliminação de atividades de fluxo não deve ser levado ao extremo. Existem diversas atividades que agregam valor as quais são fundamentais à eficiência global do processo, como por exemplo, controle tecnológico, treinamento de mão de obra, instalação de dispositivos de segurança.

---

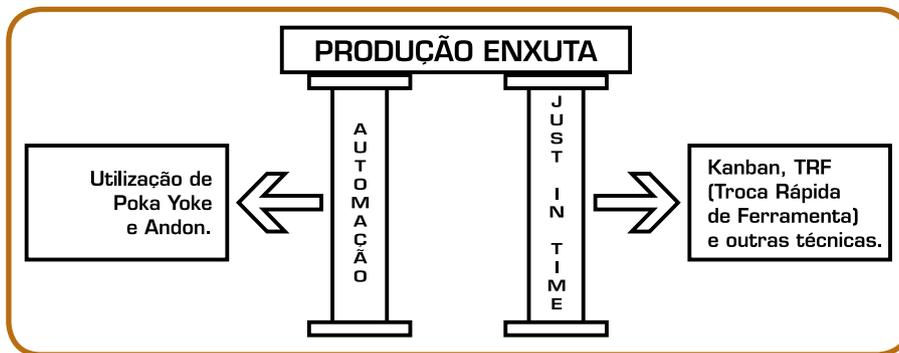
## 3. Produção enxuta na obra

---

Vários esforços realizados para se atender exigências do mercado, esse trabalho discute o modelo desenvolvido pela Toyota, que é conhecido hoje por Produção Enxuta, procurando mostrar como esse sistema de produção desenvolvido e aperfeiçoado no decorrer dos últimos cinquenta anos pode através da valorização e desenvolvimento dos trabalhadores do chão de fábrica, ser de grande ajuda para a "sobrevivência" das montadoras existente atualmente no Brasil, que abrange mais de quinze marcas diferentes entre comerciais leves, caminhões, ônibus e tratores, colocando o Brasil entre os países com maior número de marcas e plantas industriais automotivas do mundo.

Após o estudo do mais eficiente complexo fabril de produção em massa do mundo, percebeu-se ser possível melhorar o sistema de produção existente na Toyota, mas que seria difícil apenas copiar e aperfeiçoar o modelo americano, devido à situação em que o Japão se encontrava após o término da segunda guerra mundial, concluindo então que a produção em massa não funcionaria nesse país, sendo eles 'obrigados' a criarem um novo sistema de produção, que é hoje conhecido por Produção Enxuta, que foi concebido para trabalhar com grandes ou baixos volumes de produtos, onde a produção seria puxada a partir da demanda.

O sistema de produção em massa era cheio de muda, é toda atividade que absorve recursos e não agrega valor ao produto final, podendo ser dividida em sete categorias: excesso de produção, excesso de estoque, excesso de refugos e retrabalho, excesso de movimentação, excesso de processo, excesso de espera e excesso de transporte. Para se alcançar a eliminação total desses desperdícios através da Produção Enxuta, é preciso uma boa implantação dos dois pilares de sustentação desse sistema, que são a Automação (princípio pelo qual uma máquina automática é capaz de interromper seu processo sempre que ocorrer qualquer anomalia) e o Just-In-Time (meio através do qual as partes ne-



**Figura 2** – Esses dois pilares de sustentação da Produção Enxuta são compostos por diversas técnicas e ferramentas de apoio, como a Manutenção Produtiva Total (MPT), kanban, gestão visual, círculo da qualidade e outros, mas que são utilizadas diretamente pelos trabalhadores do chão de fábrica, precisando por isso ser criados meios de compartilhar a responsabilidade dos objetivos organizacionais junto com esses trabalhadores.

cessárias só chegam em seu ponto de uso apenas na quantidade necessária e no tempo necessário, possibilitando trabalhar com um inventário bem próximo de zero), conforme demonstrado na figura 02.

#### 4. Gerenciamento visual

No Sistema de Produção Enxuta, é vital que cada processo seja atendido sempre que solicitado, evitando assim que toda a cadeia produtiva seja interrompida de forma inesperada. Para atingir com sucesso aos prazos de atendimento sem ser prejudicada com a redução dos estoques, a Toyota desenvolveu um sistema de gerenciamento pelos olhos, onde tudo que está acontecendo no setor produtivo é facilmente percebido por todos os funcionários. A gerência visual dentro de uma empresa deve abranger os 5 “M”: Mão-de-obra, Máquina, Material, Método e Medição, onde qualquer anomalia relacionada a esses itens deve ser apresentada visualmente.

- ◆ **Mão-de-obra:** através de gráficos que são atualizados diariamente pelos próprios trabalhadores referentes a absenteísmo e participação nos círculos de qualidade e através de uma folha onde é anotada a versatilidade de todos os trabalhadores do setor;
- ◆ **Máquinas:** através da automação e sistemas poka-yoke, que interrompem o processo produtivo assim que alguma anomalia acontece, indicando o problema através da utilização de andon (lâmpadas de sinalização que é acionada sempre que haja a possibilidade interrupção do processo produtivo, seja por falta de materiais ou ate mesmo por ociosidade dos operários).
- ◆ **Material:** utilização de kanban para indicar o fluxo de materiais e se a quantidade em estoque é coerente com o programado; Identificação de todos os locais reservados para o armazenamento de materiais.
- ◆ **Métodos:** através de folhas que ficam afixadas em todos os postos de trabalho, indicando a

correta maneira de se executar determinado processo, identificando pontos de verificação da qualidade e o que fazer quando ocorrer variações;

- ◆ **Medições:** a coleta do índice (tempo de execução de serviços) é muito importante para ser calculado o término da obra, coerente com o diagrama de seqüência geral da obra.

Através de gráficos de controle de qualidade, refugo, custos de produção etc. Esse módulo tem como objetivo a padronização das áreas de trabalho, procurando transmitir informações rápidas, simples e claras, por meio do quadro de indicadores de absenteísmo, refugo, produtividade e qualidade preenchidos pelos próprios trabalhadores do chão de fábrica, com marcações nos pisos, quadros instrutivos, identificação clara de materiais, etc.

A gerência visual também é fundamental para o Engenheiro da Obra, pois é lá que ele verá como anda o desempenho da obra, podendo assim evitar possíveis atrasos na entrega do empreendimento. (Figuras 03 e 04). O Índice de medição de serviços (tempo de execução de tarefa) deve ser analisado previamente pelo construtor, pois assim o diagrama de seqüência poderá ser mais preciso no que diz respeito a início e término das tarefas e da conclusão da obra.

#### 5. Trabalho em equipe

O processo de interação humana está presente em toda a organização, sendo o que mais influi no rumo das atividades e nos resultados de qualquer atividade empresarial, mas que se não forem devidamente reconhecidos e avaliados pelos dirigentes, acabam se tornando em surpresas desagradáveis, frustrações e eventos inesperados, nesse sentido, o módulo Trabalho em Equipe é considerado um dos mais importantes de todos, uma vez que busca garantir de forma duradoura a obtenção dos objetivos relativos a empresa, considerando ao mesmo nível os objetivos dos empregados, contribuindo assim de forma significativa para o aumento da competitividade e para o aumento da satisfação no trabalho e da identificação com a empresa. As equipes de trabalho se reúnem toda semana por meia hora para discutir e propor soluções para todos os problemas ocorridos dentro dos grupos, e são composta de oito a doze membros no máximo, com pessoas de

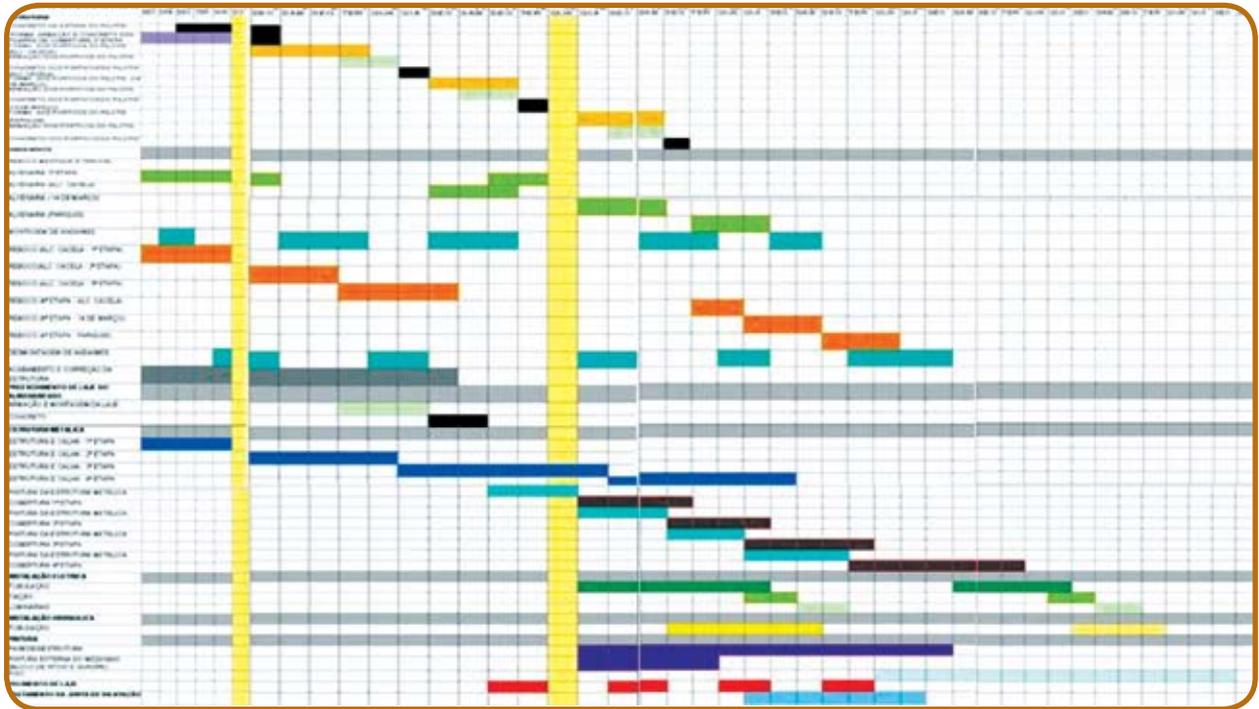


Figura 3 – O Diagrama de Seqüência é uma valiosa arma da excelência no gerenciamento de obras, nele podemos indicar todas as etapas da obra. Início e término, dentro do planejamento. (obviamente deve ser adaptado de acordo com as necessidades de cada obra)

diferentes conhecimentos e competências técnicas, onde um monitor, escolhido pela própria equipe faz o papel de interlocutor, tendo a responsabilidade da atualização de todos os dados referentes aos acontecimentos do dia-a-dia no trabalho, como absenteísmo, nível de refugo e outro.

### 5.1 ORGANIZAÇÃO DO POSTO DE TRABALHO

O posto de trabalho é um dos aspectos mais importantes da obra, pois é lá que os operários permaneceram a maior parte do tempo, é muito importante que os trabalhadores se sintam bem, haja vista que

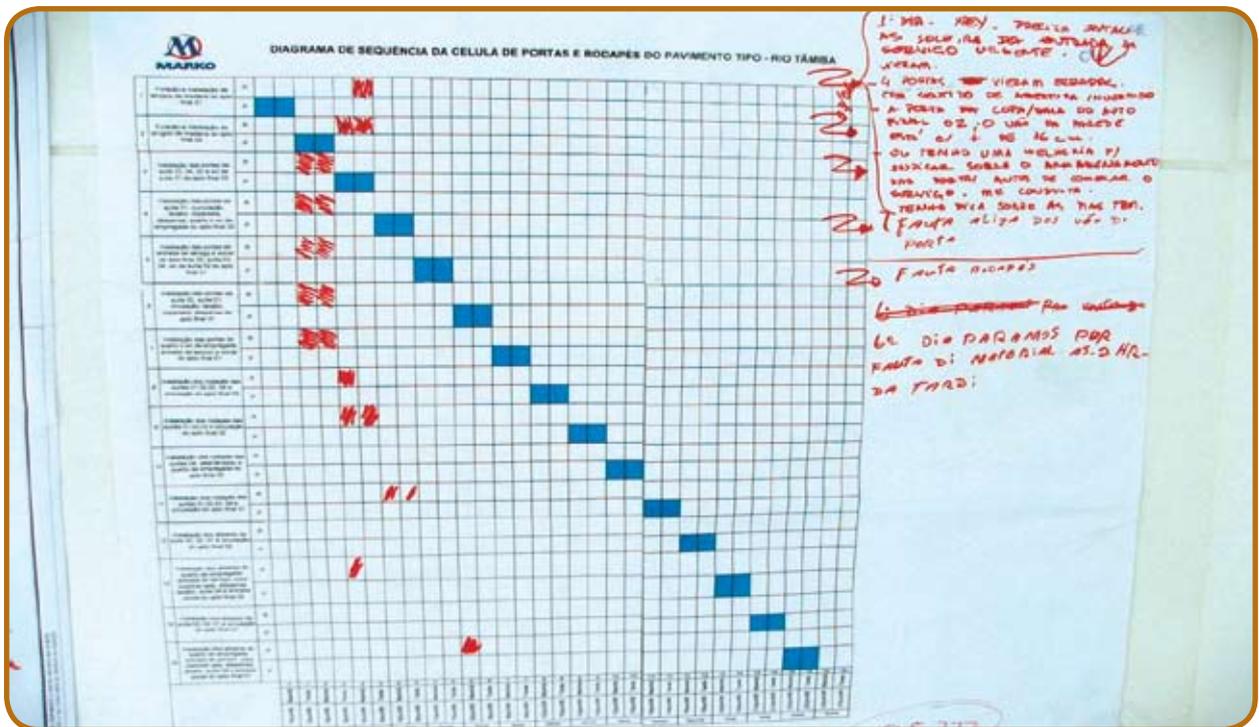


Figura 4 – Diagrama de Seqüência de instalações de rodapés e alizares, fixado no local da execução, indicando o fluxo de materiais, quantidade em estoque e data provável para conclusão da tarefa, coerente com o programado no Diagrama de seqüência geral da obra



Figura 5 – Terminal de água e local para higiene pessoal próximo ao local da tarefa dos operários

operário satisfeito e sinônimo de obra de qualidade. O ponto mais básico na implantação do Sistema de Produção Enxuta é com certeza a organização do local de trabalho, que simplesmente para essa organização, é seguida a técnica dos 5 "S", que são na verdade as iniciais de cinco palavras japonesas que significam.

- ◆ **SEIRI:** Separar tudo que é necessário dentro da empresa e descartar tudo que for desnecessário, seguindo uma básica de separar tudo que não vai ser utilizado num período de trinta dias, incluindo máquinas, moldes, matrizes, ferramentas, refugos, matéria-prima e outros itens;
- ◆ **SEITON:** Organizar tudo que sobrar após a realização do SEIRI, classificando todos os itens por sua utilidade e arrumando-os adequadamente, a fim de minimizar o tempo e esforço de busca, precisando para isso designar um local e a quantidade para cada item. O SEITON pode ser considerado o primeiro estágio para se trabalhar com uma produção puxada, pois como todos os itens passam a ter seu local definido, 'obriga' os materiais em processo a ficarem no processo de origem até que haja espaço disponível no processo seguinte;
- ◆ **SEISO:** É a limpeza do local de trabalho, abrangendo máquinas, ferramentas, chão, paredes e outras áreas. É primordial na implantação da MPT, pois através da limpeza das máquinas os operadores podem encontrar diversos defeitos como vazamentos ou parafusos soltos, que uma vez identificados são facilmente resolvidos;
- ◆ **SEIKETSU:** Significa a prática de higiene pessoal, usando uniformes de trabalho, óculos de segurança, luvas e sapatos sempre em bons estados de conservação, além de manter o trabalho de seiri, seiton e seiso continuamente;

- **SHITSUKE:** É o desenvolvimento da autodisciplina, criando o hábito diário de praticar as atividades de 5 "S" na rotina de trabalho.

A Organização do Posto de Trabalho é a configuração e manutenção do ambiente de trabalho de uma forma segura, limpa, ergonômica e clara, dos quais todas as coisas desnecessárias são removidas, procurando assim proporcionar menor tempo treinamento aos novos funcionários, transparência do processo produtivo, maior segurança nos setores produtivos e melhorias constante dos níveis de qualidade, produtividade e satisfação do trabalhador.

## 5.2 TRABALHO PADRONIZADO

Para se falar de trabalho padronizado é preciso saber diferenciar "controlar e gerenciar", onde o controlar se restringe simplesmente ao processo, e não as pessoas, enquanto o gerenciar significa gerenciar os funcionários, através de padrões que permitam ao empregado controlar o processo. O trabalho Padronizado é a uniformização do método de trabalho entre os turnos, com o objetivo de padronizar as atividades desenvolvidas pela mão-de-obra do posto de trabalho, tendo como principais vantagens à execução segura e completa de todas as atividades definidas, o auxílio na orientação do trabalho e a definição clara daquilo que deve ser feito, garantindo assim a produtividade e qualidade dos bens fabricados.

