

ESTRUTURAS SISMO-RESISTENTES

RISCOS SÍSMICOS NO BRASIL E NORMALIZAÇÃO DA SEGURANÇA ESTRUTURAL



Ano XLVI

92

OUT-DEZ
2018

ISSN 1809-7197
www.ibracon.org.br



PERSONALIDADE ENTREVISTADA

SÉRGIO HAMPSHIRE: PESQUISAS
SOBRE DINÂMICA DAS ESTRUTURAS,
INTERAÇÃO SOLO-ESTRUTURA
E ANÁLISE SÍSMICA

CAPACITAÇÃO PROFISSIONAL
E ENSINO DE ENGENHARIA

EDUCAÇÃO NO MUNDO DIGITAL

60º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO

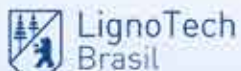
PREMIAÇÕES, CONCURSOS
E DEBATES OCORRIDOS
NO EVENTO

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

ADIÇÕES



ADITIVOS



RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL



ARMADURA



EQUIPAMENTOS



ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO



ESCRITÓRIOS DE PROJETOS



JUNTE-SE A ELAS

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

PRÉ-FABRICADOS



CONSTRUTORAS



CONTROLE TECNOLÓGICO



Falcão Bauer

FÓRMAS



CONCRETO



CIMENTO



LafargeHolcim



Associação Brasileira de Cimento Portland



CIMENTO NACIONAL



InterCement



Votorantim Cimentos

GOVERNO



Esta edição é um oferecimento das seguintes Entidades e Empresas



Adote concretamente

a revista **CONCRETO & Construções**

O *best seller* da engenharia de materiais de construção não pode faltar na sua biblioteca!



IBRACON



O livro “Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia dos Materiais” é a mais completa fonte de consulta para estudantes, professores e profissionais da engenharia.

Dividido em dois volumes, o livro é composto por 52 capítulos escritos por 86 reconhecidos especialistas brasileiros, totalmente referenciado nas normas brasileiras vigentes e de acordo com as práticas nacionais da mais alta qualidade da engenharia civil em vigor.

Ficha Técnica

ISBN / ISSN: 978-85-98576-27-5

Edição: 3ª edição

Páginas: 1760

Formato: 18,6 x 23,3 cm

Acabamento: Capa Dura

Ano de Publicação: 2017

Peso: 6,5 Kg

Garanta seus exemplares!

Acesse a Loja Virtual do IBRACON

www.ibracon.org.br



REVISTA OFICIAL DO IBRACON

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

ISSN 1809-7197

Tiragem desta edição: 5.000 exemplares
Publicação trimestral distribuída gratuitamente aos associados

JORNALISTA RESPONSÁVEL

→ Fábio Luis Pedrosa
MTB 41.728/SP
fabio@ibracon.org.br

PUBLICIDADE E PROMOÇÃO

→ Arlene Regnier de Lima Ferreira
arlene@ibracon.org.br

PROJETO GRÁFICO E DTP

→ Gill Pereira
gill@ellemento-arte.com

ASSINATURA E ATENDIMENTO

office@ibracon.org.br

GRÁFICA

Coan Indústria Gráfica
Preço: R\$ 12,00

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

© Copyright 2018 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.



INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO

Fundado em 1972
Declarado de Utilidade Pública Estadual I Lei 2538 de 11/11/1980
Declarado de Utilidade Pública Federal Decreto 86871 de 25/01/1982

DIRETOR PRESIDENTE

Julio Timerman

DIRETOR 1º VICE-PRESIDENTE

Luiz Prado Vieira Júnior

DIRETOR 2º VICE-PRESIDENTE

Bernardo Tutikian

DIRETOR 1º SECRETÁRIO

Antonio D. de Figueiredo

DIRETOR 2º SECRETÁRIO

Carlos José Massucato

DIRETOR 1º TESOUREIRO

Claudio Sbrighi Neto

DIRETOR 2º TESOUREIRO

Nelson Covas

DIRETOR DE MARKETING

Hugo Rodrigues

PRESIDENTE DO COMITÊ EDITORIAL

→ Guilherme Parsekian

COMITÊ EDITORIAL – MEMBROS

- Alio Kimura (informática no cálculo estrutural)
- Arnaldo Forti Battagin (cimento & sustentabilidade)
- Bernardo Tutikian (tecnologia)
- Eduardo Barros Millen (pré-moldado)
- Enio Pazini Figueiredo (durabilidade)
- Ercio Thomas (sistemas construtivos)
- Evandro Duarte (protendido)
- Frederico Falconi (projeto de fundações)
- Guilherme Parsekian (alvenaria estrutural)
- Hugo Rodrigues (cimento e comunicação)
- Inês L. da Silva Battagin (normalização)
- Íria Lícia Oliva Doniak (pré-fabricados)
- José Tadeu Balbo (pavimentação)
- Luiz Carlos Pinto da Silva Filho (ensino)
- Mário Rocha (sistemas construtivos)
- Paulo Eduardo Campos (arquitetura)
- Paulo Helene (concreto e reabilitação)
- Selmo Kuperman (barragens)