## 6. Solução de problemas

O módulo de solução de problemas é um procedimento padrões, por meio dos quais as reais causas de cada problema são detectadas e eliminadas

de forma definitiva pelos próprios membros envolvidos com esse problema, tendo com base o Circulo de Qualidade, que é à base do sistema de qualidade japonês, e parte da opinião de que todas as pessoas que trabalham dentro de uma organização são capazes de contribuir na busca de melhorias e solução de problemas, têm-se como principais objetivos: desenvolver o conhecimento e habilidades dos trabalhadores, introduzir um esforço de equipe entre trabalhadores, supervisores e gerentes, melhorar a consciência de qualidade, criar um ambiente de trabalho mais harmonioso, levando a uma moral mais alta, encorajar o engajamento e contribuição às metas da corporação para maior qualidade e produtividade entre outros. Para a utilização desse módulo algumas regras básicas são estabelecidas, como o registro de todos os problemas que não são solucionados imediatamente e de forma duradoura em um formulário denominado de Relatório de Análise de Problemas e a utilização de ferramentas como o diagrama de causa e efeito. As vantagens deste módulo residem no fato de envolver todos os funcionários, obtendo uma maior rapidez na resolução de problemas, garantindo um produto com maior qualidade, tendo sempre a segurança e certeza das soluções definitivas. A documentação é fácil de ser interpretada e é transparente, o que gera ao final uma redução de custos (refugo e retrabalho).

Repetindo cinco vezes por quê.

Ao enfrentar um problema, alguma vez parou e perguntou por quê cinco vezes? É difícil fazê-lo, mesmo que pareça fácil, suponha, por exemplo, uma máquina parou de funcionar.

**1. Por que a máquina parou de funcionar?**

Porque houve uma sobre carga e o fusível queimou.

**2. Por que houve uma sobre carga?**

Porque o mancal não estava suficientemente lubrificado.

**3. Por que não estava suficientemente lubrificado?**

Porque a bomba de lubrificação não estava bombeando suficientemente.

**4. Por que não a bomba de lubrificação não estava bombeando suficientemente?**

Porque o eixo da bomba estava gasto e vibrando.

**5. Por que o eixo estava gasto?**

Porquê não havia uma tela acoplada e entrava limalha.

Repetindo por que cinco vezes, desta forma pode ajudar a descobrir a raiz do problema e corrigi-lo. Se esse procedimento não tivesse sido realizado, ter-se-ia apenas substituído o fusível ou o eixo da bomba. Nesse caso o problema reapareceria dentro de poucos meses.

## 7. Sistema de materiais

São formas e métodos utilizados para suprimimentos da produção com materiais. O objetivo primordial do sistema de materiais é a redução dos níveis de estoque, visando à estabilização do processo, evitando

desperdícios, e, assim reduzindo os custos. O modelo utilizado para se alcançar essa redução nos níveis de estoque é a utilização do sistema Kanban (figura 06), que é um simples pedaço de papel dentro de um envelope de vinil retangular, neste pedaço de papel a informação pode ser dividida em três categorias: (1) informação de coleta, (2) informação de transferência, e (3) informação de produção. O kanban carrega as informações vitais. Suponha que levássemos o kanban para o supermercado. Como ele funcionaria?

As mercadorias compradas pelos clientes são registradas no caixa. Cartões que carregam informações sobre os tipos e quantidade de mercadorias compradas são então passadas para o departamento de compras. Usando essas informações, as mercadorias retiradas são rapidamente substituídas pelas compradas. Estes cartões correspondem ao kanban de movimentação e as mercadorias no supermercado correspondem ao estoque na fábrica. Kanban é um dos elementos essenciais para a implantação do sistema JIT, que é um dos pilares do Sistema Toyota de Produção, uma vez que reduz o tempo de espera, diminui os estoques, melhora a produtividade e interliga todas as operações em um fluxo uniforme e ininterrupto.

## 8. Padronização da qualidade

Os processos padronizados de qualidade são procedimentos de utilização geral que servem para alcançar a qualidade especificada para o produto durante o processo de Manufatura. Esse módulo apresenta como vantagens o foco na prevenção de problemas no Processo que evita erro no processo produtivo. A utilização de instruções de trabalho bem definidas, possuir uma avaliação objetiva dos resultados, permitindo assim uma detecção mais rápida das não conformidades e suas causas. No aspecto humano, ele confere uma maior versatilidade dos profissionais, permitindo um aperfeiçoamento.

Figura 6 – Kanban de pedido de tijolos. O número 50 representa a área de entrega da mercadoria na obra, 21 é o número de controle de item. O kanban é aplicável principalmente na produção em série

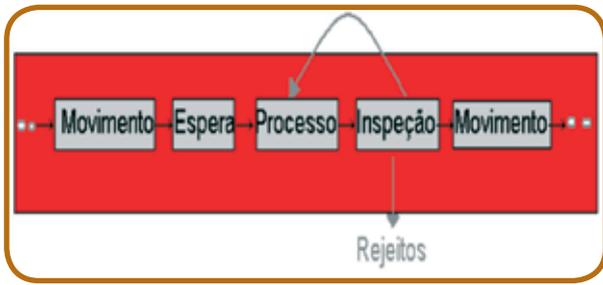


Figura 7 –

mento contínuo do processo através da utilização de ferramentas como Controle Estatístico do Processo e a análise de processos.

## 9. Classificação das perdas

Para reduzir as perdas na construção de edificações é necessário conhecer suas naturezas e identificar suas principais causas. Com este objetivo, as perdas são classificadas no presente trabalho de acordo com a possibilidade de ser controladas, sua natureza e sua origem.

## 10. As perdas segundo seu controle

A Figura 8 compara duas situações de um mesmo processo. Na primeira, a perda total, que engloba as atividades que não agregam valor, é elevada. Na situação desejada, melhora-se a eficiência das atividades que agregam valor, elimina-se uma parcela das atividades que não agregam valor, e re-

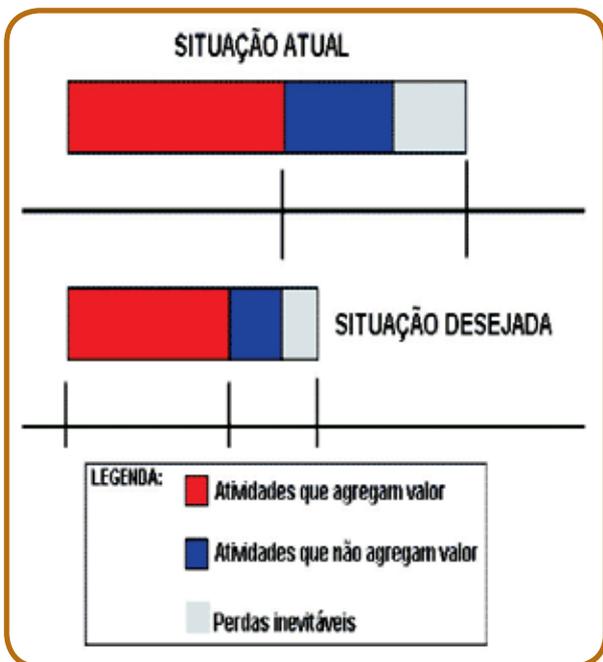


Figura 8 – As perdas segundo seu controle

duz-se as demais perdas. Contudo, pode-se admitir que exista um nível aceitável de perdas (perda inevitável) que só pode ser reduzido através de uma mudança significativa no patamar de desenvolvimento tecnológico e gerencial da empresa. Considerando este pressuposto, as perdas podem ser classificadas da seguinte forma:

**(a) Perdas inevitáveis (ou perda natural)** – correspondem a um nível aceitável de perdas, que é identificado quando o investimento necessário para sua redução é maior que a economia gerada. O nível de perdas considerado inevitável pode variar de empresa para empresa e mesmo de obra para obra, dentro de uma mesma empresa, dependendo do patamar de desenvolvimento da mesma.

**(b) Perdas evitáveis** – ocorrem quando os custos de ocorrência são substancialmente maiores que os custos de prevenção. É consequência de um processo de baixa qualidade, no qual os recursos são empregados inadequadamente.

Não se pode afirmar que existe, para cada material, um percentual único de perdas que pode ser considerado inevitável para todo o setor. Existem diversos valores, os quais dependem do nível de desenvolvimento gerencial e tecnológico da empresa. A competitividade da empresa é alcançada na medida em que a organização persegue a redução de perdas continuamente.

## 11. As perdas segundo sua natureza

A classificação adotada neste trabalho partiu do conceito das sete perdas para a construção civil. Nove categorias de perdas são identificadas:

**(a) Perdas por superprodução** – refere-se às perdas que ocorrem devido à produção em quantidades superiores às necessárias, como, por exemplo: produção de argamassa em quantidade superior à necessária para um dia de trabalho, excesso de espessura de lajes de concreto armado.

**(b) Perdas por substituição** – decorrem da utilização de um material de valor ou características de desempenho superiores ao especificado, tais como: utilização de argamassa com traços de maior resistência que a especificada, utilização de tijolos maciços no lugar de blocos cerâmicos furados.

**(c) Perdas por espera** – relacionadas com a sincronização e o nivelamento do fluxos de materiais e as atividades dos trabalhadores. Podem envolver tanto perdas de mão de obra quanto de equipamentos, como, por exemplo, paradas nos serviços originadas por falta de disponibilidade de equipamentos ou de materiais.

**(d) Perdas por transporte** – as perdas por transporte estão associadas ao manuseio excessivo ou inadequado dos materiais e componentes em função de uma má programação das atividades ou de um layout ineficiente, como, por exemplo: tempo excessivo despendido em transporte devido a gran-

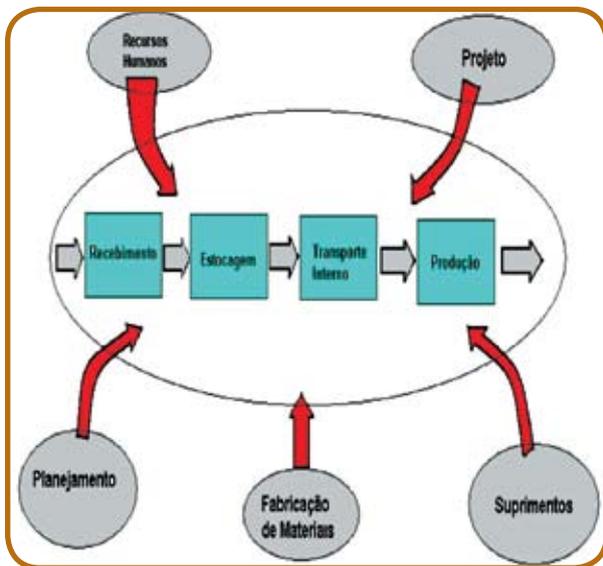


Figura 9 –

des distâncias entre estoques e o guincho, quebra de materiais devido ao seu duplo manuseio ou ao uso de equipamento de transporte inadequado.

**(e) Perdas no processamento em si** – têm origem na própria natureza das atividades do processo ou na execução inadequada dos mesmos. Decorrem da falta de procedimentos padronizados e ineficiências nos métodos de trabalho, da falta de treinamento da mão de obra ou de deficiências no detalhamento e construtividade dos projetos. São exemplos deste tipo de perdas: quebra de paredes rebocadas para viabilizar a execução das instalações; quebra manual de blocos devido à falta de meios-blocos.

**(f) Perdas nos estoques** – estão associadas à existência de estoques excessivos, em função da programação inadequada na entrega dos materiais ou de erros na orçamentação, podendo gerar situações de falta de locais adequados para a deposição dos mesmos. Também decorrem da falta de cuidados no armazenamento dos materiais. Podem resultar tanto em perdas de materiais quanto de capital, como por exemplo: custo financeiro dos estoques, deterioração do cimento devido ao armazenamento em contato com o solo e ou em pilhas muito altas.

**(g) Perdas no movimento** – decorrem da realização de movimentos desnecessários por parte

Tabela 1 – Exemplos de perdas segundo sua natureza, momento de incidência e origem

NATUREZA	EXEMPLO	MOVIMENTO DE INCIDÊNCIA	ORIGEM
Superprodução	Produção de argamassa quantidade superior à necessária para um dia de trabalho	Produção	Planejamento: falta de procedimento de controle
Substituição	Utilização de tijolos à vista em paredes a serem rebocadas	Produção	Suprimentos: falta de material em canteiro por falha na programação de compras
Espera	Parada na execução dos serviços por falta de material	Produção	Suprimentos: falha na programação de compras
Transporte	Duplo manuseio	Recebimento, Transporte, Produção	Gerenciamento de obra, falha no planejamento de local de estocagem.
Processamento	Necessidade de refazer uma Produção Planejamento: falhas na parede por não atender aos sistemas de controle requisitos de controle (nível e Recursos Humanos: falta de prumo)	Produção	Planejamento por falha no sistema de controle. Recurso humano falta de treinamento de Operários
Estoque	Deterioração do cimento estocado	Armazenamento	Planejamentos: falta de procedimentos referentes às condições adequadas de armazenamento
Movimento	Tempo excessivo de deslocamento devido às grandes distâncias de entre postos de trabalho no andar	Produção	Gerência da obra: falta de planejamento das seqüências de atividades
Elaboração de Produtos Defeituosos	Desníveis na estrutura	Produção, inspeção	Projeto: falhas no sistema de produtos

dos trabalhadores, durante a execução das suas atividades e podem ser geradas por frentes de trabalho afastadas e de difícil acesso, falta de estudo de layout do canteiro e do posto de trabalho, falta de equipamentos adequados, etc. São exemplos deste tipo de perda: tempo excessivo de movimentação entre postos de trabalho devido à falta de programação de uma seqüência adequada de atividades; esforço excessivo do trabalhador em função de condições ergonômicas desfavoráveis.

**(h) Perdas pela elaboração de produtos defeituosos** – ocorrem quando são fabricados produtos que não atendem aos requisitos de qualidade especificados. Geralmente, originam-se da ausência de integração entre o projeto e a execução, das deficiências do planejamento e controle do processo produtivo; da utilização de materiais defeituosos e da falta de treinamento dos operários. Resultam em retrabalhos ou em redução do desempenho do produto final, como, por exemplo: falhas nas impermeabilizações e pinturas, descolamento de azulejos.

**(i) Outras** – existem ainda tipos de perdas de natureza diferente dos anteriores, tais como roubo, vandalismo, acidentes, etc.

---

## 12. As perdas segundo sua origem

---

As perdas mencionadas em geral ocorrem e podem ser identificadas durante a etapa de produção. Contudo, sua origem pode estar tanto no próprio processo de produção quanto nos processos que o antecedem como fabricação de materiais, preparação dos recursos humanos, projeto, suprimentos e planejamento.

---

## 13. O papel dos índices de perdas

---

Os índices de perdas cumprem um importante papel de indicadores de desempenho dos processos produtivos e, como tal, podem ser empregados para diferentes finalidades. A utilização mais comum dada aos índices de perdas de materiais na construção civil tem sido chamar a atenção para o baixo desempenho global do setor construção em termos de qualidade e produtividade.

Entretanto, esta não é a principal função dos indicadores de desempenho. Existem outras finalidades, mais construtivas, que possibilitam aos mesmos contribuir de forma efetiva para o desenvolvimento do setor.

Em primeiro lugar, um indicador pode ter a função de visibilidade, ou seja, demonstrar o desempenho atual de uma organização, indicando seus pontos fortes ou fracos ou chamando a atenção para suas disfunções.

Este tipo de avaliação permite estabelecer prioridades em programas de melhoria da qualidade,

indicando os setores da empresa nos quais intervenções são mais importantes ou viáveis.

A segunda função de um indicador é o controle de um processo em relação a um padrão estabelecido. A partir da elaboração de um planejamento, o monitoramento de um indicador ao longo do tempo permite avaliar o desempenho do processo, identificando desvios e corrigindo a tempo as causas dos mesmos. Em terceiro lugar, um indicador é um instrumento indispensável para o estabelecimento de metas ao longo de um processo de melhoria contínua, componente indispensável de um programa para melhoria da qualidade. Este tipo de medição visa a identificar as oportunidades de melhorias e verificar o impacto de intervenções no processo. Finalmente, os indicadores de desempenho cumprem um papel de fundamental na motivação das pessoas envolvidas no processo. Sempre que uma melhoria está sendo implantada é importante que um ou mais indicadores de desempenho associados à mesma sejam monitorados e sua evolução amplamente divulgada na organização. Neste sentido, um projeto de melhoria visando à redução de perdas de materiais poderia inclusive ser empregado como um instrumento de marketing interno para um programa da qualidade, assim, a incidência de perdas deve ser monitorada através de diversos indicadores, os quais podem ou não ser relacionados aos desperdícios de materiais. Entre os diversos indicadores de perdas na construção civil, podem ser citados como exemplos os seguintes: (a) percentual de material adquirido em relação à quantidade teoricamente necessária, (b) espessura média de revestimentos de argamassa, (c) tempo de rotação de estoques, (d) percentual de tempos improdutivos em relação ao tempo total, (e) horas-homem gastas em retrabalho em relação ao consumo total, etc. Cada processo, em geral, necessita de um ou mais indicadores para ter o seu desempenho avaliado. Quando se mede um indicador de perdas é necessário ter valores de referência para avaliar o desempenho em relação a outras empresas. Neste sentido, ao se divulgar um indicador de perdas, deve-se explicitar claramente o seu significado, isto é, o conceito adotado e o método de cálculo e os critérios de medição utilizados.

É também necessário identificar as causas reais (não as aparentes) dos problemas que resultam em perdas, de forma a atuar de forma corretiva. No próximo item são apresentados, de forma resumida, alguns dos estudos desenvolvidos pelo autor que procuraram desenvolver métodos para coletar indicadores, estabelecer valores de referência, identificar as causas das perdas no setor e orientar a sua prevenção.

---

## 14. Perdas de materiais em três obras em Belém

---

O primeiro estudo realizado pelo autor através de pesquisas próprias sem apoio institucional referente às perdas na construção civil, iniciou em abril de 2006, em observações feitas em uma das maiores construtoras do estado do Pará, onde até

**Tabela 2 – Índices de perdas totais nas diferentes obras (%)**

Material	Obra 1	Obra 2	Obra 3	Média
Aço	11,5	12,3	12,2	12
Cimento	15	13	17	15
Concreto	4	5	7	5,33
Areia	17	16	18	17,00
Argamassa	17	17	19	17,67
Tijolo 6 furos	9,5	10,4	11,8	10,57

então era estagiário de Engenharia Civil, e percebeu que boa gerencia de atividades e a redução de desperdícios na obra, constituem a base para o sucesso de uma construtora.

Os principais objetivos desta pesquisa foram levantar a incidência de perdas de materiais na construção de edificações, analisar as principais causas destas ocorrências e propor diretrizes para a implementação de procedimentos de controle de perdas de materiais em empresas de construção. Como se desejava desenvolver um estudo profundo sobre as causas das perdas, optou-se por limitar a pesquisa a um pequeno número de obras e a um conjunto limitado de materiais e de tipologias construtivas. Foram selecionadas três obras para o levantamento dos dados, todas localizadas em Belém-PA. Utilizou-se como critério de escolha das mesmas o emprego de tecnologias tradicionais (estrutura de concreto armado, paredes com tijolos cerâmicos e revestimentos de argamassa) e a necessidade de que as mesmas se encontrassem em estágios semelhantes.

É óbvio que o reduzido tamanho da amostra impede que os resultados do estudo possam ser generalizados para todo o setor. A pesquisa, portanto, não teve como objetivo esgotar o assunto, mas pretendia constituir-se em um primeiro estudo mais aprofundado do problema, procurando também incentivar o desenvolvimento de outras pesquisas que pudessem contribuir na composição de dados sobre as perdas de materiais.

Foram eliminados os itens referentes à mão-de-obra, bem como os materiais que possuem uma baixa probabilidade de ocorrência de perdas, apesar da sua grande representatividade em termos de custo, tais como elevadores, janelas, portas e outros. Com base nestes critérios, foram escolhidos os seguintes insumos para serem observados: Aços, concreto pré-misturado, cimento, areia, argamassa pré-misturada e tijolos cerâmicos, os quais somados representam aproximadamente 20% do custo total de obras construídas por processos construtivos tradicionais.

A Tabela 2 apresenta uma síntese dos resultados obtidos nos três empreendimentos pesquisados.

Verificou-se a quantidade de material que entrou na obra, transportes, armazenamento, aplica-

ção na obra e percentagem de perda. Os dados apresentados confirmaram uma das hipóteses principais do estudo, ou seja, que as perdas de materiais na construção de edificações são efetivamente maiores do que as normalmente aceitas pela indústria da construção em suas estimativas de custo.

O estudo comprovou também que existe uma grande variação nos índices de perdas em diferentes obras. Levando em conta que canteiros similares apresentaram diferentes níveis de perdas para os mesmos materiais, pode-se concluir que uma parcela considerável destas perdas é possível de ser evitada. O fato de que não foram tomadas medidas relativamente simples de prevenção nas obras pesquisadas indica que existe uma falta de preocupação com as perdas de materiais. Nenhuma das obras pesquisadas possuía uma política definida de administração de materiais, tanto em relação ao seu gerenciamento, como na aplicação de um controle sistemático para a sua utilização.

Ficou evidente também que melhorias podem ser obtidas sem a introdução de equipamentos caros ou grandes avançadas técnicas gerenciais, mas simplesmente através de cuidados elementares no recebimento, na estocagem, no manuseio, na utilização e na proteção dos materiais. Este fato indica que a redução de perdas poderia ser facilmente utilizada como ponto focal em programas de melhoria da qualidade em empresas de construção.

Concluiu-se também que a falta de interesse em controlar os materiais é uma importante causa de ocorrência de perdas. A magnitude das perdas de materiais não era conhecida pelas próprias empresas, antes da realização do estudo, devido à completa ausência de métodos de levantamento e contabilização de seu uso. A pesquisa mostrou que a mudança na atitude dos envolvidos no processo construtivo é muito mais importante do que mudanças em tecnologias de construção para a obtenção de melhor desempenho das empresas no que se refere à administração de materiais. É fundamental que os envolvidos conscientizem-se do alto valor dos materiais e da necessidade de aplicar medidas de prevenção com relação às perdas.

O estudo comprovou que a gerência tem mais responsabilidade pelas perdas que os operários. Estes são, normalmente, considerados pelos empresários da construção como os principais responsáveis pela baixa produtividade, má qualidade e pelo elevado índice de perdas de materiais. Entretanto, observou-se que as deficiências no gerenciamento da obra tinham grande relação com a elevada incidência de perdas de materiais. De uma forma geral, as perdas eram resultadas de uma combinação de fatores, e não de incidentes isolados. Muitas perdas originaram-se fora dos canteiros de obras, nas etapas que antecedem a produção, principalmente devido a projetos inadequados ou compras mal efetuadas. Através do estudo dos projetos das três obras pesquisadas foi possível concluir que deficiências nas especificações e no detalhamento e, principalmente, a falta de coordenação entre os mesmos são causas de

elevadas perdas de materiais. As quebras de tijolos causadas pela falta de meios-tijolos é um exemplo de problema gerado no setor de suprimentos.

## 15. Considerações finais

Em primeiro lugar, o número de trabalhos realizados no país é ainda insuficiente, não podendo ser apontadas médias nacionais com validade estatística. Neste sentido, é importante que o setor amplie o esforço de coleta de indicadores de qualidade e produtividade, apoiados pelos trabalhos que vêm sendo realizados por universidades, institutos de pesquisa e empresas de consultoria.

Entretanto, os dados sobre perdas de materiais disponíveis indicam que as mesmas são bastante elevadas, existindo uma grande variabilidade nos indicadores de perdas de diferentes obras. Considerando que uma grande parcela das perdas são previsíveis e evitáveis através de medidas de pre-

venção relativamente simples, é importante que o setor mobilize-se também no sentido de reduzir as perdas existentes, através da introdução de novos métodos e filosofias de gestão.

O próprio conceito de perda necessita ser revisado no setor. A exemplo de outros setores industriais que têm se beneficiado intensamente dos avanços da engenharia de produção, é importante que a construção civil passe a encarar as perdas sob um enfoque mais amplo, ao invés de simplesmente se preocupar com as perdas de materiais. O esforço para melhoria de processos deve visar à minimização do dispêndio de quaisquer recursos que não agregam valor ao produto, sejam eles vinculados às atividades de conversão ou de fluxo. Fica claro também que não existe um único valor de perdas inevitáveis para cada material. O percentual de perdas inevitáveis é definido pela relação entre o custo da prevenção e o custo da perda e depende do patamar de desenvolvimento tecnológico e gerencial de cada empresa ou obra. A competitividade da empresa é alcançada na medida em que a organização persegue a redução de perdas continuamente.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- TAIICHI OHNO. O Sistema Toyota de Produção: Além da produção em larga escala, Porto Alegre, 1997. Bookman. ◆



**SE VOCÊ ANUNCIA EM VEÍCULOS  
NÃO-FILIADOS AO IVC É ASSIM:  
VOCÊ NUNCA SABE EXATAMENTE  
PELO QUE ESTÁ PAGANDO.**

O IVC é o responsável pela auditoria de circulação nos principais jornais e revistas do país. É ele quem oferece informações de circulação confiáveis para seu planejamento de mídia. Não corra o risco de ter seu anúncio publicado em menos exemplares do que foi comprado. Anuncie em veículos filiados ao IVC.

**IVC**  
INSTITUTO VERIFICADOR DE CIRCULAÇÃO  
www.ivc.org.br | Tel.: (21) 2263-7791

## Supervisão de obras por empresas de consultoria

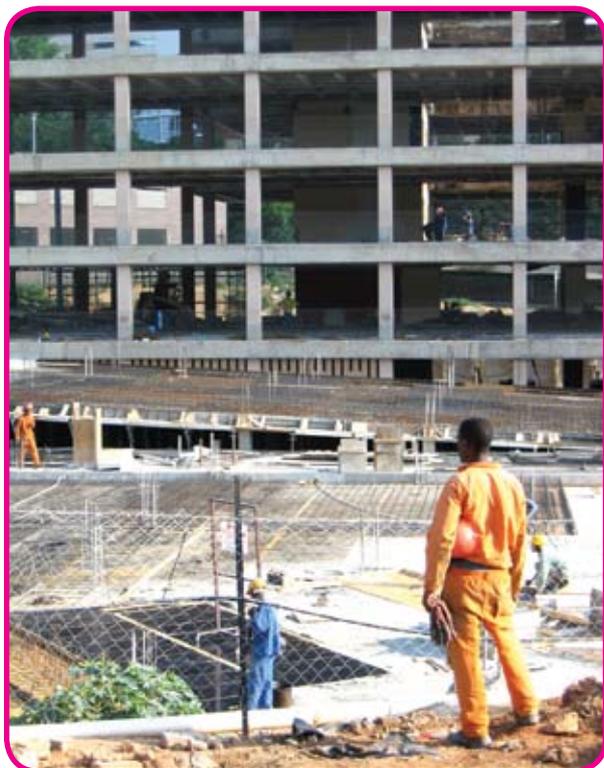
João Eduardo Alves da Motta  
Consultor

### Apresentação

A finalidade deste modesto trabalho é oferecer algum subsídio prático a todos aqueles que direta ou indiretamente se acham envolvidos em supervisão de construção.

Sendo uma atividade relativamente recente no Brasil\*, apesar de bastante empregada em outros países, a supervisão por firmas consultoras ainda é encarada com certas dúvidas tanto pelos clientes como pelos construtores. Isto se deve tanto pela ausência de sistemáticas definidas quanto pelo despreparo de firmas para exercerem tais funções, o que dá margem a grande divergência no estabelecimento das devidas atribuições.

Com base nas dificuldades encontradas ao longo de uma participação ativa tanto em supervisão como em construção, apresentam-se algumas sugestões de conceitos e atribuições, a fim de que experiências de vida profissional possam contribuir



como orientação na formação e operação de uma equipe de supervisão.

### 1. Introdução

A supervisão de construções cobre horizontes que ultrapassam a esfera da obra, envolvendo muito mais do que uma simples vigilância de trabalho.

Indo além desses limites, deve englobar toda a ciência e tecnologia da arte de construir, de maneira a satisfazer os interesses do cliente, do projetista, do empreiteiro e do usuário, agindo com bom senso e serenidade a fim de resolver seus eventuais pontos de conflito.

Sua atuação, a partir de atribuições bem definidas, através da aplicação de conhecimentos técnicos auxiliados pela experiência e habilidade no relacionamento entre as partes, certamente conduzirão ao resultado final desejado, dentro de um clima de respeito e harmonia.

#### 1.1 – CONCEITO DE SUPERVISÃO

Conceitualmente supervisão significa inspeção num plano superior, no sentido de orientação e direção. Assim, por definição, sua função seria uma atuação de acompanhamento dentro de um caráter de orientação e coordenação dos diversos serviços componentes, de uma obra se desenrolem de modo uniforme e ordenado, conforme a concepção de um projeto e de acordo com suas especificações.

É comum confundir-se supervisão com fiscalização (sem se referir a fiscalização no sentido de cliente), mas, na verdade, a supervisão pode ou não abranger a fiscalização. Enquanto que supervisão orienta e esclarece com caráter qualitativo global, fiscalização tem caráter quantitativo e qualitativo particular, isto é, mede quantidades executadas e verifica qualidade ao nível de especificações e não de concepções.

#### 1.2 – QUALIFICAÇÕES NECESSÁRIAS

Para que a equipe de supervisão possa exercer suas atividades com sucesso, é imprescindível que seus componentes estejam plenamente fami-

liarizados com o projeto, tendo estudado-o com cuidado e procurado sanar as dúvidas básicas com antecedência. Isto só é possível com pleno conhecimento da região, sendo, portanto, desejável que seja instalada com alguma antecedência em relação ao início dos serviços.

É necessário também que seus elementos-chave tenham experiência de obra, experiência essa compatível com o grau de dificuldade a ser encontrado, pois, apesar de não existirem duas obras iguais, as orientações de decisão no campo só logram sucesso com pleno conhecimento de causa (a segurança de quem já participou de serviço semelhante), que, também facilita sobremaneira o relacionamento com os construtores.

### 1.3 – OBJETIVOS E ATRIBUIÇÕES DA SUPERVISORA

O objetivo básico de uma equipe de supervisão é o acompanhamento de uma obra de engenharia verificando e orientando os serviços das empreiteiras, de maneira que sua 'execução obedeça a concepção estabelecida no respectivo projeto.

Suas atribuições serão definidas particularmente pelo cliente, que poderá ou não delegar-lhe também funções de fiscalização. Exercendo basicamente atividades de esclarecimentos e orientação, deverá fornecer (ou verificar seu fornecimento) as notas de serviço das diferentes etapas ao construtor, complementando-as sempre que necessário com os detalhes construtivos do projeto. É realidade que qualquer projeto de engenharia muito dificilmente poderá conter todos os necessários detalhes construtivos, mesmo porque em muitos casos só são possíveis de serem detalhados no campo, conforme a evolução dos serviços. Também com relação as escalas de apresentação, padronizadas pelos clientes, torna-se freqüentemente necessário o fornecimento de detalhes em outras escalas para melhor compreensão das concepções, tanto mais numerosas quanto maior for o grau de sofisticação das soluções de projeto.

Assim, em termos gerais concernentes à própria atividade de supervisão, pode-se resumir entre suas atribuições principais as seguintes:

- ◆ Revisão, interpretação e detalhamento do projeto de engenharia.
- ◆ Elaboração das notas de serviços das diversas obras
- ◆ Acompanhamento e inspeção dos serviços.
- ◆ Apresentação de relatórios mensais contendo um resumo das atividades executadas com comentários sobre os serviços.

### 1.4 – LIGAÇÃO CLIENTE – SUPERVISÃO – EMPREITEIRA

Como entidade de confiança do cliente, já que contratada pelo mesmo a fim de verificar o correto andamento da execução de um projeto aprovado, e de conhecimento de todas as partes, qualquer ligação Cliente-Empreiteira, deverá ser feito através da Supervisão.

Além dos relatórios técnicos de progresso, que serão focalizados mais adiante, e em que a supervisão porá o cliente ao par dos acontecimentos da obra, é conveniente a realização de reuniões, pelo menos uma vez por mês, com a presença do cliente e da empreiteira, organizadas pela supervisão.

Essas reuniões, marcadas de preferência já para vários meses (por ex.: 1ª quarta-feira de cada mês), com local e horário pré-estabelecidos, teriam uma agenda contendo os assuntos, sendo abertas com o resumo dos acontecimentos desde a reunião anterior. Qualquer assunto para entrar na agenda terá um prazo para ser recebido, passando automaticamente para a reunião seguinte, desde que não cumprido o tempo hábil. No seu encerramento se lavraria uma ata, que assinada pela partes, seria o documento hábil de resolução de problemas pendentes, com cópia sempre incluída nos relatórios ao cliente.

## 2. Organização de uma equipe de supervisão

Da boa organização de uma equipe, muito dependerá o sucesso da atuação da supervisão. A experiência mostra que um dos grandes fatores de desajuste numa equipe é a falta de homogeneidade de seus componentes, na maior parte das vezes contratados aleatoriamente sem outro critério que não o preenchimento de um cargo.

Deve-se levar em conta que as obras, em sua esmagadora maioria, são em lugares pequenos, desprovidos de recursos, em que, além da convivência diária e constante no serviço, haverá a convivência fora do mesmo, e com as famílias. Não havendo homogeneidade, fatalmente essa proximidade se traduzirá em tensões, que serão levadas ao trabalho, quase sempre com prejuízos ao seu desempenho.

Esta ocorrência é menos comum entre as empreiteiras, onde se nota um ambiente melhor, porque normalmente suas equipes já vêm trabalhando juntas há tempos, o que não acontece com as supervisoras, quer seja devido às condições de mercado, quer seja pela sua própria estrutura, montam e desmontam suas equipes para um determinado serviço, havendo entre as empresas grande rotatividade de mão de obra nesse campo.

### 2.1 – DIMENSIONAMENTO DA EQUIPE

O dimensionamento de uma equipe de supervisão só pode ser feito de forma satisfatória com um razoável conhecimento de seu respectivo projeto de engenharia.

Desde que a supervisora seja também a autora do projeto de engenharia (o que é desejável, se bem que não seja indispensável, porque é muito comum excelentes projetistas jamais virem a ter estrutura de supervisão), seria ideal que, durante sua elaboração, fosse alocado ao próprio projeto um elemento com experiência de obra e conhecimento

de projeto. Esse técnico seria o autor do capítulo “Plano de Execução” e “Esquema de Supervisão”, ficando automaticamente encarregado de fazer os ajustes e o correspondente dimensionamento por ocasião da efetivação da supervisão.

Definida a equipe, seu coordenador fará o correto dimensionamento com base nas necessidades reais da obra, a partir da premissa anterior. Normalmente as reais necessidades só são conhecidas com a aprovação dos cronogramas das empreiteiras, quando se saberá as épocas certas de mobilização e desenvolvimento.

## 2.2 – INFRAESTRUTURA, EQUIPAMENTO E LOGÍSTICA FUNCIONAL

Em paralelo com o dimensionamento da equipe, deve ser feito o equacionamento da infraestrutura de apoio necessária. Normalmente, já é estudada no projeto, a melhor localização dos escritórios, residências, etc. Essa localização deverá ser aferida na época do início dos serviços, porque muitas vezes existe uma defasagem grande entre o projeto e a supervisão, surgindo condições diferentes das originalmente encontradas. Também o esquema de atuação das empreiteiras e do cliente deverá ser conhecido para se programar a situação definitiva. Com esses dados, se dimensionará a correta e necessária infraestrutura e termos de instalações fixas, equacionamento dos meios de própria empresa como também veículos e equipamento, bem como o comunicação, seja com relação à com o cliente e empreiteiras.