COORDENADOR DA SEÇÃO DE CAPACITAÇÃO E ENSINO

→ César Henrique Daher

IBRACON

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

DIRETOR DE EVENTOS

César Daher

DIRETOR TÉCNICO

Paulo Helene

DIRETOR DE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS

Túlio Nogueira Bittencourt

DIRETORA DE PUBLICAÇÕES E DIVULGAÇÃO TÉCNICA

Íria Lícia Oliva Doniak

DIRETOR DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

Leandro Mouta Trautwein

DIRETOR DE CURSOS

Enio José Pazini Figueiredo

DIRETOR DE CERTIFICAÇÃO DE MÃO DE OBRA

Gilberto Antônio Giuzio

DIRETORA DE ATIVIDADES ESTUDANTIS

Jéssika Pacheco

60º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO

- 26 Congresso dissemina conhecimento, tecnologias e boas práticas da engenharia de concreto
- 36 Prêmio de Destaques 2018
- 39 Prêmio de Teses e Dissertações 2018
- 40 Conferências plenárias trazem as novidades das pesquisas sobre o concreto



- 44 Seminário disseminou informações sobre a resistência do concreto ao fogo
- 49 Seminário debateu iniciativas para a qualidade das construções em concreto
- 52 Qualidade do concreto de centrais dosadoras e misturadoras foi debatida em mesa-redonda
- 54 Seminário orientou profissionais quanto às boas práticas construtivas
- 56 Conferência debate segurança operacional de barragens e conciliação de aspectos econômicos, sociais e ambientais em seu projeto e construção

- 60 Concursos integram estudantes e profissionais e agitam Congresso



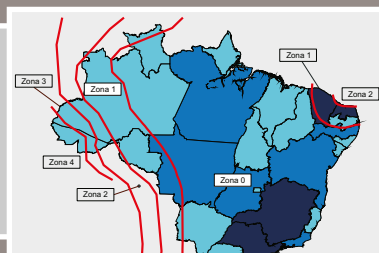
CAPACITAÇÃO PROFISSIONAL E ENSINO DE ENGENHARIA

67 Ensinando e aprendendo no mundo digital

PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

72 Base sismológica para a zonificação sísmica da ABNT NBR 15421

78 Risco sísmico no Brasil: ameaça, normalização e vulnerabilidade

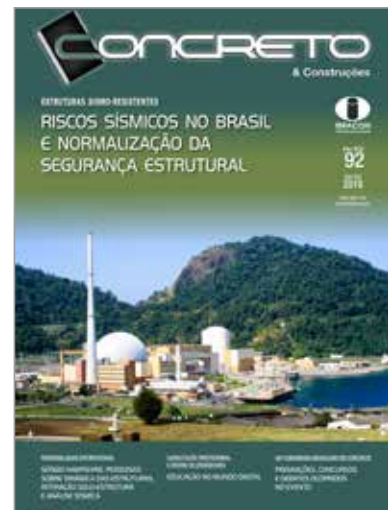


87 Estudo sobre a viabilidade do uso da modelagem numérica em estruturas civis validadas por parâmetros modais obtidos em campo

94 Controle da resistência à compressão do concreto: análise comparativa entre os procedimentos propostos pela ABNT, ACI e EN

NORMALIZAÇÃO TÉCNICA

104 Os vergalhões e o concreto armado no Brasil



CRÉDITOS

CAPA

USINA NUCLEAR
DE ANGRA DOS REIS.
ELETRONUCLEAR

SEÇÕES

- 8 Editorial
- 10 Coluna Institucional
- 12 Converse com o IBRACON
- 13 Encontros e Notícias
- 20 Personalidade Entrevistada: Sérgio Hampshire
- 102 Entidades da Cadeia
- 104 Mantenedor: Concreto dos pilares e vigas que suspendem a Capela Santa Luzia
- 113 Acontece nas Regionais

Concreto: ontem, hoje e amanhã!

Caro leitor,

Dizem que o concreto é o material mais utilizado depois da água. É muito difícil encontrar uma edificação sem a presença de concreto, ou algum material cimentício, nos mais variados sistemas construtivos possíveis. A grandeza das aplicações práticas do concreto não é menor que a relevância deste para a engenharia nacional. Exemplo clássico dessa relevância é a própria instalação da ABNT, cuja primeira norma, antiga NB1, foi a de projeto e execução de estruturas de concreto. Ao ler a excelente entrevista com o Professor Sérgio Hampshire, o leitor irá aprender, dentre vários outros pontos, que a criação da norma brasileira sobre ações sísmicas (um dos temas desta edição) ocorreu por conta de uma necessidade de internacionalização da norma brasileira NBR 6118 e contou com intensa participação do comitê de estruturas de concreto. Não perca essa aula em formato de entrevista.

Muitas vezes sistemas desenvolvidos ou melhorados por brasileiros têm reconhecimento mundial. Pode-se citar o caso da alvenaria estrutural (arrisco dizer que o caso brasileiro é o maior sucesso mundial desse sistema na história moderna, como caminha a ser o sistema de paredes de concreto moldadas no local) e vários casos de empresas nacionais que estão ganhando mercado na América do Sul e ao redor do mundo com sistemas de softwares para projeto e detalhamento de estruturas, sistemas de protensão, sistemas de formas. Construtoras brasileiras realizam obras no mundo todo. Esse sucesso é fruto da dedicação, criatividade e competência dos profissionais brasileiros. Devemos ter orgulho desses exemplos. As edições de 2018 trouxeram vários registros desses casos de sucesso.

O Congresso Brasileiro do Concreto (CBC) é, anualmente, o fórum que reluz toda a excelência das várias tecnologias com uso deste material. Apesar do nome “Brasileiro”, nosso congresso é internacional, com participação de profissionais de 15 países, além dos palestrantes con-

vidados, Dr. Roberto Stark e Dr. Pedro Castro ambos, do México, Prof. Ian Richardson, da Inglaterra, e Dr. Carlos

Alberto Matias Ramos, de Portugal. Grandes discussões ocorreram nos Seminários “Segurança Contra Incêndio”, “Controle Tecnológico”, “Boas Práticas na Execução”, “Novas Tecnologias”, “Mesas Redondas” e no evento paralelo “*Dam World*”.