## 2.3 – MOBILIZAÇÃO DE PESSOAL

A equipe básica, tanto técnica quanto administrativa deverá ser mobilizada antes do início dos serviços a fim de que as empreiteiras, ao se instalarem, encontrem no local técnicos plenamente familiarizados com o mesmo e aptos a lhes prestarem quaisquer informações e auxílio necessário.

Entende-se por equipe básica um supervisor geral e pelo menos um engenheiro para cada lote, além das equipes de topografia (quando houver esta atribuição) para reavivamento do eixo e demais pontos notáveis.

Conforme a necessidades da obra e de acordo com seus cronogramas, será feita a mobilização complementar de modo a acompanhar os serviços programados. Os elementos de nível superior devem ser mobilizados com uma antecedência de quinze dias do início dos respectivos serviços, a fim de se familiarizarem com o local e com o projeto.

## 3. Revisão e modificações de projeto

É importante que o projetista, através de supervisão, seja sensível a eventuais modificações de seu projeto. Não é que se recomende que todo projeto deve ser modificado, muito pelo contrário, mas sim que é possível em determinadas situações

uma melhoria da concepção original, resultando em benefício para o cliente. Particularmente, em regiões acidentadas, é muito difícil que se tenha a necessária visão global de maneira a propiciar a escolha da solução detalhada, definitiva e ótima, e que, principalmente, pela impossibilidade de se conhecer todos os dados (que acarretaria um custo e um prazo proibitivos para o projeto), obrigam a adoção de coeficientes de segurança mais elevados e que são passíveis de redução durante as obras.

Por outro lado, não se deve confundir ajustes com modificações, pois os ajustes são normalmente equacionados e resolvidos pelas equipes de campo. Tratam-se de casos que não se modificam soluções em concepções de projeto, mas sim procedem-se adequações do mesmo às condições do local, de acordo com o desenvolvimento das obras.

### 3.1 – NECESSIDADE DAS REVISÕES

As revisões de projeto são necessárias a fim de se certificar de eventuais enganos, bem como de que as condições (principalmente as topográficas) estejam de acordo com o projeto. São particularmente necessárias quando da decorrência de apreciável período de tempo entre o projeto e o início das obras, havendo neste caso possibilidade de substanciais modificações [seja pela ausência ou presença de novos elementos no terreno natural.

Durante esta fase, o supervisor e seus auxiliares diretos fazem um estudo minucioso do projeto, verificando e corrigindo os possíveis enganos. Aproveita-se também para a verificação da necessidade de detalhes construtivos, sendo programada sua execução imediata ou posterior. Complementada a revisão, o supervisor deverá providenciar o competente arquivamento de todos os elementos de projeto, dando-os como aptos a gerarem as respectivas notas de serviço.

Estão enquadrados nas revisões eventuais ajustes de projeto, antes ou durante a construção, que pela sua elaboração propiciem não só melhoria nas condições de execução como também se façam por imposição do tipo de serviço, ou ainda como fator de segurança extra na obra. A rigor esses ajustes são determinados pelo conhecimento técnico, bom senso e experiência dos elementos de cúpula de uma supervisão. Fixa-se como premissa que ajuste é tudo aquilo que facilita a execução de um projeto, sem alterar-lhe qualquer elemento, e efetuado sem quaisquer novos dados ou cálculos estruturais. Como exemplos, poder-se-ia citar pequenos deslocamentos do eixo de maneira a encaixar melhor uma curva (sem alterar qualquer obra), melhor conformação de um talude sem alteração do corte, mudança na escosidade de uma galeria para melhor captação ou escoamento das águas, mudança de caixas de empréstimo ou jazidas para melhor aproveitamento ou esgotamentos das previstas, etc.

### 3.2 – MODIFICAÇÕES

Entende-se por modificações de projeto, qualquer mudança que altere seus elementos básicos.

As modificações só podem ser feitas com a aprovação do cliente, mesmo que resulte em seu benefício. Para isso, caberá à supervisão, seja por sua iniciativa, seja a pedido da empreiteira, historiar e justificar a alteração, que será oportunamente discutida com o cliente.

As modificações de projeto podem ser ocasionadas por erro de concepção ou cálculo, por melhoria técnica ou econômica da obra, ou ainda para facilitar sua execução. No caso de erro de projeto, deve-se apurar suas razões, porque é comum o aparecimento de fatores novos, não previstos para o cálculo, notadamente em regiões peculiares (serras, mangues), apesar de cumprida todas as exigências preconizadas pelas normas.

Já se verificou que há locais em que as variações das ocorrências ultrapassam de muito o previsto pela metodologia convencional, sendo praticamente impossível sua detecção durante a fase de projeto.

Nos casos de modificação por melhoria técnica ou econômica, o cliente, através da supervisão, tomará as medidas necessárias à sua efetivação, seja ou não necessária a presença de outros especialistas, firmas específicas para a coleta de novos dados, etc.

Também há casos em que uma empreiteira, seja por possuir determinado equipamento, seja pela sistemática de trabalho, venha propor variantes ou alternativas de execução diferentes das projetadas. Deve ser lembrado, que normalmente um projeto, cuja execução seja através de uma licitação pública, muitas vezes de caráter internacional, terá de preferência, soluções convencionais, a fim de propiciar maiores possibilidades de participantes.

Após o início das obras, porém, proposições desta natureza deverão ser analisadas pela supervisão, desde que respeitado o resultado final previsto e encaminhadas com parecer favorável ao cliente para sua decisão.

### 3.3 – COLETA DE NOVOS DADOS. EQUIPES AUXILIARES. VISTORIAS POR CONSULTORES

Ocorrem às vezes, determinadas situações ou imprevistos, em que há a necessidade da coleta de novos dados, ou mesmo de projetos específicos. Nesses casos, a supervisora encaminhará ao cliente um completo histórico do assunto, suas justificativas técnicas, previsão de prazo, custos e sistemática de trabalho. Somente com a aprovação e autorização dos serviços, estes serão então iniciados.

Existem também obras ou fases, que por si só necessitam de dados, somente conhecidos durante seu desenvolvimento, e que sua liberação depende de vistoria por consultores especiais ou engenheiros especialistas. É o caso, entre outros, da fixação definitiva da cota de assentamento de sapatas e tubulações (a céu aberto e a ar comprimido); conformação definitiva de seções de muros de arrimo, especialmente cortinas atirantadas (cuja seção só pode ser definida após a execução da terraplanagem); etc. Essa situação, deve ser de conhecimento do cliente, e, sempre que constar no projeto deve ter seus pa-

râmetros acertados, isto é, já ser prevista a vistoria por especialistas em época e por prazo definidos. No caso de vistorias dessa ou de outra natureza não ter sido prevista, a supervisão deve tomar todas as medidas no sentido de alertar o cliente, relacionando já nomes de especialistas de reconhecida capacidade para as devidas verificações.

## 4. Rotina de andamento

A rotina de andamento e a normal de qualquer obra, devendo no entanto a supervisão estar sempre presente em todas suas frentes e fases.

### 4.1 – CONTROLES DIÁRIOS, SEMANAIS E MENSAIS. RELATÓRIOS

Normalmente que possam ser preenchidos linearmente e correspondam ao local no campo. Haverá códigos conforme sua situação, estando totalmente preenchidos quando da respectiva conclusão. Mensalmente se farão relatórios de progresso, contendo todos os detalhes do ocorrido a partir do mês anterior, e acumulados, bem como a situação dos quantitativos, físicos e financeiros. O cronograma correspondente deve ser comparado com o do empreiteiro e identificados quaisquer pontos discordantes. A discussão do relatório mensal e qualquer anormalidade no mesmo deverá ser feita na reunião mensal de andamento, constando na respectiva ata. O modelo do relatório deverá ser proposto pela supervisão, caso o cliente não possua modelo próprio.

### 4.2 – ARQUIVO TÉCNICO, HISTÓRICO DA OBRA E DOCUMENTAÇÃO INFORMATIVA

Toda obra sempre fornece um subsídio técnico valioso seja para o aprimoramento de novos projetos, seja para outras obras. Assim, seu histórico é um elemento de grande valor e deve conter um resumo de todos os serviços, épocas de execução, principais dificuldades, soluções, tudo enfim que ilustre o trabalho efetuado e a participação dos elementos envolvidos. Sempre que possível, as etapas devem ser complementadas por relatórios, fotografias e filmes que dêem uma visualização objetiva e documentada dos serviços executados.

O acervo da obra será reunido no chamado arquivo técnico, que conterá todos os elementos efetivamente usados na construção. A experiência tem demonstrado que é extremamente fácil ter um arquivo técnico em ordem, desde que sua montagem seja feita desde o início e contenha normas de organização e arquivamento que sejam efetivamente seguidas. Do contrário, muitos elementos elucidativos se extraviam ou se tornam tão difíceis de localizar, que é quase o mesmo.

É muito importante que os documentos, principalmente os originais de desenhos sejam os “conforme executado (as built), e que constem

claramente essa condição, bem como a data da última revisão ou modificação. Devem ser arquivados também os quadros de quantidades, com o cotejamento entre os elementos do projeto e os efetivamente medidos. Isto é particularmente importante para os serviços de terraplanagem, com relação a corte por corte (quantitativos e classificação), jazidas, caixas de empréstimos, etc, assim como as considerações sobre as distâncias de transporte, uma vez que normalmente são os serviços de maiores quantitativos (ainda que não os de maior valor), e que reúnem uma quantidade imensa de elementos. A correta localização das cadernetas de campo, contendo dados sobre seu preenchimento (cópia ou original), serviços correspondentes, medições de que participaram, dos rolos das seções transversais (contendo por sua vez a identificação da caderneta a que se refere, trecho, subtrecho, estaca, nota de serviço, datas da execução, etc), dos quadros de Quantitativos, classificações de material, histórico de execução e ocorrências verificadas, permitirão em qualquer época uma reconstituição precisa e detalhada.

Essas considerações são válidas para todas as obras e serviços, devendo para tanto haver um controle numerado de todos os elementos arquivados. Um exemplo, com amplos resultados positivos em obras de grande porte, é o catálogo usado por meio de fichas onde constam a característica do elemento arquivado, os números das medições em que foram utilizados, e período de tempo de sua execução.

O arquivo técnico deverá conter de preferência os documentos em seus originais, providenciando-se cópias conforme as necessidades. Na conclusão das obras, após o recebimento definitivo, todo o arquivo técnico deverá ser entregue ao cliente, verificando-se então seu completo acervo.

## 5. Encerramento dos trabalhos

Os trabalhos de supervisão são encerrados após a conclusão e recebimento das obras, quando, além dos relatórios e medições finais, se passará ao cliente todo o arquivo técnico.

### 5.1 – MEDIÇÕES FINAIS

Na conclusão das obras serão feitas as competentes medições finais com os quantitativos reais e correspondentes custos dos serviços. Essas medições serão efetuadas ou acompanhadas [conforme disposições contratuais] pela supervisão, que dará como encerrada e recebida determinada obra ou serviço.

Normalmente como os clientes tradicionais possuem uma sistemática bem definida para o procedimento de medição final, não se tecem maiores comentários, somente reiterando-se que quanto mais organizado for o arquivo, mais fácil será a medição final.

### 5.2 – RELATÓRIO FINAL

Após a medição final, e o recebimento das obras, a supervisão efetuará a elaboração de um relatório final que conterá um histórico completo (ainda que resumido) de toda execução. Esse relatório, descrevendo os serviços, fases, ocorrências, etc, reunirá um conjunto de elementos que constituem para todos os envolvidos na obra um documento relatando os resultados de seu esforço conjunto e as dificuldades encontradas e vencidas. Conterá gráficos do desenvolvimento dos serviços, condições meteorológicas ocorridas, quadros de quantitativos, comparação de situações previstas em projeto e efetivamente encontradas, enfim, ilustrará de forma concisa, porém completa, mais um trabalho executado. Deverá ainda conter especificamente elementos de subsídio para os novos responsáveis (operação e conserva) salientando todo e qualquer ponto que deva merecer especial atenção e cuidado, bem como especificando épocas para novos serviços previstos. Pode-se citar como exemplo, instruções para limpeza ou desobstrução de galerias ou drenos, cuidados com pinturas de proteção e sua renovação, recapeamentos previstos ou complementação da pavimentação, etc.

### 5.3 – DESMOBILIZAÇÃO

A desmobilização de elementos da equipe de supervisão ocorre por encerramento de fases ou conclusão da obra. No caso de encerramento de fases, será uma desmobilização parcial, na maior parte das vezes de especialistas, e que se processa sem maiores detalhes, tendo-se, porém, o cuidado que somente se desvinculem dos serviços após o recebimento completo (relatórios, vistorias e controles) das fases sob sua responsabilidade.

No caso de conclusão da obra, a supervisão deverá assessorar o cliente no recebimento de todos os serviços, fazendo as competentes inspeções com os dados de seu arquivo técnico, complementando-os devidamente. O supervisor acompanhará todas as medições finais dos empreiteiros, bem como a elaboração do relatório final. Após essas medidas, providenciará a entrega do arquivo técnico ao cliente, ficando com isso encerrado sua função.

## 6. Resumo

O trabalho apresenta conceitos e particularidades sobre supervisão de construção por firmas de consultoria. A partir de experiência tanto de projeto como de obras (supervisão empreiteira) bem como de pesquisa bibliográfica, procura-se mostrar em linhas gerais a concepção da supervisão, seu relacionamento entre cliente e empreiteira e generalidades a respeito de suas atribuições.

Aborda-se também as modificações e revisões de projeto, os controles de inspeção, a rotina de andamento e a organização da equipe, desde sua mobilização até o encerramento dos trabalhos. ♦

## Construção sustentável

Francisco Antunes de Vasconcellos Neto  
DP Engenharia e Empreendimentos Ltda.

Poucos temas ligados à construção civil saíram dos ciclos de discussão acadêmica para o dia a dia das empresas construtoras em tão pouco tempo, como aqueles ligados a sustentabilidade.

Tal fato está associado a uma série de ações e discussões sobre o futuro do planeta e às mudanças climáticas em curso, assuntos amplamente divulgados pela mídia.

Hoje quase não se discute mais se estas mudanças climáticas tiveram origem ou não na atividade humana, mas sim quais serão as consequências e o que fazer para minimizar esta tragédia anunciada.

A complexidade do tema e sua abrangência geram em todos nós um sentimento ambíguo de impotência e vontade de fazer alguma coisa que ajude a garantir a sobrevivência das gerações futuras.

É neste contexto que devemos pautar hoje as discussões sobre a sustentabilidade na construção.

Todos temos consciência que nosso setor impacta fortemente nosso planeta, no consumo de energia e de seus recursos naturais, tanto na produção como na operação de seus produtos.

Neste sentido, qualquer ação que tenhamos para minimizar este impacto deve ser bem vinda e apoiada.

Tal preocupação e abrangência, no entanto, tem criado muitas ações isoladas e pouco eficazes, que acabam dando a sensação de impotência citada anteriormente.

Em diferentes pontos do Brasil, e mais notadamente em São Paulo, são várias propostas, tanto governamentais quanto de empresas privadas para enfrentar o problema. Ações como compras “verdes”, licitações sustentáveis, uso de energia solar, reaproveitamento de águas pluviais e águas cinzas, uso de materiais recicláveis, etc., mas a grande maioria destas ações tem em comum uma forte dose de boa intenção e uma falta, quase total, de pragmatismo e objetividade.

Muitas destas idéias são originais e perfeitamente aplicáveis, mas estão condicionadas a um resultado pouco eficaz em função da falta de uma política clara em relação ao tema.

Não se trata de restringir ao governo, em qualquer das três instâncias, federal, estadual ou municipal, a responsabilidade de formular esta política, mas de ir além disso, na criação de um fórum permanente de discussão onde governo, sociedade e setor produtivo da construção possam juntos estabelecer prioridades, definir ações conjuntas e monitorar resultados.

Neste sentido, a criação do Conselho Brasileiro de Construção Sustentável – CBCS é um passo promissor e chega cercado de grandes expectativas.

Também, ações governamentais em relação aos resíduos da construção e do uso racional de energia em edificações nos trazem a esperança de sermos os protagonistas de um futuro melhor e de uma construção mais respeitada e sustentável. ♦

## Efficiency and Versatility of Post-Tensioning in Building Construction

Pawan R. Gupta  
Post-Tensioning Institute, Phoenix, AZ

### Introduction

Post-tensioning (PT) is an efficient structural system that offers many benefits in a wide range of construction, repair, and rehabilitation applications. The efficiency and economy of post-tensioning system stems from its efficient use of high strength materials. Post-tensioning has been successfully used throughout the world for small as well as large projects for over 40 years.

### Use of High Strength Materials

A post-tensioned concrete is a perfect balance of two materials which complement each other. Concrete is strong in compression but relatively weak in tension, Fig. 1. The tensile strength of concrete is about 10% of its compressive strength. Prestressing steel, on the other hand, has a very high tensile strength (270 ksi (1862 MPa)) which is about four times that of common reinforcing bars. By combining the strength of the two components a post-tensioned member can resist both compressive and tensile stresses caused by the applied loads throughout the service life of the structure.

In the flexural design of non-prestressed concrete members, the tensile strength of concrete is typically neglected; it is assumed that the concrete is cracked and all tensile stresses are resisted by reinforcing steel. Typically less than half of the concrete cross-section of a non-prestressed concrete member is actually used to resist flexural compressive stresses. Resisting flexural loads with non-prestressed concrete is inherently inefficient, since most of the concrete serves to add weight

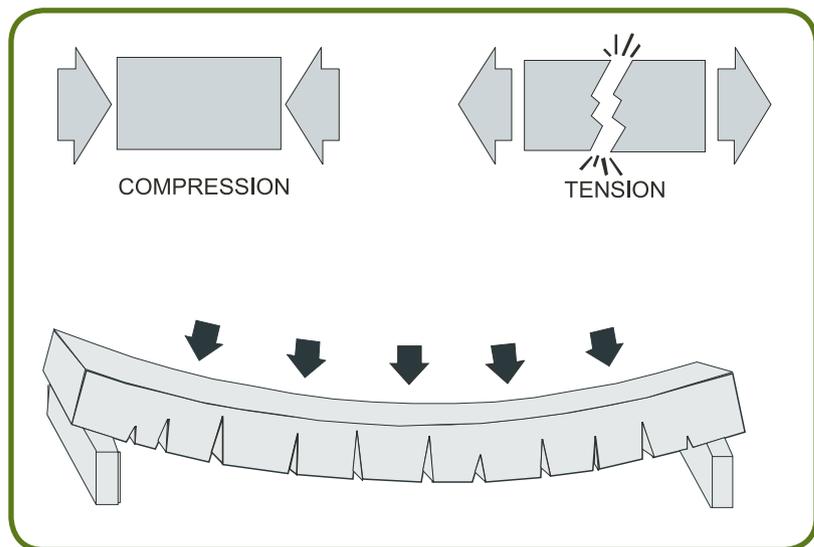


Figure 1 – Concrete Member Subjected to Loads

and separate the reinforcing bars that are in tension from the small portion of the concrete section that is in compression and participates in carrying the load.

In a post-tensioned concrete member the steel is put into tension shortly after the concrete is placed, by elongating it with hydraulic jacks and anchoring against the concrete through specially designed anchoring devices, Fig. 2 shows the components and construction sequence for an unbonded post-tensioned slab.

This pre-compresses the concrete. Since concrete is relatively strong in compression these forces are easily resisted by the concrete and help in compensating for the tensile stresses that would be generated when the member is subjected to loads. This significantly increases the load necessary to cause cracking in concrete. Post-Tensioned concrete members can be designed to have minimal amount of cracking during normal usage. Since all of the concrete section is participating in post-tensioned members, it is inherently more efficient and able to use the high strength materials effectively.

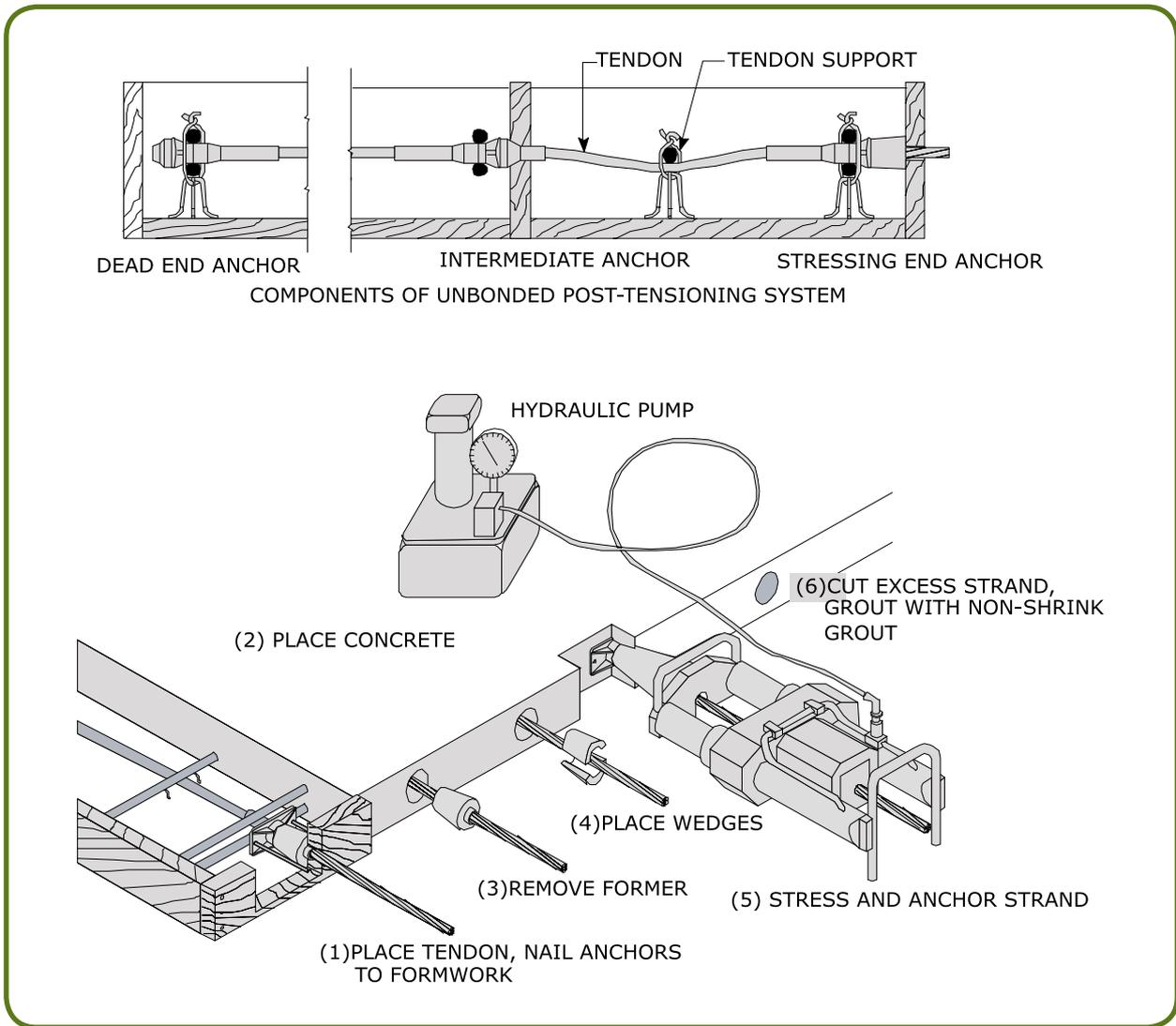


Figure 2 – Components and Construction sequence for an Unbonded Post-Tensioned Slab (adapted from Ref. 2)

### Flexibility in Design

The designer of a post-tensioned structure has a tremendous amount of flexibility in choosing the amount and location of the prestressing steel to best resist the anticipated loads and deflection. The depth within a structural member can be varied to provide compression where needed. Post-tensioning also allow the architects and designers flexibility in placement of columns. The horizontal alignment of tendons can also be easily adjusted to follow the load path easily, see Fig. 3. The ability of the prestressing steel to change horizontal alignment also helps in providing enormous flexibility in the locations of openings and obstructions such as plumbing and heating and ventilation ducts, see Fig. 4.

The designer can easily vary the amount of force in a particular area by adding tendons to span longer distances without columns or carry additional loads. This flexibility gives the designer a powerful tool to meet the needs of even the most complex engineering challenges.

### Benefits of Post-Tensioned Construction

Post-Tensioning provides some unique benefits and advantages that are leading to rapid growth in its use. These benefits include:

#### Higher Structural Capacity

Longer spans are possible with same structural depth for post-tensioned members. In buildings, this can mean larger column-free spaces and greater flexibility in floor space. Spans up to 40-50 ft (12-15m) are common in standard post-tensioned floor systems. In bridges, particularly when combined with segmental bridge construction techniques, clear spans of several hundred feet are not unusual.

When longer spans are not required, post-tensioned concrete can provide equivalent or superior performance as compared to non-pre-



Figure 3 – Flexibility in the Layout of Tendons in a 2-Way Post-Tensioned Slab



Figure 4 – Alignment of Post-Tensioning Tendons around Openings

stressed concrete members with significantly less structural depth. In buildings and parking structures, PT structural members are normally about 30% shallower than comparative non-prestressed concrete members. It is common to save 12-16 in. (300mm – 400mm) per floor with post-tensioned floors systems as compared to structural steel floor systems. This can reduce building height, and the cost of all related building components, such as plumbing and electrical systems and curtain walls. In multistory buildings the reduced structural depth possible with post-tensioned concrete often permits the adding of one or more floors with no increase in total building height. In the case of underground structures, this can lead to reduction in the cost of excavation, soil retention systems and dewatering in areas with high water tables.

### Material Savings

Structural efficiency of PT can also result in significant savings in steel and concrete. Post-tensioned concrete members generally contain about 30% less concrete as compared to non-prestressed concrete members designed for equivalent load, span and performance. With the rising cost of steel and concrete, this can be a major factor in the overall economy of a structure.

### Architectural Versatility

PT is used in a wide variety of structures, ranging from every-day applications such as ground supported slab foundations for residential and light commercial construction to more exotic engineering structures such as long span bridges and multi-storied buildings.

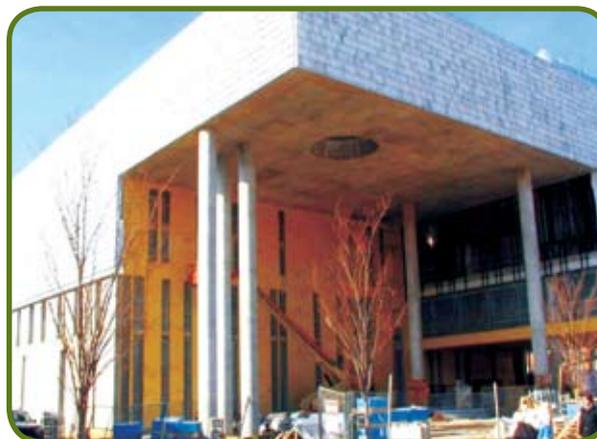


Figure 5 – Entrance area of Knowlton hall, Ohio State University

Cast-in-place, post-tensioned concrete can be easily adapted to accommodate complex geometry and other special design challenges necessary to meet the architectural needs of a project. Curved shapes, non-symmetrical layouts, and unusual design loadings can easily be handled with post-tensioned concrete. Longer slender members with large spaces between supports are possible with post-tensioning--giving the architect freedom to create structures that are both functional and aesthetically pleasing, see Fig. 5.

### Serviceability

PT structures are durable and require little maintenance. The compressive forces that are applied to a structure during prestressing result in better crack and deflection/vibration control. Monolithic connections between slabs, beams, and columns can eliminate maintenance-intensive joints between elements. PT is often preferred over other types of structures in highly corrosive environments near the sea coast.

### Environmental Impact

Sustainable engineering is the current buzzword in structural engineering and architecture. It is important to understand the environmental impacts of the materials and structural systems we use and to try to minimize those impacts as much as possible to protect our future resources and quality of life. The use of post-tensioning can help to lower the environmental impact of a concrete building. As noted above, the structural efficiency of PT—particularly when coupled with high strength concrete—can result in reduced quanti-

ties of steel and concrete. The reduced floor-to-floor height results in a smaller building envelope saving exterior finish material and resulting in reduced energy usage for heating, ventilation and air conditioning. In parking structures, the openness of post-tensioned designs results in improved lighting and more efficient energy usage and safety.

### Constructability

Post-tensioning can enhance the speed of construction and overall constructability. The use of PT in segmental and cable-stayed bridges has revolutionized long-span bridge construction and has enabled concrete bridges to be built in situations previously thought to be impossible.

High-rise buildings can be constructed very quickly using post-tensioned concrete systems. Rapid floor construction cycles are achieved through the use

of high early-strength concrete. The use of standard design details of the post-tensioned elements, minimum congestion of prestressed and non-prestressed reinforcement, and earlier stripping of formwork can significantly reduce the floor construction time. A 3-4 day construction cycle per floor is common.

### Efficiency and Economy with Post-Tensioning

The significant advantages of post-tensioning as compared to reinforced concrete construction serve to make post-tensioning a very cost-effective structural alternative—both in terms of initial construction cost and life cycle costs. With spiraling material costs, the desire to construct quickly, and the growing concern over energy usage and the environment, post-tensioning is receiving renewed attention from many designers and discerning owners. Its use is limited only by the imagination and creativity of designers and contractors.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Post-Tensioning Manual, 6<sup>th</sup> Edition, Post-Tensioning Institute, Phoenix, AZ, 2006
2. Collins, M.P. and Mitchell, D., Prestressed Concrete Structures, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1991.
3. Lin, T.Y. and Burns, N. H., Design of Prestressed Concrete Structures, 3<sup>rd</sup> Edition, John Wiley & Sons, NY, NY, 1981. ◆



IX CONGRESO LATINOAMERICANO DE PATOLOGIA Y  
XI CONGRESO DE CONTROL DE CALIDAD EN LA CONSTRUCCION  
QUITO - ECUADOR 2007



## IX Congresso Latino-Americano de Patologia e XI Congresso de Controle de Qualidade na Construção

24 a 27 de setembro de 2007 | Quito – Equador

### Temática

Controle de qualidade e Controle de manutenção de projetos construtivos  
Patologia, reabilitação e recuperação de obras civis

### Inscrições e Informações

Eng. Roddy Cabezas | roddy\_cabezas@hotmail.com

Eng<sup>a</sup>. Maria Fernanda Herrera | ferniherrera1980@gmail.com

[conpat2007@gmail.com](mailto:conpat2007@gmail.com)

As Normas Brasileiras e o Código de Defesa do Consumidor

Pode ser que grande parte da população não saiba, mas todos os produtos e serviços praticados ou vendidos dentro do território nacional devem obedecer às Normas Brasileiras publicadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT. Trata-se de uma entidade privada e sem fins lucrativos que fornece a base necessária para o desenvolvimento tecnológico brasileiro.

Um dos objetivos da normalização é prover toda a sociedade de meios eficazes para comprovar a qualidade dos produtos e serviços utilizados, além de permitir uma troca de informações entre produtores e usuários. Pode-se dizer que a preservação da saúde, da segurança e do meio ambiente está diretamente ligada à forma de fabricar os produtos, o que acaba por influenciar na qualidade de vida da população. Por isso, respeitar as leis é uma obrigação de todos.

Até a publicação no Diário Oficial da Lei 8.078, em 11 de setembro de 1990, as Normas Brasileiras apenas serviam de orientação para a fabricação de produtos e execução de serviços, mas não tinham obrigatoriedade por força de lei. Esta Lei 8.078, mais conhecida como Código de Defesa do Consumidor, diz em seu Artigo 1º:

**"O presente código estabelece normas de proteção e defesa do consumidor, de ordem pública e interesse social, nos termos dos art. 5º, inciso XXXII, inciso V, da Constituição Federal e art. 48 de suas Disposições Transitórias".**

Esta mesma lei estabelece em seu capítulo V, seção IV, artigo 39, inciso VIII:

**"É vedado ao fornecedor de produtos ou serviços, dentre outras práticas abusivas, colocar no mercado de consumo, qualquer produto ou serviço em desacordo com as normas expedidas pelos órgãos oficiais competentes ou, se normas específicas não existirem, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas ou outra entidade credenciada pelo Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Conmetro)"<sup>1</sup>**

Essas e outras exigências da normalização técnica nacional ficam sujeitas ainda às regras do Código de Defesa do Consumidor CDC<sup>2</sup>:

Outra lei – de número 8.666 de 21 de junho de 1993 – que estabelece normas gerais para licitações de órgãos públicos, afirma em seu capítulo I, seção II, art. 6º, inciso X:

**"Projeto Executivo - o conjunto dos elementos necessários e suficientes à execução completa da obra, de acordo com as normas pertinentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT".**

Quanto à questão da responsabilidade, o Código de Defesa do Consumidor estabelece no Capítulo IV, Artigo 12:

**"O fabricante, o produtor, o construtor, nacional ou estrangeiro, e o importador respondem, independentemente da existência de culpa, pela reparação dos danos causados aos consumidores por defeitos decorrentes de projeto, fabricação, construção, montagem, fórmulas, manipulação, apresentação ou acondicionamento de seus produtos, bem como por informações insuficientes ou inadequadas sobre sua utilização e riscos".**

As sanções previstas nas duas leis vão desde uma multa até a interdição total do estabelecimento ou obra, passando por infrações criminais e penais, apreensão do produto, cassação do registro, proibição de fabricação, cassação de licença e intervenção administrativa.

Outro detalhe importante que devemos observar é a co-responsabilidade daquele que vende um produto não normalizado ou aceita um serviço executado fora dos padrões da ABNT. O Código de Defesa do Consumidor diz em seu capítulo IV – que trata da Qualidade de Produtos e Serviços e da Prevenção e da Reparação dos Danos, seção III - da Responsabilidade por Vício do Produto e do Serviço, em seu artigo 18:

**"Os fornecedores de produtos de consumo duráveis ou não duráveis**

**respondem solidariamente pelos vícios de qualidade ou quantidade que os tornem impróprios ou inadequados ao consumo a que se destinam ou lhes diminuam o valor, assim como por aqueles decorrentes da disparidade, com as indicações constantes do recipiente, da embalagem, rotulagem ou mensagem publicitária, respeitadas as variações decorrentes de sua natureza, podendo o consumidor exigir a substituição das partes viciadas".**

Ainda neste mesmo aspecto, o Artigo 23 estabelece que o fornecedor de produtos e serviços não pode dizer que desconhece os vícios dos mesmos:

**"A ignorância do fornecedor sobre os vícios de qualidade por inadequação dos produtos e serviços não o exime de responsabilidade."**

Por último, o Artigo 18 em seu Parágrafo 6.º - **"São impróprios ao uso e consumo"** -, inciso II estabelece:

**"Os produtos deteriorados, alterados, adulterados, avariados, falsificados, corrompidos, fraudados, nocivos à vida ou à saúde, perigosos ou, ainda, aqueles em desacordo com as normas regulamentares de fabricação, distribuição ou apresentação;"**

Todas as partes da cadeia construtiva são responsáveis pelos danos ou vícios que os serviços e produtos possam apresentar. No entanto, o diretamente responsabilizado por reparar as perdas do consumidor é o fornecedor final. Portanto, o estabelecimento que vende um produto fora de Norma ou o construtor que o utiliza na execução de uma obra são automaticamente acionados pela justiça em caso de reclamação.