Infelizmente é necessário destacar os casos de duas tragédias recentes envolvendo estruturas de concreto e aprender as lições. Ainda tenta-se entender o caso do incêndio do Edifício Wilton Paes, o que levou ao colapso dessa estrutura em tempo tão curto. Parte da resposta é encontrada nos comentários do Prof. Paulo Helene na seção desta edição que destaca a discussão durante o CBC. A partir dessa fica a questão: “é necessário considerar ações decorrentes de elevadas variações diferenciais de temperaturas na situação de incêndio em estruturas arrojadas de edifícios, em especial àquelas com grandes balanços e não simetrias críticas?”.


Outro caso é o desabamento parcial de viaduto da Marginal Pinheiros, novamente na cidade de São Paulo. A criatividade e competência da engenharia nacional trabalhou incansavelmente para, em curto tempo, escorar a estrutura e elaborar soluções para recuperação. Porém, todo engenheiro sabe que o custo de manutenção preventiva é uma ínfima parcela da despesa inevitavelmente gasta quando ocorre um acidente e uma recuperação é necessária. Em edições anteriores, a Revista CONCRETO & Construções apresentou procedimentos, normas, exemplos de casos, destacando a importância da inspeção e manutenção programada de estruturas de concreto, como forma de garantir não apenas a fundamental segurança dos usuários, mas também de evitar enormes prejuízos como o triste exemplo ora ocorrido. O IBRA-CON fez vários manifestos e tem um curso específico de



Inspeção de Pontes, que já foi oferecido em São Paulo, Fortaleza, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Recife e outras cidades. Registra-se outra pergunta: “A Engenharia Nacional tem força e organização suficiente para mostrar e convencer as diversas esferas públicas, e a sociedade em geral, da importância de seguir procedimentos técnicos no projeto, execução e manutenção, ANTES da ocorrência de desastres?”. Por fim, devo comentar sobre o futuro. Se há dois séculos, a ideia genial de utilizar barras de aço dentro do concreto abriu as portas do mundo ao concreto armado, hoje caminha-se para concreto reforçado com fibras, com substituição total ou parcial das barras. Se há poucos anos, nos impressionamos em como o concreto com f_{ck} de 150 kgf/cm², padrão na construção de edifícios há menos de 50 anos, nem é mais utilizado hoje, sendo substituído por concreto de 30, 60... 90 MPa (a referência de unidade mudou também...quem sabe no futuro nossos projetos serão apresentados em mm), encontrando-se atualmente, com uma certa frequência, construções com concreto de ultra-altodesempenho com mais de 150 MPa, garantindo grande durabilidade e re-

dução na necessidade de manutenção. Se o concreto foi considerado um dos grandes vilões da emissão de CO₂, a incorporação de adições e resíduos nos cimentos muito diminuiu essa emissão, além de estudos modernos indicarem que concretos e argamassas são capazes fixar parte do CO₂ liberado na sua confecção, ou seja, podem se transformar nos “mocinhos” sequestrando e retirando o CO₂ do meio ambiente. Existem hoje estudos para alterar o processo de cura de artefatos pré-fabricados de concreto (blocos e peças para pavimentação), possibilitando a incorporação de CO₂ na fabricação dessas peças, agregando valor ambiental. As cidades estão sendo transformadas em “inteligentes”. Todos esses são temas atuais em desenvolvimento e deverão fazer parte das edições de 2019.

Boa Leitura. Bom futuro, brasileiro!

GUILHERME A. PARSEKIAN
PRESIDENTE DO COMITÊ EDITORIAL
INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO 

COMENTÁRIOS E EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DA ABNT NBR 6118:2014

A publicação traz comentários e exemplos de aplicação da nova norma brasileira para projetos de estruturas de concreto - ABNT NBR 6118:2014, objetivando esclarecer os conceitos e exigências normativas e, assim, facilitar seu uso pelos escritórios de projeto.

Fruto do trabalho do Comitê Técnico CT 301, comitê formado por especialistas do Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON) e da Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural (ABECE), para normalizar o Concreto Estrutural, a obra é voltada para engenheiros civis, arquitetos e tecnólogos.

DADOS TÉCNICOS

ISBN 9788598576244

Formato: 18,6 cm x 23,3 cm

Páginas: 484

Acabamento: Capa dura

Ano da publicação: 2015

AQUISIÇÃO:

www.ibracon.org.br

(Loja Virtual)



Patrocínio



Atividades da Diretoria Técnica

Segundo o artigo 34 do Estatuto do IBRACON, cabe à Diretoria Técnica coordenar e estimular as atividades dos Comitês Técnicos CTs, promover estudos, pesquisas e atividades de interesse do Instituto, coordenar os processos de premiação e promover a normalização na área de concreto e suas estruturas.

Hoje se fala muito em “Segurança Jurídica”, que tem como pressuposto o princípio da confiança mútua, princípio básico do Estado de Direito, cujo objetivo principal é assegurar a estabilidade das relações já consolidadas. Nessa linha, cabe

fazer um paralelo com o conceito de “Segurança Tecnológica” ou “Confiança Tecnológica” num determinado sistema produtivo.

A opção, de um investidor sério e consciente, por um sistema construtivo, ocorre na medida direta da segurança e confiança tecnológica que esse sistema oferece e na medida indireta do desconhecimento tecno-científico existente ou não divulgado.

A valorização do mercado de concreto, mantendo-o como a melhor opção construtiva, passa por promover, gerar, difundir e estimular permanentemente o conhecimento de seus sistemas construtivos através de normas, publicações, cursos, eventos, diagnósticos, pesquisas, manuais e guias de melhores práticas e procedimentos para controle, que assegurem a consolidação da estabilidade das relações comerciais entre os diversos intervenientes da cadeia produtiva do concreto.

O papel dos CTs do IBRACON é reunir os especialistas, os consumidores e os produtores de estruturas em concreto armado e protendido no país. Têm a nobre missão de desenvolver o mercado de construção civil produzindo documentos técnicos consistentes, que contribuam para o progresso da tecnologia e que assegurem confiança aos investidores e à sociedade em relação ao uso moderno, competente e eficaz de alternativas construtivas. Os textos normativos da ABNT, apesar de fundamentais, são, por natureza, objetivos e concisos, ou seja, não têm cunho didático, carecendo de referências bibliográficas e de exemplos práticos, não tendo, portanto, caráter educativo. Norma é um documento “ enxuto e seco”, sem justificativas e explicações.



Então é missão do IBRACON complementar o conhecimento sobre um determinado tema, visando ao mesmo tempo gerar, atualizar e ampliar o conhecimento na área. Também é papel do Instituto agregar o meio técnico e as Entidades parceiras no desenvolvimento e na difusão do conhecimento já consolidado ou mesmo em inovação. Esse é o objetivo básico dos CTs, cada qual dentro de sua especialidade.

Os congressos anuais do IBRACON, que percorrem o Brasil integrando os profissionais e formadores de opinião de todas as regiões do país, promovem o ambiente ideal para a difusão e as discussões

técnicas, tendo sido palco de várias reuniões dos CTs.

Durante o 60º Congresso Brasileiro do Concreto 60CBC2018, em Foz do Iguaçu, tomaram posse na direção do CTA, os dez novos membros cujo objetivo principal é “gerir” o processo de funcionamento dos CTs.

O evento foi palco do lançamento do “Guia de Prevenção da Reação Álcali Agregado”, ensinando com didática e exemplos como praticar uma correta e abrangente profilaxia em estágios, fruto do profícuo trabalho do CT 201 coordenado pelo Dr. Cláudio Sbrighi e equipe de notáveis.

Na ocasião também ocorreu a reunião ordinária e ampliada do CT 301 ABECE/IBRACON que, sob o comando dedicado da Engª Suely Bueno e do Eng. Alio Kimura, têm trabalhado arduamente na atualização da ABNT NBR 6118, considerada a norma “mãe” da engenharia de concreto no país, preparando a versão ano 2019.

Significativa foi também a profícua reunião do CT 304 ABCIC/IBRACON, presidida pela Engª Íria Doniak que tem se destacado na contribuição à normalização de estruturas pré-moldadas no país, dando suporte e segurança ao natural desenvolvimento da indústria do concreto no Brasil rumo à inovação e modernização.

Num esforço conjunto entre Diretoria de Relações Institucionais e Diretoria Técnica, foram firmados, entre o IBRACON, sob a presidência do Eng. Julio Timerman, os Protocolos de Cooperação Técnica com o Instituto Brasileiro de Impermeabilização IBI, presidido pelo Eng. Jacques Pinto; com a Associação Brasileira das Empresas de Tecnologia da Construção Civil ABRATEC, presidida pela Engª Paula Baillot; e, com a Associação Brasileira de



Proteção Passiva contra Incêndio ABPP, presidida pelo Eng. Rogério Lin. Tais Protocolos têm o objetivo maior de incrementar a produção de textos técnicos de qualidade e abrangência para suporte das atividades produtivas da cadeia.

Tendo também como parceiros presentes a ABESC, presidida pelo Eng. Jairo Abud, o SINDUSCON/SP, representado pelo Eng. Jorge Batlouni e a ALCONPAT Brasil, presidida pelo Prof. Cesar Daher, importantes seminários e reuniões de CTs ocorreram no Congresso Anual do Instituto, entre elas as reuniões do CT 305 IBRACON/ABPP Segurança contra Incêndio, coordenado pelo Prof. Bernardo Tutikian, a reunião do CT 702 IBRACON/ALCONPAT Durabilidade das Estruturas de Concreto, coordenado pelo Prof. Daniel Veras e a reunião do CT 802 IBRACON/ALCONPAT Manutenção e Reabilitação de Estruturas, coordenado pelo Prof. Enio Pazini. Novos CTs em parceria com a ABESC, IBI, SINDUSCON/SP e ABRATEC estão em andamento.

Cabe ressaltar que se tratam de CTs com atividade permanente, ou seja, têm por missão gerar textos para ABNT, gerar textos didáticos e práticos, gerar textos com exemplos de casos, além de promover seminários, cursos e eventos, incentivando novas tecnologias e desen-

volvimentos, incluindo a preocupação indispensável com a sustentabilidade.

Por conta do inusitado colapso do Edifício Wilton Paes de Almeida, em São Paulo, em apenas 80 minutos de incêndio, por iniciativa do Presidente, o IBRACON, através de sua Diretoria Técnica, assinou um termo de compromisso com a Prefeitura de São Paulo, para pesquisar as razões técnicas desse comportamento estrutural não esperado. A iniciativa levou a um plano completo de investigação do ocorrido para tirar lições do acidente que possam evitar tragédias similares, permitir aperfeiçoar as Instruções do Corpo de Bombeiros e as normas técnicas de projeto e construção de estruturas de concreto armado no Brasil. O IBRACON também premiou oito profissionais do meio técnico que se destacaram por suas trajetórias de contribuições para o bom uso do concreto e concedeu o título de sócio honorário a cinco novas personalidades.