O fornecedor que está preocupado com estas implicações exige dos fabricantes a comprovação de que o produto está em condições de ser aplicado.

Desta forma, cumprir as Normas Brasileiras é, antes de tudo, cumprir a lei e zelar pela qualidade de produtos e serviços.

<sup>1</sup> INMETRO é uma autarquia federal, vinculada ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, que atua como Secretaria Executiva do Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Conmetro), colegiado interministerial, que é o órgão normativo do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Sinmetro). Objetivando integrar uma estrutura sistêmica articulada, o Sinmetro, o Conmetro e o Inmetro foram criados pela Lei 5.966, de 11 de dezembro de 1973, cabendo a este último substituir o então Instituto Nacional de Pesos e Medidas (INPM) e ampliar significativamente o seu raio de atuação a serviço da sociedade brasileira. No âmbito de sua ampla missão institucional, o Inmetro objetiva fortalecer as empresas nacionais, aumentando sua produtividade por meio da adoção de mecanismos destinados à melhoria da qualidade de produtos e serviços. Sua missão é promover a qualidade de vida do cidadão e a competitividade da economia através da metrologia e da qualidade.

<sup>2</sup> CDC, Ministério da Justiça do Brasil, dentro do Departamento de Proteção e Defesa do Consumidor, da Secretaria de Direito Econômico, ou órgão federal que venha substituí-lo, é organismo de coordenação da política do Sistema Nacional de Defesa do Consumidor, cabendo-lhe:

- I - planejar, elaborar, propor, coordenar e executar a política nacional de proteção ao consumidor;
- II - receber, analisar, avaliar e encaminhar consultas, denúncias ou sugestões apresentadas por entidades representativas ou pessoas jurídicas de direito público ou privado;
- III - prestar aos consumidores orientação permanente sobre seus direitos e garantias;
- IV - informar, conscientizar e motivar o consumidor através dos diferentes meios de comunicação;
- V - solicitar à polícia judiciária a instauração de inquérito policial para a apuração de delito contra os consumidores, nos termos da legislação vigente;
- VI - representar ao Ministério Público competente para fins de adoção de medidas processuais no âmbito de suas atribuições;
- VII - levar ao conhecimento dos órgãos competentes as infrações de ordem administrativa que violarem os interesses difusos, coletivos, ou individuais dos consumidores;
- VIII - solicitar o concurso de órgãos e entidades da União, Estados, do Distrito Federal e Municípios, bem como auxiliar a fiscalização de preços, abastecimento, quantidade e segurança de bens e serviços;
- IX - incentivar, inclusive com recursos financeiros e outros programas especiais, a formação de entidades de defesa do consumidor pela população e pelos órgãos públicos estaduais e municipais;
- XIII - desenvolver outras atividades compatíveis com suas finalidades.

Parágrafo único. Para a consecução de seus objetivos, o Departamento de Proteção e Defesa do Consumidor poderá solicitar o concurso de órgãos e entidades de notória especialização técnico-científica



Figura 1 – Foto da queda da marquise do Hotel Canadá no Rio de Janeiro

## Marquises: por que algumas caem?

Marcelo H. F. de Medeiros\*  
Universidade de São Paulo

Maurício Grochoski\*  
Universidade de São Paulo

### Resumo

O desabamento de marquises, infelizmente, tem se tornado um evento nada incomum no Brasil nos últimos tempos. Este tipo de ocorrência precisa ser evitado porque as marquises servem de abrigo para o pedestre e um abrigo não pode ser sinônimo de perigo.

Este artigo tem por objetivo relatar e discutir os motivos do desabamento de marquises, dando suporte à proposição de caminhos que devem ser tomados no sentido de evitar o colapso e a ocorrência de novos sinistros, manchando o nome da Engenharia Civil Nacional.

Uma das constatações deste trabalho é que as principais causas do colapso das marquises, de forma geral, estão relacionadas a uma ou mais das possibilidades que seguem: deficiências de projeto, mal posicionamento das armaduras, corrosão de armaduras, sobrecarga e escoramento incorreto.

Fica claro que é fundamental criar a conscientização de que uma marquise é um elemento de características diferenciadas em relação ao resto da estrutura e, por isso, deve ter atenção especial na fase de projeto, execução e uso. Além disso, um

programa de manutenção preventiva é de extrema importância para qualquer estrutura de concreto armado e, no caso das marquises, muito mais, já que se trata de uma estrutura isostática e com um único vínculo que sofre ruptura brusca, sem aviso.

**Palavras-chave:** marquise, colapso, inspeção, desabamento, concreto armado, manutenção.

### Abstract

Reinforced concrete cantilever slabs are widely used in Brazil as balconies, porches, verandahs and galleries. Recently, many accidents involving these structures have happened, leading to a lack of confidence in this kind of structure, as well, in the Brazilian Civil Construction Sector.

This paper presents the theoretical basis for these accidents and their main causes: project errors, reinforcement misplacement and corrosion, overloading and bad dimensioned scaffolding.

It is stated that cantilever slabs present characteristics that differ from the rest of the

\* Pós-graduandos da Escola Politécnica da USP, sob orientação do Prof. Paulo Helene



Figura 2 – Desabamento de marquise do Anfiteatro da Universidade Estadual de Londrina

structure, deserving special attention during its conception, execution and use. Nevertheless, maintenance programs must be established to promote a greater durability for these elements and to avoid their collapses.

**Keywords:** cantilever slabs, collapse, inspection, reinforced concrete, maintenance.

## 1. Introdução

O desabamento da marquise do Hotel Canadá no Rio de Janeiro (ver Figura 1), com duas vítimas fatais e quatorze feridos, ocorrido em fevereiro passado, exatamente um ano após a queda da marquise do Anfiteatro do Centro de Ciências Sociais Aplicadas (CESA) da Universidade Estadual de Londrina (UEL) (ver Figura 2), com duas vítimas fatais e 21 feridos (entre os quais 2 tiveram membros amputados), reviveu a preocupação com desastres relacionados a marquises que mais frequentemente do que desejado vêm ocorrendo no país.

Este trabalho de discussão sobre o tema explicita os mecanismos e os agentes causadores mais frequentes da ruína das marquises e ressalta a necessidade de inspeção periódica realizada por profissional habilitado.

Primeiramente, é preciso definir marquise, que consiste em um elemento construtivo saliente que avança em balanço, em relação ao alinhamento do edifício e que serve, na maioria das vezes, de proteção ao pedestre quanto à chuva, sol e objetos que podem cair dos pavimentos superiores.

Desse modo, pode-se dizer que uma marquise consiste em um elemento estrutural muito útil e esteticamente interessante. Contudo, por ser um elemento em contato com a edificação principal apenas pela região de engastamento, isto implica em uma característica se não perigosa, no mínimo merecedora de atenção especial, seja no projeto, na execução e na conservação desta ao longo do tempo. Esse aspecto é abordado de forma detalhada ao longo deste trabalho.

## 2. Comportamento estrutural

Em termos de comportamento e segurança estrutural, o concreto armado pode viabilizar a execução de estruturas com caráter de ruptura dúctil. Isto ocorre, apesar do concreto ser, de per si, um material frágil. O material composto formado pela união do concreto com o aço (material dúctil) dá resultado a um material com comportamento intermediário.

A grande vantagem disso é que, via de regra, o concreto armado suporta deformações consideráveis a ponto de produzir um quadro de fissuras evidentes antes de chegar ao colapso. Isto dá origem ao jargão bem conhecido de que uma estrutura de concreto armado “avisa” antes de ruir.

A marquise é uma exceção a esta regra (tende a sofrer ruptura brusca, tipo frágil, sem aviso) e, por isso, é um componente estrutural que, mais do que nunca, precisa ser perfeito no seu projeto, na sua execução e na sua utilização. Além disso, um programa de manutenção preventiva é de extrema importância para qualquer estrutura de concreto armado e no caso das marquises muito mais.

Abaixo encontram-se declarações fornecidas após dois casos de desabamento:

*“A marquise nunca deu sinais de que poderia desabar.”*

**Reinaldo Fernandes, funcionário do Hotel**

*“Em nenhum momento houve sinal como rachadura ou fissura. É um problema que foge à nossa percepção, nunca imaginei que uma laje dessas fosse cair.”*

**Luís Carrera, diretor da empresa proprietária do Hotel Palace, em Salvador/BA, cuja marquise desabou em 2000. Jornal Correio da Bahia em 06.12.2000).**

*“Não havia indícios aparentes de qualquer problema estrutural no prédio.”*

**Lygia Pupatto, Reitora da Universidade Estadual**

de Londrina onde desabou a marquise do Anfiteatro do Centro de Ciências Sociais Aplicadas (CESA) em 2006. *Jornal O Estado de São Paulo* em 13.02.2006).

Situações como essas são bastante comuns, uma vez que as marquises apresentam uma tendência a sofrerem ruptura brusca, sem aviso, por se tratar de estrutura isostática e com um único vínculo.

De forma geral, pelo ponto de vista da configuração estrutural, uma marquise pode ser uma laje diretamente engastada na edificação principal ou ser constituída por um sistema de laje apoiada em vigas engastadas, como ilustrado na Figura 3.

### 3. Histórico e antecedentes

A Tabela 1 apresenta um levantamento que evidencia a triste constatação de que acidentes envolvendo marquises são bastante comuns. Isto ocorre principalmente pela falta de manutenção preventiva, como será discutido neste artigo.

Uma análise da Tabela 1 conduz a verificação de que os acidentes tem ocorrido tanto nas marquises cuja configuração estrutural é de laje diretamente engastada, quanto nas quais a configuração é de laje sobre vigas engastadas, e em edificações novas ou antigas.

As causas mais freqüentes dos acidentes são: a corrosão de armaduras, a sobrecarga na estrutura, o erro de projeto, o mau uso da edificação, as falhas na execução e a infiltração de água, sendo a maioria delas passíveis de serem evitadas por um programa de inspeção e manutenção periódica da marquise.

Deve-se destacar que foram encontrados muitos outros casos de desabamento de marquises, contudo, o nível de detalhes das informações disponíveis em alguns casos foi tão deficiente que se resolveu não incluir no levantamento da Tabela 1.

### 4. Principais agentes causadores de colapso de marquises

Deve-se ter em mente que nem sempre o colapso ocorre devido a um destes agentes causadores de forma isolada. Em geral, há agentes causadores principais e outros intervenientes ou aceleradores.

O erro de projeto é sempre uma possibilidade que deve ser investigada no caso de desabamento de uma marquise. Porém, este tópico é muito amplo e dependente de cada caso e, por isso, não irá ser tratado nos subitens que seguem. Como exemplo de caso de desabamento de marquise comprovadamente por erro de projeto pode-se citar o ocorrido no Restaurante da Tijuca, Rio de Janeiro, em 1992, onde foi verificada deficiência de armadura na viga tipo balcão que sustentava a marquise desta edificação.

#### 4.1 MAL POSICIONAMENTO DAS ARMADURAS

Uma marquise é uma estrutura em balanço e, por isso, sujeita a momentos negativos. Estes esforços atuantes estão ilustrados na Figura 4.

Isto significa que para resistir os esforços atuantes, as armaduras principais devem estar posicionadas na face superior da laje.

Este detalhe precisa ser executado com cuidado, uma vez que a sua não observância pode vir a ser o motivo do desabamento da marquise. O posicionamento destas armaduras principais precisa ser assegurado como previsto no projeto. Contudo, existe a possibilidade, não tão pequena, de ocorrer o afundamento destas barras devido ao tráfego de operários no momento da montagem da armação e da concretagem, e ao adensamento do concreto com o uso de vibradores.

De acordo com Dorigo (1996) [1], o posicionamento das barras de momento negativo abaixo do previsto em projeto não traria maiores conse-

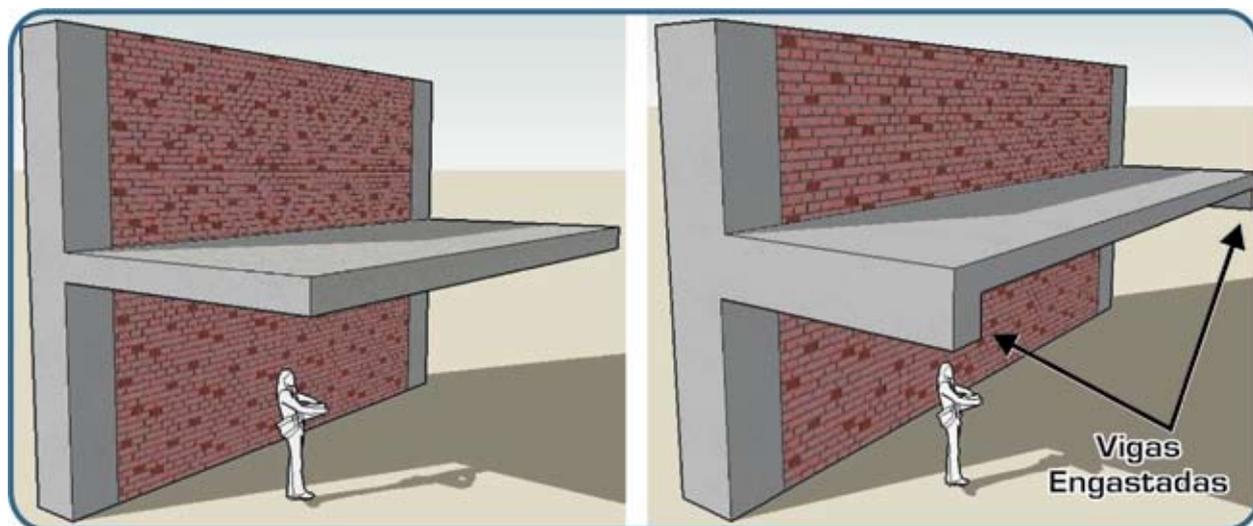


Figura 3 – Dois tipos de sistemas estruturais de marquises. (a) laje diretamente engastada; (b) laje apoiada sobre vigas engastadas.

**Tabela 1 – Levantamento de casos de desabamento de marquise e estruturas similares no Brasil**

Edificação	Ano do acidente	Idade da edificação	Vítimas	Tipo estrutural	Agentes Causadores	Comprimento do balanço
Ed. Mercúrio (RJ) [4]	1990	Não declarado	1 morto	Laje sobre viga engastada	Corrosão de armadura agravada por cobrimento insuficiente	Não declarado
Ed. Terminus (RJ) [4]	1992	Não declarado	1 morto e 2 feridos	Laje sobre viga engastada	Corrosão de armaduras Sobrecarga devido a sucessivas camadas de impermeabilização, superpostas	3 m
Restaurante da Tijuca (RJ) [5]	1992	37 anos	nenhuma	Laje sobre viga engastada	Dimensionamento incorreto Corrosão de armaduras	1 m
Prédio do BANDERN (RN)* [6]	1993	> 50 anos	nenhuma	Laje engastada em parede de alvenaria maciça	Corrosão de armaduras	Não declarado
Ed. Tavares (RJ) [4]	1995	Não declarado	1 ferido	Laje engastada	Excesso de água por falta de drenagem Sobrecarga de letreiro apoiado sobre a marquise	2 m
Hospital Municipal Barata Ribeiro (RJ) [7]	1996	48 anos	nenhuma	Laje engastada	Mal posicionamento da armadura negativa Sobrecarga por sucessivas camadas sobrepostas de sistemas de impermeabilização Excesso de água por falta de drenagem	2,40 m
Hotel Palace (BA) [3] [8]	2000	66 anos	1 morto e 2 feridos	Não declarado	Corrosão de armaduras Excesso de água não drenada	Não declarado
Ed. M. D'Almeida [9-13]	2001	Não declarado	1 morto e 7 feridos	Não declarado	Corrosão de armaduras Excesso de água por falta de drenagem	Não declarado
Ed. Granville [14-16]	2004	24 anos	nenhuma	Laje engastada	Mal posicionamento da armadura negativa	Não declarado
Anfiteatro do Centro de Ciências Sociais Aplicadas (CESA) da UEL (PR) [17 23;24]	2006	7 anos	2 mortos e 21 feridos	Laje sobre viga engastada	Excesso de água não drenada Corrosão de armaduras	5 m
Bar Parada Obrigatória - Vila Isabel (RJ) [25-26]	2006	50 anos	3 mortos e 4 feridos	Não declarado	Corrosão de armaduras	Não declarado
Hotel Canadá	2007	40 anos	2 mortos e 14 feridos	Não declarado	Corrosão de armaduras Sobrecarga	3 m

\* prédio tombado pelo patrimônio Histórico Municipal.

qüências em peças de grande altura, contudo, no caso de uma marquise este efeito é relevante quando esta é do tipo diretamente engastada, cuja altura é normalmente reduzida. Esta foi uma das causas do desabamento da marquise do Hospital Barata Ribeiro no Rio de Janeiro em 1996 [4]. Assim, é imprescindível que o engenheiro de obra só libere a concretagem destes elementos com uma revisão criteriosa do posicionamento das armaduras.