Associe-se ao IBRACON e venha desfrutar dos prazeres do trabalho voluntário e se beneficiar de um ambiente colaborativo e de excelência técnica. Vamos em frente...

PAULO HELENE
DIRETOR TÉCNICO DO IBRACON



Prática Recomendada IBRACON Concreto Autoadensável

COORDENADOR Bernardo Fonseca Tutikian
SECRETÁRIO Roberto Christ

Traz para a comunidade técnica os conceitos relacionados ao concreto autoadensável, as recomendações para seleção de materiais, os métodos de dosagem, os procedimentos de mistura, as recomendações para a aceitação do concreto no estado fresco e para seu transporte, lançamento e rastreamento

A obra é resultado do trabalho do Comitê Técnico IBRACON sobre Concreto Autoadensável (CT 202), voltando-se aos profissionais que lidam com a tecnologia do concreto autoadensável nos canteiros de obras, nas indústrias de pré-fabricados, nos laboratórios de controle tecnológico e nas universidades.

DADOS TÉCNICOS

ISBN: 978-85-98576-25-1

Edição: 1ª edição

Formato: Eletrônico

Páginas: 78

Acabamento: Digital

Ano da publicação: 2015

Patrocínio



ENVIE SUA PERGUNTA OU NOTA PARA O E-MAIL: fabio@ibracon.org.br

PERGUNTAS TÉCNICAS

TENHO ALGUMAS DÚVIDAS RELACIONADAS À ABNT NBR 15961-2 ALVENARIA ESTRUTURAL – BLOCO DE CONCRETO PARTE 2: EXECUÇÃO E CONTROLE DE OBRAS, REFERENTE AO ITEM 8.3.3.1.1. A DEFINIÇÃO DO LOTE É CONSIDERADA POR EDIFÍCIO? OS 500 M² DE ÁREA CONSTRUÍDA NO MESMO PAVIMENTO SÃO CONSIDERADOS POR EDIFÍCIO? SE FOR EM BLOCOS DIFERENTES, COMO DEVE SE PROCEDER? ESSA FORMAÇÃO DE LOTE REFERE-SE AO DIA? OU SEJA, SE NO OUTRO DIA COMEÇAR A FABRICAR A ARGAMASSA DE LEVANTE, SERÁ OUTRO LOTE? MESMO QUE AINDA NÃO TEM SIDO FEITO OS 500M² DE ÁREA CONSTRUÍDA E JÁ TENHA SIDO EXECUTADO OS DOIS PAVIMENTOS? NO ITEM TERCEIRO, O PROCESSO DE PREPARO REFERE-SE À BETONADA OU À METODOLOGIA? OU SEJA, FAZENDO-SE NA BETONEIRA ESTACIONÁRIA, ESSE ITEM NUNCA SERÁ O MENOR? EM DIAS DIFERENTES, CONSIDERO OUTRO PROCESSO DE PREPARO, MESMO SENDO SEGUIDA MESMA METODOLOGIA?

OSMAR TANAJURA

ENGENHEIRO CIVIL, GESTOR DA FILIAL DE FEIRA DE SANTANA

LCLACROSE ENGENHARIA

A ideia do controle de argamassa é certificar o processo de produção, devendo os resultados estar dentro da tolerância. A alvenaria como um todo é certificada pelo ensaio de prisma, que prevalece sobre os demais. Entendo que o controle segue essa lógica.

O controle é previsto por edifício, mesmo que existam vários blocos no mesmo empreendimento. Na versão atual da norma, existe um procedimento para casos de empreendimentos com vários edifícios, no qual o controle de prisma é minimizado, mas o de bloco, graute e argamassa continua semelhante ao do controle do prédio único.

Existe ainda uma Proposta de Revisão de Norma na ABNT que deve entrar em Consulta Nacional em breve. Essa traz várias melhorias.

Sobre seus questionamentos:

É considerada por edifício? Sim, controle de argamassa para cada prédio.

Os 500 m² de área construída no mesmo pavimento é considerado por edifício? Sim, considerado cada prédio.

Para o caso do limite de dois pavimentos, se for em edifícios diferentes como deve-se proceder? Para edifícios entendo que sim: dois pavimentos do mesmo edifício. Se for um conjunto de casas, penso que se pode entender a cada duas casas.

Essa formação de lote refere-se ao dia? Ou seja, se no outro dia começar a fabricar a argamassa de levante, será outro lote? Mesmo que ainda não tenha sido feito 500 m² de área construída e já tenha sido executado dois pavimentos? Não, na versão atual, não há indicação de dia, o lote pode ser composto por produções em dias distintos, usando-se o bom senso de não serem datas extensivamente longas (por exemplo, se a obra parou por algum motivo, o lote é renovado).

Referente ao item três, o processo de preparo refere-se à betonada ou à metodologia? Ou seja, fazendo na betoneira estacionária, esse item nunca será o menor? Esse item refere-se ao procedimento, que deve ser o mesmo. Se mudar o cimento, areia ou cal, o lote é renovado. Se trocar o tipo de equipamento de mistura também, ou mesmo se trocar a equipe de obra. Essa é a linha de pensamento.

Referente ao item três, em dias diferentes, considero outro processo de preparo, mesmo sendo seguido mesma metodologia? Se for todo o procedimento igual, conforme item anterior, o lote continua valendo.

GUILHERME PARSEKIAN – PRESIDENTE DO COMITÊ EDITORIAL E COORDENADOR DA ABNT/CE 002:123.010 – COMISSÃO DE ESTUDO DE ALVENARIA ESTRUTURAL

NUMA REUNIÃO DE NORMA QUESTIONEI SE NÃO TERIA ALGUMA OUTRA MANEIRA DE OBTER A

RESISTÊNCIA DO PRISMA CHEIO, EM TERMOS DE ALGUMA CORRELAÇÃO OU ALGUM OUTRO MÉTODO DE ENSAIO, VISTO QUE ESTÁVAMOS OBTENDO ALGUNS RESULTADOS MUITO DIFERENTES DOS ESPERADOS E COM GRANDE VARIAÇÃO, PRINCIPALMENTE PARA BLOCOS DE ALTA RESISTÊNCIA.


FABIANA CRISTIANA MAMEDE

PEDREIRA DE FREITAS

Usualmente o problema de variação nos resultados do ensaio de prisma cheio está:

- a) na especificação errada no projetista do f_{pk} (muito otimista, e neste caso, incluímos tabela com valores esperados no Projeto de Norma em revisão, baseado em vários ensaios realizados, incluindo uma dissertação que testou, do mesmo fabricante, desde 3 MPa a 30 MPa);*
- b) no uso de graute inadequado f_{gk} (abaixo do indicado);*
- c) não seguir procedimentos executivos adequados, como molhar antes o vazado, fazer readensamento;*
- d) no laboratório, não realizar a preparação e ensaio corretamente (não nivelar os prismas antes de realizar o capeamento, não executar capeamento corretamente).*
- e) em normas internacionais é possível obter a resistência de prisma a partir da resistência do bloco e do graute, sem ensaio do prisma. O resultado porém é muito conservador, inviável para edifícios altos. Para pequenas construções, a norma brasileira atual já traz a indicação de quando é possível prescindir do ensaio de prisma e fazer apenas ensaio do bloco e graute.*

Temos feito ensaios para prédios de São Carlos há vários anos e não temos obtido problemas com os resultados.

GUILHERME PARSEKIAN – PRESIDENTE DO COMITÊ EDITORIAL E COORDENADOR DA ABNT/CE 002:123.010 – COMISSÃO DE ESTUDO DE ALVENARIA ESTRUTURAL 



Missão IBRACON aos Estados Unidos foi um sucesso

Com o objetivo de estreitar as relações entre o ACI (*American Concrete Institute*) e IBRACON (Instituto Brasileiro do Concreto) e de realizar visitas técnicas nos Estados Unidos, a missão internacional do IBRACON em 2018 culminou com absoluto sucesso.



Integrantes da Missão IBRACON visitam edifício em construção na cidade de Chicago

Devemos destacar a inestimável parceria com a Votorantim Cimentos para a viabilização desta atividade.

Na primeira parte da missão, aterrissamos na cidade de Chicago, no Estado de Illinois. A escolha da cidade deveu-se por vários fatores: visitar a central de produção de concreto usuais e de alto desempenho da Votorantim Cimentos/Prairie Materials, localizada às margens do Rio Michigan; verificar as técnicas utilizadas para concretagem e armação de lajes planas protendidas em edifícios altos nos Estados Unidos; conhecer a central de despacho de betoneiras para Chicago e regiões próximas.

No dia 12 de outubro, com a equipe da Votorantim Cimentos, liderada pelos amigos Maurício Bianchini, gerente técnico de mercado da empresa, e Ricardo Soares de Andrade, gerente geral da

Engemix, fizemos a visita técnica à sua central de produção, chamada Yard 32. A central recebe seus agregados graúdos e miúdos por meio de balsas que navegam pelo Rio Michigan e são armazenados em silos. Tal central, em plena atividade, chega a ter uma produção de 3.500 m³/dia, merecendo tal desempenho um grande destaque no meio técnico americano.

Essa central produz concreto usuais e de alto desempenho para a Grande Chicago. Após essa visita, fomos à central de despacho de betoneiras na Votorantim. Este escritório coordena o despacho de 350 betoneiras em toda região.

Para finalizar o dia, foi feita uma visita a um edifício em construção, *Wolf Point East*, de 60 andares, às margens do Rio Michigan, com o fornecimento de concreto realizado pela Votorantim Cimentos/Prairie Materials. Este edifício utiliza o

consultoria e projetos estruturais



viabilização de tráfego de cargas especiais

recuperação e reforço de edificações



adequação funcional de obras de arte

projetos de obras de arte



soluções de qualidade

www.engeti.eng.br

Avenida angélica, 1996, conj. 404 - Consolação, São Paulo - SP - CEP: 01228-200 Tel: (11) 3666.9289



sistema estrutural em lajes planas protendidas com *stud bolts* metálicos para combater os esforços de punção junto aos pilares. Chega-se a aplicar 130 m³ / hora de concreto de alto desempenho (em torno de 70 MPa) para concretagem dos pavimentos desta imponente edificação.

Ao final deste dia repleto de conhecimento técnico, fizemos uma celebração de



Missão se prepara para visita à central de concreto da Votorantim Cimentos / Prairie Materials

despedida da maravilhosa cidade Chicago, em conjunto com a equipe da Votorantim que nos acompanharia na segunda parte da viagem.