#### 4.2 CORROSÃO DE ARMADURAS

Um dos motivos que contribuem para o colapso abrupto de uma marquise é o fato de que existe uma tendência ao surgimento de microfissuras na parte superior do engaste, como ilustrado na Figura 5.

Nos primeiros anos de utilização da obra, o sistema de impermeabilização impede o acesso de

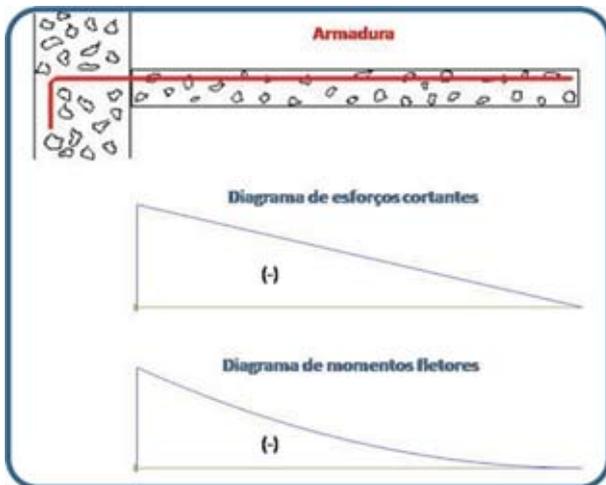


Figura 4 – Ilustração dos esforços atuantes em uma estrutura em balanço [22].

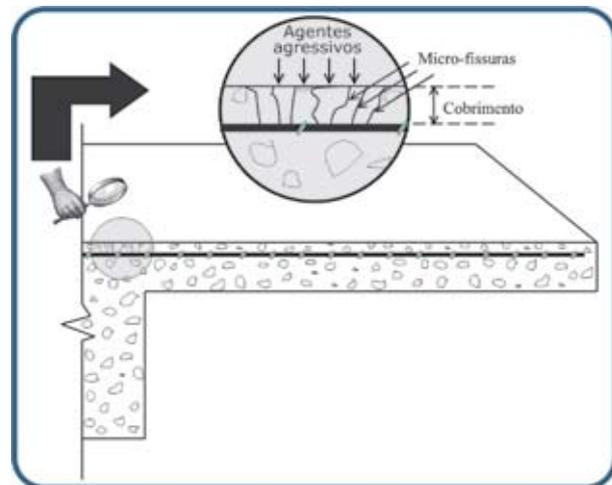


Figura 5 – Detalhe da localização de área crítica com tendência ao surgimento de fissuras e desencadeamento de corrosão do aço

umidade e de agentes agressivos nas fissuras existentes de forma mais ou menos eficiente reduzindo o risco de corrosão do aço na região do engaste da marquise.

Geralmente o problema ocorre pela falta de manutenção deste sistema de impermeabilização, o que permite o acesso de agentes agressivos como íons cloretos e poluentes atmosféricos típicos como o gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), monóxido de carbono (CO), e outros gases ácidos tipo  $\text{SO}_2$ , que juntos com água de chuva formam a chamada chuva ácida de alto poder de deterioração sobre estruturas de concreto. Somase a esta agressividade a presença de fuligem ácida decorrente da queima de combustíveis e a presença de fungos típicos de ambientes úmidos e quentes.

O acesso de um ou alguns destes produtos a esta região de concreto micro-fissurado resulta no seu contato com as armaduras trazendo como consequência a sua despassivação. Como é comum a ocorrência de ciclos de molhamento e secagem nesta área, o micro-clima configurado é muito favorável ao desenvolvimento do processo de corrosão de armaduras de aço, de forma acelerada.

Somado a todo este problema, existe o fato de que a corrosão das barras de engastamento de

uma marquise é um caso típico de corrosão sob tensão, que é um processo ainda mais rápido do que o convencional, com a formação de uma macro-célula de corrosão sob tensão, conforme descrita por Helene (1993) [6]. O aço fragiliza-se localmente na seção da fissura onde está corroído (Figura 6) e rompe sem aviso por corrosão intercrystalina ou intergranular.

Diante dessas informações é importante ressaltar que estruturas especiais como as marquises devem merecer tratamento diferenciado, coisa que não ocorre na atual norma brasileira de projeto – NBR6118/03 [7]. Nesta são previstos valores de abertura de fissura máximos em torno de 0,2mm a 0,4mm, dependendo da agressividade do ambiente, para elementos estruturais submetidos à tração em geral, sem distinção quanto à sua tipologia. Estruturas como marquises deveriam ser, se possível, projetadas para não apresentar qualquer tipo de fissuração (estádio I). No entanto, para se evitar alteração na maneira como são calculadas, poderia-se admitir aberturas de fissura bem pequenas na faixa de 0,05mm como tem sido discutido nas reuniões do Comitê Técnico do IBRACON – Durabilidade e Vida Útil das Estruturas de Concreto Armado. Dessa forma, a durabilidade destas estaria

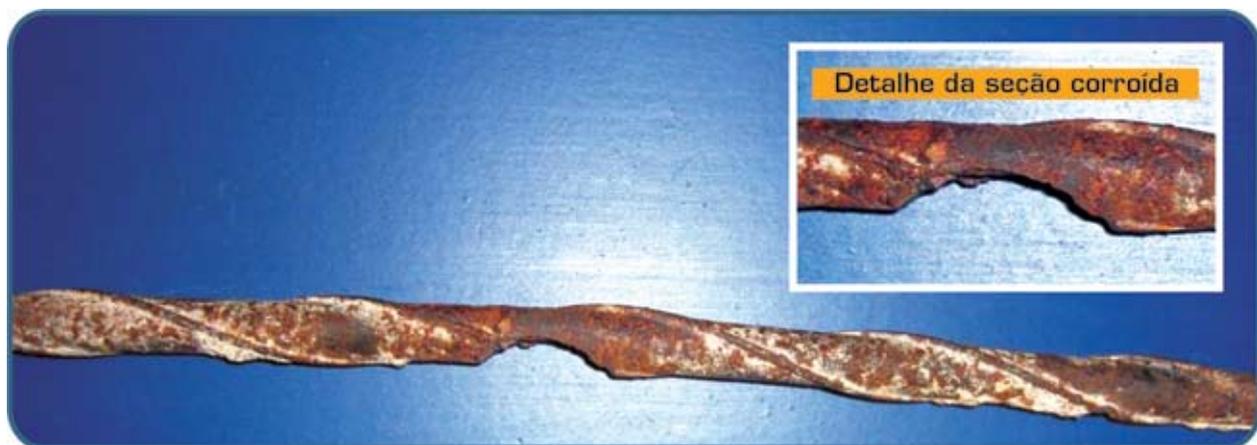


Figura 6 – Barra com corrosão localizada. No local da corrosão a estrutura apresentava uma fissura



Figura 7 – Armadura com corrosão generalizada

garantida, e os riscos de uma ruptura brusca decorrente da corrosão minimizados. No caso de ocorrência de corrosão no fim da vida útil do elemento, esta se daria preferencialmente de forma generalizada (Figura 7), apresentando sinais evidentes de degradação, como manchas, fissuras e destacamento do concreto, antes do colapso do elemento.

### 4.3 SOBRECARGA

A aplicação de cargas não previstas em projeto é muito comum em lajes e marquises antigas e pode ser tanto um fator prejudicial a sua durabilidade como o próprio agente causador isolado da ruína da estrutura.

Um dos casos mais comuns é o da manutenção de forma inconseqüente do sistema de impermeabilização. Muitas empresas do ramo tendem a tomar o caminho mais fácil para a renovação dos sistemas de impermeabilização vencidos das marquises. Ao invés de remover todo o sistema antigo juntamente com sua argamassa de proteção para só então aplicar a nova impermeabilização, instala-se o sistema novo sobre o antigo como exemplificado na Figura 8.

Os anos passam e novas impermeabilizações são aplicadas da mesma forma até a ruína da marquise por sobrecarga não prevista em projeto. O caso mais crítico que estes autores observaram foi uma marquise com laje de 7cm de espessura com inúmeras camadas de impermeabilização superpostas totalizando 56cm.

Este tipo de ocorrência se não foi a única causa, foi um dos agravantes nos casos do desabamento das marquises do edifício Términus em 1992 [1] e do Hospital Municipal Barata Ribeiro em 1996 [4], ambos no Rio de Janeiro.

O acúmulo de água sobre a marquise também pode vir a produzir sobrecarga na mesma. Isso ocorre quando os sistemas de escoamento de águas pluviais estão subdimensionados ou estão falhos (geralmente pelo fato de a impermeabilização estar vencida ou as tubulações de escoamento estarem obstruídas). Esta é uma das hipóteses levantadas para o Anfiteatro da Universidade Estadual de Londrina em 2006.

Outra fonte de sobrecargas em marquises é a instalação de equipamentos como ar-condicionado entre outros e de

estruturas secundárias como letreiros, uma vez que muitas lojas têm marquises em sua fachada. Este tipo de ocorrência é muito comum segundo a COSEDI (Comissão de Segurança de Edificações e Imóveis de Curitiba). Esta foi umas das causas do desabamento da marquise do edifício Tavares, no Rio de Janeiro, em 1995 [1].

Ainda sobre este aspecto é importante salientar que o esforço do vento sobre estes letreiros são transmitidos à marquise que pode ter sua estabilidade ameaçada, podendo vir a ruir. Portanto, não se trata simplesmente de suporte ao peso da estrutura do painel. É fundamental a con-



Figura 8 – Exemplo de camadas de sistemas de impermeabilização sobrepostas sobre laje de marquise

sulta a um Engenheiro Civil especialista em cálculo estrutural antes de tomar a decisão de instalar qualquer peso não previsto no projeto da marquise.

Outro caso de sobrecarga nas marquises que, apesar de menos comum não ser menos importante, é a sua utilização como camarotes na época de carnaval. Esta ocorrência é comum em regiões onde o carnaval de rua é uma tradição. As marquises não são projetadas para absorver o peso e o impacto provocado por dezenas de pessoas pulando e dançando sobre ela. Em Recife e Salvador, o poder municipal tem um programa de inspeção e interdição das marquises da cidade na época do carnaval, como ilustrado pelos trechos das matérias apresentados a seguir:

*“A Prefeitura do Recife inicia, nesta quarta-feira (22-02-2006), operação preventiva para evitar acidentes com marquises no trajeto do Galo da Madrugada. Proprietários de imóveis na Avenida Sul e nas Ruas Imperial e da Concórdia serão notificados para não permitir que foliões assistam ao desfile em cima das marquises.”*

**Boletim Diário da Prefeitura do Recife  
22-02-2006.**

*“A Superintendência de Controle e Ordenamento do Uso do Solo no Município (Sucom) concluiu a fiscalização prévia de todas as marquises e sacadas situadas ao longo do circuito do carnaval e, no período da festa, interditará com tapumes 12 dessas estruturas localizadas em imóveis na Rua Carlos Gomes, imediações do Forte de São Pedro e Avenida Sete de Setembro. A medida visa evitar acidentes provocados pela imprudência de foliões que utilizam as marquises como camarote.” “Nos últimos três anos o órgão já retirou dos imóveis situados no centro da cidade mais de 50 marquises que apresentavam risco de desabamento.”*

**Revista Eletrônica de Salvador  
14/01/2004.**

Esse tipo de preocupação é muito relevante. É preciso que a sociedade tenha o discernimento que este tipo de uso não é adequado para estas estruturas. No entanto, enquanto a sociedade não apresentar essa consciência, é preciso estar atento a situações de risco potencial. Uma marquise não deve ser calculada como “camarote” para carnaval, mas é preciso que o calculista tenha em mente que em situações onde existe o acesso do público à marquise, ou indícios de um grande interesse neste acesso (região onde ocorrem situações como as citadas anteriormente), este deve ser considerado no dimensionamento, utilizando para isso a NBR6120/80 [8].

#### 4.4 ESCORAMENTO INCORRETO

Muito cuidado precisa ser tomado quando se resolve escorar uma marquise. Para isso, não se pode esquecer como uma marquise é armada e quais os es-

forços atuantes na mesma. O escoramento isolado da ponta de uma marquise promove uma mudança no comportamento estrutural da peça que, neste caso, passaria a trabalhar como uma estrutura engastada em uma extremidade e apoiada na outra.

Essa mudança de comportamento pode levar a mudanças consideráveis nos diagramas de esforços solicitantes na marquise, como mostra a Figura 9.

Desse modo, na ausência de cálculos e/ou verificações que provem o contrário, a forma mais correta de se realizar o escoramento de uma marquise é introduzir apoios ao longo de toda a sua extensão com escoras desde sua extremidade até o engaste.

## 5. Considerações finais

Devido a todas as peculiaridades apresentadas, pode-se dizer que uma marquise é um elemento estrutural que precisa de cuidado especial com o projeto, execução e a manutenção periódica.

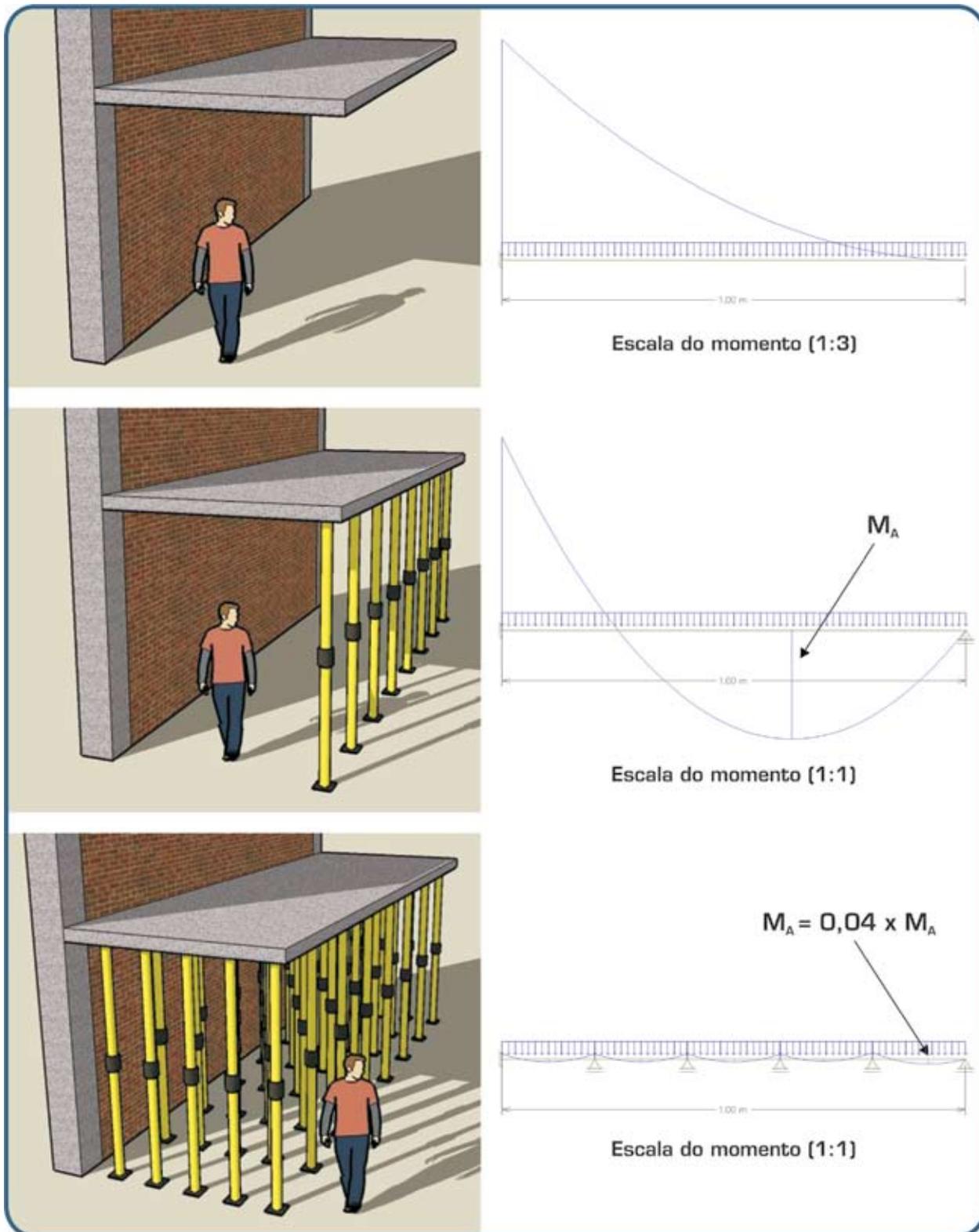
Durante o projeto deve-se atentar para detalhes relativos à sua durabilidade, como cobertura, classe de concreto e principalmente abertura de fissuras, que deve ser preferencialmente evitada, ou limitada a valores inferiores a 0,05mm. Outro ponto importante é o acesso de público a estas. Em situações onde existe este acesso, ou o risco potencial deste, este deve ser considerado no dimensionamento.

Na fase de execução deve se atentar para o correto posicionamento das armaduras e demais detalhes construtivos, cabendo ao engenheiro de obra uma revisão detalhada destes itens antes da liberação da concretagem.

A manutenção periódica destes elementos deve ser realizada em períodos mais curtos do que o da estrutura principal a que ela faz parte. Além disso, o profissional para as vistorias periódicas não pode ser um simples engenheiro civil. É preciso especialização e muita experiência na área de patologia e funcionamento estrutural de estruturas de concreto armado.