No dia 13 de outubro, rumamos para Las Vegas, cidade que sediaria o *Fall Convention* de 2018 do ACI. O IBRACON iniciou sua presença no evento participando no *ACI International Forum* no dia 14, no qual seu diretor-presidente, Dr. Júlio Timerman, fez uma brilhante apresentação institucional do IBRACON, promovendo as atividades do instituto e seus eventos anuais, como o Congresso Brasileiro do Concreto, este ano realizado em Foz do Iguaçu em setembro, com presença expressiva e marcante de profissionais nacionais e internacionais da cadeia produtiva do concreto e estudantes de engenharia de diversas faculdades brasileiras.

No dia 15, a equipe da FEI (ganhadora da Medalha Concreto 2017), patro-

cinada pelo IBRACON para integrar as competições estudantis da convenção do ACI em Las Vegas, participou de forma exemplar das competições. Neste mesmo dia à noite, acompanhamos o amigo Sergio Botassi, engenheiro responsável pelo projeto do empreendimento Nexus, em Goiânia, que recebeu premiação *ACI Excellence in Concrete*



Presidente do IBRACON, Eng. Julio Timerman faz palestra no ACI International Forum

Durabilidade do Concreto

Bases científicas para a formulação de concretos duráveis de acordo com o ambiente



Ed. JEAN-PIERRE OLLIVIER e ANGÉLIQUE VICHOT

Editores da tradução: OSWALDO CASCUDO e HELENA CARASEK

DURABILIDADE DO CONCRETO

- **Editores** Jean-Pierre Ollivier e Angélique Vichot
- **Editora francesa** Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées – França
- **Coordenadores da edição em português** Oswaldo Cascudo e Helena Carasek (UFG)
- **Editora brasileira** IBRACON

Esforço conjunto de 30 autores franceses, coordenados pelos professores Jean-Pierre Ollivier e Angélique Vichot, o livro "Durabilidade do Concreto: bases científicas para a formulação de concretos duráveis de acordo com o ambiente" condensa um vasto conteúdo que reúne, de forma atualizada, o conhecimento e a experiência de parte importante de membros da comunidade científica europeia que trabalha com o tema da durabilidade do concreto. A edição brasileira da obra foi enriquecida com o trabalho de tradução para a língua portuguesa e sua adaptação à realidade técnica e profissional nacional.

→ **Informações:** www.ibracon.org.br

DADOS TÉCNICOS

ISBN: 978-85-98576-22-0
 Edição: 1ª edição
 Formato: 18,6 x 23,3cm
 Páginas: 615
 Acabamento: Capa dura
 Ano da publicação: 2014



FHECOR
DO BRASIL
Engenharia



Patrocínio

Construction pela categoria Edifícios Altos. Nos dias que se seguiram, os profissionais integrantes da missão internacional participaram de sessões técnicas, reu-

niões e confraternizações, sempre com o intuito de ampliar a sinergia entre as duas instituições – ACI e IBRACON.

Deve-se destacar que fazia tempo que não havia a participação de tantos profissionais brasileiros num congresso do ACI, sendo que a própria diretoria do ACI ratificou e parabenizou o IBRACON por toda essa mobilização. Os profissionais que participaram da missão internacional são: Andreia Romero Fanton, Cleverson Osmar Berton, Douglas Evandro Miqueletto, Julio Timerman, Mauricio Bianchini, Rafael

Timerman, Ricardo Soares de Andrade, Tulio Nogueira Bittencourt, Vanessa Saback de Freitas e equipe da FEI (Felipe Eduardo Oliveira Pinto, Gabriel Giacobini Ramiro, Giovani Faile Mancuso, Guilherme Melani Dutra, Natália Colbert Leal), juntando-se aos profissionais brasileiros que atenderam diretamente a este evento do ACI.

O IBRACON tem a intenção de realizar novas missões internacionais desta natureza. Tais missões fortalecem as parcerias institucionais além de promover o nome do IBRACON internacionalmente, colocando a engenharia brasileira e o nome do IBRACON no merecido patamar de entidade técnica mais importante da América Latina com os assuntos relacionados ao concreto!!!



Eng. Sérgio Botassi recebe prêmio do presidente do ACI, Eng. David Lange, ao lado do presidente do IBRACON, Eng. Julio Timerman

RAFAEL TIMERMAN
integrante da Missão



VERIFI®

Gestão de concreto em trânsito

Monitorar. Medir. Gerenciar.



Monitoramento

- Localização GPS
- Fase da entrega
- Velocidade do caminhão



Medição

- Abatimento
- Temperatura do concreto
- Velocidade e número de rotações da betoneira



Gerenciamento

- Abatimento
- Concreto durante o trajeto
- Adições (água e aditivo)

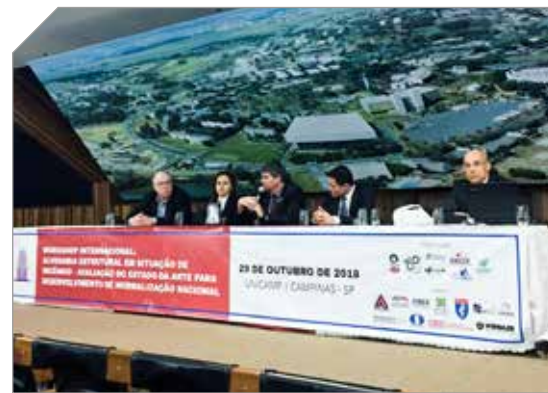
O sistema de gestão de concreto em trânsito VERIFI® é uma solução completa, a qual permite os fornecedores de concreto usinado, monitorar, medir e gerenciar automaticamente o concreto e suas propriedades em tempo real durante todo o trajeto, garantindo assim, a entrega de um concreto de fácil trabalhabilidade e de alta qualidade.