A conscientização do usuário precisa chegar ao nível de cuidado que é adotado na mecânica automotiva, onde se tem a consciência de que a manutenção do veículo é fator de grande importância para a sua durabilidade. Ninguém espera o carro ficar com a lataria toda corroída para só então fazer o serviço de lanternagem. Além disso, cuidados como a troca de óleo, calibração dos pneus, limpeza e troca de velas são tomados de tempos em tempos.

Este tipo de conceito de manutenção precisa ser aplicado na construção civil já na fase de concepção e projeto da edificação. Além disso, o usuário precisa adquirir a noção de que uma edificação não dura para sempre e precisa de manutenção e inspeções realizadas por um profissional capacitado em determinados momentos da sua vida útil, da mesma maneira que um automóvel e sem a necessidade de que para isso algum problema seja notado.



**Figura 9** – Exemplos de escoramento. Na situação (a), a marquise sem escoramento. Na situação (b), escoramento único na extremidade. Na situação (c), a introdução de 5 apoios ao longo da extensão da marquise provoca redução drástica no momento com relação à situação anterior (situação b)

É preciso aumentar a responsabilidade de proprietários com relação à durabilidade e segurança de suas estruturas e a sociedade deve exigir do poder público a criação de leis e regras que visem a regulamentação do uso e manutenção das estruturas, principalmente de estruturas especiais, como as marquises. Exemplos bem sucedidos nesse sentido podem ser encontrados em Porto Alegre, Salvador, Buenos Aires e Nova Iorque, onde vistorias periódicas são exigidas, e a apresentação

do laudo destas, juntamente com o termo de anotação de responsabilidade técnica, é indispensável para a obtenção da licença de uso da estrutura.

O proprietário de uma edificação provida de marquise, antes de tomar a decisão de instalar qualquer aparato que venha a resultar em um carregamento adicional não previsto no projeto da marquise, precisa consultar um Engenheiro Civil especialista para que seja feita uma avaliação do caso em questão.

Os serviços de renovação de impermeabilização das marquises precisam ser executados com a retirada de todo o material que faz parte do sistema de impermeabilização antigo. A não observância deste detalhe pode levar a marquise ao desmoronamento, trazendo consigo a possibilidade de vítimas fatais e de responsabilização criminal das partes cabíveis.

A perícia para a investigação do mecanismo e agentes causadores do desabamento de uma marquise precisa ser realizada de forma minuciosa,

abordando todas as possibilidades, já que este pode ser utilizado pela Justiça para responsabilizar criminalmente o projetista, o proprietário, o síndico ou a empresa executora. É bastante aconselhável que a perícia seja integrada por equipe multidisciplinar, com profissionais da área de patologia e durabilidade das estruturas e de cálculo estrutural. Isso faz com que todas as possibilidades da ruína da estrutura sejam abordadas com o nível de detalhamento adequado, produzindo um parecer técnico mais adequado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [01] DORIGO, F. Acidentes em Marquises de Edifícios. In: CUNHA, A. J. P.; LIMA, N. A. SOUZA, V. C. M. Acidentes Estruturais na Construção Civil. São Paulo, Pini, 1996, v. 1, Capítulo 21, p. 161-168.
- [02] CUNHA, A. J. P.; DORIGO, F.; SYDENSTRICKER, R. M. Quarto e Marquise Caem Sobre Restaurante de Tijuca. In: CUNHA, A. J. P.; LIMA, N. A. SOUZA, V. C. M. Acidentes Estruturais na Construção Civil. São Paulo, Pini, 1998, v. 2, Capítulo 21, p. 205-212.
- [03] Histórico de Obras da PS Construções e Serviços de Engenharia Ltda. BANDERN – Banco do Estado do Rio Grande do Norte. Restauração e recomposição da Marquise de concreto armado. 1993/1994.
- [04] LIMA, N. A. O Desmoronamento da Marquise do Hospital Municipal Barata Ribeiro. In: CUNHA, A. J. P.; LIMA, N. A. SOUZA, V. C. M. Acidentes Estruturais na Construção Civil. São Paulo, Pini, 1998, v. 2, Capítulo 20, p. 193-204.
- [05] TIMOSHENKO, S. Resistência dos Materiais. Rio de Janeiro, Ao Livro Técnico S. A., 1969, v. 1, Capítulo III, p. 87-106.
- [06] HELENE, P. Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado. Tese (Livre docência) – Escola Politécnica da USP, São Paulo, 1993.
- [07] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado. NBR 6118. Rio de Janeiro, 2003.
- [08] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Cargas para cálculo de estruturas em edificações. NBR 6120. Rio de Janeiro, 1980. ◆



## V INTERNATIONAL ACI/CANMET CONFERENCE ON HIGH PERFORMANCE CONCRETE STRUCTURES AND MATERIALS



18 a 20 Junho de 2008 | Manaus – Brasil

**Línguas:** Trabalhos devem ser apresentados em inglês para publicação; as apresentações poderão ser feitas em Inglês, Português e Espanhol. Tradução simultânea.

### COMITÊ CIENTÍFICO

- Enio Pazini Figueiredo, Universidade Federal Goiás, Brazil;
- George Hoff, past president of ACI, Consultant, USA;
- M. Basheer, Queens University, Belfast, UK;
- N. Carino, National Institute of Standards and Technology, USA;
- Paulo Helene, Universidade de São Paulo, Brazil;
- P. K. Mehta, University of California at Berkeley, USA;
- R. N. Swamy, University of Sheffield, UK;
- T. Holland, past president of American Concrete Institute, USA (Chairperson)
- V. Mohan Malhotra, CANMET.

### SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONTACT

Eng. Antonio Edvar Andrade Filho  
Prof. Enio Pazini Figueiredo

[hpc2008@tucana.com.br](mailto:hpc2008@tucana.com.br)

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



## Segurança das obras civis

Os recentes sinistros ocorridos no País, com evidentes prejuízos pessoais, morais e patrimoniais à população, vêm demonstrar a imperiosa necessidade da introdução de medidas técnicas e legais para a redução dos riscos de acidentes, razão pela qual várias entidades de reconhecida competência promoveram o Debate Técnico “LIÇÕES DO AREIA BRANCA – Acidentes Responsabilidades e Segurança das Obras” e manifestam-se publicamente apresentando as conclusões alcançadas.

### Conceito

Entendem-se como quatro as grandes etapas do processo construtivo: concepção, projeto, execução e uso/manutenção. Considerando uma vida útil das estruturas de 50 a 100 anos, a etapa de USO/MANUTENÇÃO passa a ter importância fundamental na segurança, eis que as primeiras são desenvolvidas no período inicial do processo, e sempre supervisionadas por profissionais habilitados, enquanto o uso/manutenção, estende-se pelo longo tempo restante, e no mais das vezes, ficam sob supervisão de proprietários leigos ou à mercê de pseudo-técnicos. Essa assistência incipiente e despreparada pode não perceber, que as hipóteses iniciais de segurança e funcionamento estrutural estão sendo alteradas para pior. Outras vezes, nem percebem que intervenções e reformas inadequadas podem comprometer seriamente as hipóteses inicialmente formuladas nas etapas de PROJETO e CONSTRUÇÃO. As experiências em cidades como Porto Alegre, Buenos Aires e Nova Iorque, onde têm sido aplicadas com sucesso leis que prevêm a inspeção e manutenção periódicas das edificações e obras-de-arte, garantiram a diminuição de acidentes com perdas humanas e a redução dos custos de intervenções corretivas.

### PROPOSTAS

#### PARA EDIFICAÇÕES EXISTENTES

Deverá ser instituída por legislação federal, estadual e municipal, criada especialmente para esta finalidade, a inspeção periódica de patrimônios públicos e privados, cujas estruturas estejam sujeitas à ação agressiva do meio ambiente, tais quais, fachadas, marquises, balcões, varandas em balanço, contenções, fundações, estádios de esportes, galpões de feiras e exposições, pontes, viadutos, túneis, obras de saneamento e edifícios residenciais e comerciais com mais de dez metros de altura.

Esta inspeção deverá ser realizada por profissionais e/ou empresas especializadas, habilitadas e credenciadas.

A partir de um diagnóstico fruto dessa inspeção técnica, e se assim for orientado, as edificações deverão receber as intervenções necessárias e urgentes, bem como ser mantidas permanentemente mediante rotinas técnicas específicas. Cabe à Prefeitura local e Órgãos Públicos esti-

mular, através do uso inteligente de descontos em impostos ou multas, essa inspeção e manutenção periódicas.

#### PARA CERTIFICAÇÃO DA MÃO-DE-OBRA

Mediante legislação federal, estadual e municipal a ser formulada, a mão-de-obra vinculada às atividades de construção com conseqüências diretas na qualidade estrutural (desenvolvidas por mestres e encarregados de estruturas e fundações, armadores, soldadores, montadores, vibradoristas, operadores de betoneira, bombas e caminhões betoneira, operadores de concreto projetado, laboratoristas, etc), deverá ser reciclada e certificada periodicamente em seus conhecimentos, cabendo a fiscalização da utilização de mão-de-obra credenciada aos Sindicatos da Construção SINDUSCONs, e aos CREAs a punição do empregador no caso do não atendimento.

#### PARA APERFEIÇOAMENTO DO ENSINO DE ENGENHARIA CIVIL E ARQUITETURA

Por meio de medidas nacionais a serem implantadas via MEC: a introdução no último ano de engenharia civil e arquitetura, de uma ou mais disciplinas versando sobre segurança, vida útil, patologia e terapia das estruturas, assim como ética profissional; o treinamento e atualização contínua de todos os professores das disciplinas relacionadas a fundações, estruturas e materiais de construção; a ampliação da exigência da participação de Doutores como professores dessas disciplinas, tendo como meta a totalidade até 2.015.

#### PARA O EXERCÍCIO PROFISSIONAL

Deverá ser implantado por parte do Sistema CONFEA um programa permanente de conscientização e controle (com prazo de validade) das habilitações profissionais, sujeitas a uma comprovação de conhecimentos e do efetivo exercício profissional.

Deverá ser implantado via MEC e CREAs um amplo incentivo aos programas de educação continuada nas universidades e entidades afins envolvidas com a segurança das obras civis, visando o aprimoramento profissional nas áreas de projeto, execução, inspeção e manutenção de estruturas.

#### PARA O REGRAMENTO TÉCNICO

Considerando a necessidade absoluta do estabelecimento de regras técnicas para as atividades da Inspeção em Obras Civis no País, padronizando definitivamente conceitos e atividades no sentido da garantia de segurança, torna-se imprescindível a elaboração, via ABNT, de Norma Brasileira de Inspeção de Obras Civis. Diante da importância destes aperfeiçoamentos para o benefício da comunidade, espera-se mobilizar a sociedade civil e órgãos governamentais dos três níveis administrativos, para que juntos, possam pôr em prática as medidas aqui propostas.

**ABECE – Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural; IBAPE/SP – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo; IBRACON – Instituto Brasileiro do Concreto** ◆

## Burj Dubai – Superando todos os recordes em obras civis

O edifício Burj Dubai, nos Emirados Árabes Unidos, é o mais alto do Oriente Médio e da Europa e, quando concluído, será a estrutura mais alta já feita pelo homem. Atualmente, a estrutura encontra-se no 120º piso com 422m. Esta proeza somente é possível em função dos últimos avanços na engenharia dos túneis de vento, na engenharia estrutural, nos materiais de construção e nos métodos construtivos.

A forma básica em Y, de três torres justapostas, desenho que garante muita estabilidade à edificação, foi aprimorada a partir dos estudos extensivos de túnel de vento, resultando numa forma de seções diversas para provocar um comportamento desordenado do vento, minimizando os movimentos laterais da estrutura. Esta forma



é obtida por meio de shear walls de 60 cm, feitas de concreto armado, em torno de um hexágono central feito do mesmo material, além dos 27 setbacks criados pela interceptação das bays nos wings. A solução objetivou resolver os conflitos entre os parâmetros da estrutura e os de funcionalidade para um edifício residencial alto.

O Concreto de Alto Desempenho, composto de cimento Portland, sílica ativa, escórias de alto-forno e aditivos, além de resultar numa estrutura firme e forte, garante a resistência à temperatura, à hidratação, à rachadura, além da fluidez necessária para ser bombeado a uma altura de

500m, mantendo-se suas propriedades enquanto transportado. A resistência alcançou 80 MPa para a torre principal e 50 MPa para as demais estruturas. Até o momento, o volume de concreto demandado pela estrutura, fora as fundações, foi de 230 mil m<sup>3</sup>. Com as fundações, o total chega a 304.800 m<sup>3</sup>.

As fundações são compostas por uma larga sapata de concreto armado, com 3,7m de profundidade, suportada por pilares do mesmo concreto com 1,5m de diâmetro e 50m de comprimento. Este concreto possui alta densidade e baixa permeabilidade para minimizar os ataques de cloretos e sulfatos presentes no solo da região. Além disso, a fundação é protegida pelo sistema de proteção catódica.

### DADOS TÉCNICOS

**Projetista:** Skidmore, Owings, & Merrill

**Consultor de Túnel de Vento:** Rowan Williams Davies & Irwin Inc (RWDI)

**Concreteira:** Universal Concrete Products (Unimix) LLC

**Fundações:** Hyder, UAE e Nasa Multiplex

**Construtor principal:** South Korea's Samsung Corp

**Fôrmas:** Doka

**Início:** 2005

**Término:** 2009

**Altura:** 705-808m

**Área construída:** 279.000m<sup>2</sup>



# e-Tower – Recordes em tecnologia, processo construtivo e desenho arquitetônico

O e-Tower recebeu nota AAA do Núcleo de Real Estate da Escola Politécnica da USP, certificado reconhecido pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), por possuir tecnologia, processo construtivo e desenho arquitetônico de ponta, correspondentes “aos mais altos padrões de construção vigentes”, segundo o relatório.

Inaugurado em 2005 e localizado na Rua Funchal, Vila Olímpia, em São Paulo, o e-Tower é um prédio comercial de 162 m de altura e 52 mil m<sup>2</sup> de área construída. O projeto de estrutura de concreto armado compõe-se da grelha da fachada e dos pórticos internos travados em direção ao core. Seus pavimentos possuem tamanhos diferenciados e o fechamento da estrutura foi executado com painéis modulados de 3,75 x 2,5m com revestimentos externos de placas de granito.

A sapata principal do edifício possui área de 392m<sup>2</sup>, tendo consumido um volume de concreto de 805m<sup>3</sup>. Os pilares da fachada Norte suportam cargas bastante altas, entre 1380 e 1820 toneladas, exigindo seções resistentes próximas a 0,9m x 0,9m, para concreto de fck 40 MPa. Os pilares do estacionamento têm, no entanto, 0,7m x 0,6m de seção resistente e a distância entre eles não são inferiores a 4,2m. Por isso, o maior desafio foi o de aumentar a resistência no concreto nestes pilares.

A solução foi alcançada com o Concreto de Alto Desempenho, que apresenta baixo teor de água no concreto, resultando numa estrutura mais compacta, menos permeável e com maior vida útil, além de resistências mais elevadas, permitindo o uso de seções de peças menores e de vãos livres maiores.

Com a utilização de aditivos seguidos de critérios de dosagem, conseguiu-se um recorde mundial de resistência em canteiro de obras, com fck 149 MPa. O valor médio do módulo de elasticidade foi de 47 GPa, também um recorde da engenharia nacional.



## DADOS TÉCNICOS

**Início do projeto:** 2000

**Conclusão da obra:** 2005

**Arquitetura:** Aflalo & Gasperini Arquitetos

**Construção:** Tecnum & Corporate

**Estrutura:** França e Associados (concreto);  
Engebrat (metálica)

**Fundação:** Apoio

**Ensaio de túnel de vento:** Laboratório de  
Aerodinâmica da Construção/UFRGS

**Assessoria em tecnologia de concreto:**  
Paulo Helene / USP ◆



# 49º Congresso Brasileiro do Concreto – CBC 2007

**1 a 5 de setembro de 2007**

**BENTO GONÇALVES – RIO GRANDE DO SUL**

Participe do maior evento técnico-científico da Construção Civil no Brasil.

Atualize seus conhecimentos sobre a tecnologia do concreto. Desfrute de tudo o que a Serra Gaúcha tem a oferecer.

## TEMAS

**Gestão e Normalização**  
Management and Standardization

**Materiais e Propriedades**  
Materials and Properties

**Projeto de Estruturas**  
Structural Design

**Métodos Construtivos**  
Construction Methods

**Análise Estrutural**  
Structural Analysis

**Materiais e Produtos Específicos**  
Specific Products

**Sistemas Construtivos Específicos**  
Specific Construction System

## ATRAÇÕES TÉCNICAS

- Apresentação de trabalhos técnicos
- Painéis de Assuntos Controversos
- Conferências Internacionais
- FEIBRACON – Feira Brasileira das Construções em Concreto
- Concursos para estudantes

## EVENTO PARALELO

**CT – MAB**  
**VIII Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem**

## INFORMAÇÕES SOBRE ESTANDES

Arlene Lima – (11) 3735-0202 – [arlene@ibracon.org.br](mailto:arlene@ibracon.org.br)

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

SÓ DEPOIS DE MUITA PESQUISA,  
COMEÇAMOS A CONSTRUIR UMA TESE,

UMA PONTE, UMA USINA,  
UM PRÉDIO.

A Vedacit/Otto Baumgart possui uma linha completa de produtos,  
dentre eles impermeabilizantes, materiais para construção e aditivos para concreto.  
Todos feitos com o máximo de tecnologia, testados e aprovados pelos mais diversos tipos de obra.  
Acesse nosso site e conheça mais sobre nossos produtos.

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

**VEDACIT**  
IMPERMEABILIZANTES



(11) 6902-5555