Workshop abordou segurança contra incêndio em edificações de alvenaria estrutural

Brasil ainda não dispõe de uma normalização sobre alvenaria estrutural em situação de incêndio. Em alguns estados, o Corpo de Bombeiros recomenda seu dimensionamento segundo o Eurocode ou norma internacional similar. Para subsidiar as discussões sobre a normalização nacional nesta área, o Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade de São Carlos (UFSCar), em parceria com a Universidade de Campinas (Unicamp), Associação Nacional da Indústria Cerâmica (Anicer), o IBRACON, Associação Brasileira da Indústria de Blocos de Concreto (Bloco Brasil), entre outras, realizou, no dia 29 de outubro, o Workshop “Alvenaria Estrutural em Situação de Incêndio – Avaliação do es-

tado da arte para o desenvolvimento de normatização nacional”, em Campinas. Por ocasião do workshop, foi ministrado o minicurso “Projeto de alvenaria estrutural em situação de incêndio conforme o Eurocode 2018”, pelo professor da Universidade de Ulster (Irlanda do Norte), Ali Nadjai, que proferiu também palestra sobre o tema. Foi realizada também a reunião do Comitê de Alvenaria Estrutural da Associação Brasileira de Normas Técnicas, coordenado pelo professor Guilherme Aris Parsekian, da UFSCar. “O Comitê já fez um grande trabalho de revisão das partes 1, 2 e 3 da norma para alvenaria estrutural, referentes a projeto, execução e controle e caracterização de elementos. Essas partes foram enviadas à ABNT e estão em

fase de revisão para encaminhamento a consulta nacional. A parte 4, sobre projeto em situação de incêndio, é inédita e começará a ser discutida a partir desse evento”, explicou Parsekian.



Prof. Guilherme Parsekian faz sua palestra no Workshop, ladeado por outros palestrantes

Sistemas de Fôrmas para Edifícios

Recomendações para a melhoria da qualidade e da produtividade com redução de custos



ANTONIO CARLOS ZORZI

SISTEMAS DE FÔRMAS PARA EDIFÍCIOS: RECOMENDAÇÕES PARA A MELHORIA DA QUALIDADE E DA PRODUTIVIDADE COM REDUÇÃO DE CUSTOS

Autor: Antonio Carlos Zorzi

O livro propõe diretrizes para a racionalização de sistemas de fôrmas empregados na execução de estruturas de concreto armado e que utilizam o molde em madeira

As propostas foram embasadas na vasta experiência do autor, diretor de engenharia da Cyrela, sendo retiradas de sua dissertação de mestrado sobre o tema.

DADOS TÉCNICOS

ISBN 9788598576237
Formato: 18,6 cm x 23,3 cm
Páginas: 195
Acabamento: Capa dura
Ano da publicação: 2015

Patrocínio



Aquisição:
www.ibracon.org.br
(Loja Virtual)

Simpósio sobre Sistemas de Infraestrutura

O IV Simpósio do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Sistemas de Infraestrutura Urbana e o I Seminário sobre Pavimentos foram realizados de 27 a 29 de agosto, no auditório Cardinal Agnelo Rossi, da PUC Campinas.

O presidente do IBRACON, Eng. Julio Timerman, proferiu uma palestra na abertura do IV SPInfra sobre inspeção de pontes e viadutos, apresentando os principais aspectos da revisão da ABNT NBR 9452, que estabelece periodicidade de inspeção e formas de avaliação por



Eng Júlio Timerman faz entrega do livro sorteado “Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais” a mestranda Eloisa A. Matthiesen

tipo de obra de arte especial. Ele chamou a atenção dos presentes para o fato de que, apesar de haver cerca de 140 mil pontes no Brasil, não há órgãos de controle municipal, estadual e federal para a inspeção periódica e a manutenção preventiva. No segundo dia do evento, foi realizada mesa-redonda sobre a qualidade de vida nas cidades. Já no terceiro dia, foi a vez do seminário sobre pavimentos, onde foram apresentadas aplicações de fibras de vidro poliméricas e de aço na produção de pavimentos de concreto.

PRÁTICA RECOMENDADA IBRACON/ABECE CONTROLE DA QUALIDADE DO CONCRETO REFORÇADO COM FIBRAS



COMITÊ 303: Materiais não convencionais para Estruturas de Concreto, Fibras e Concreto Reforçado com Fibras.

GT4: Caracterização de materiais não convencionais e fibras para reforço estrutural

Coordenador: Eng. Marco Antonio Carnio
Representante CTA: Sofia Maria Cattato Diniz.



PRÁTICA RECOMENDADA IBRACON/ABECE Controle da qualidade do concreto reforçado com fibras

Elaborada pelo CT 303 – Comitê Técnico IBRACON/ABECE sobre Uso de Materiais não Convencionais para Estruturas de Concreto, Fibras e Concreto Reforçado com Fibras, a Prática Recomendada “Controle da qualidade do concreto reforçado com fibras” indica métodos de ensaios para o controle da qualidade do CRF utilizado em estruturas de concreto reforçado com fibras e estruturas de concreto reforçado com fibras em conjunto com armaduras.

A Prática Recomendada aplica-se tanto a estruturas de placas apoiadas em meio elástico quanto a estruturas sem interação com o meio elástico.

AQUISIÇÃO

www.ibracon.org.br (Loja Virtual)

DADOS TÉCNICOS

ISBN: 978-85-98576-30-5

Edição: 1ª edição

Formato: eletrônico

Páginas: 31

Acabamento: digital

Ano da publicação: 2017

Coordenador: Eng. Marco Antonio Carnio

Patrocínio

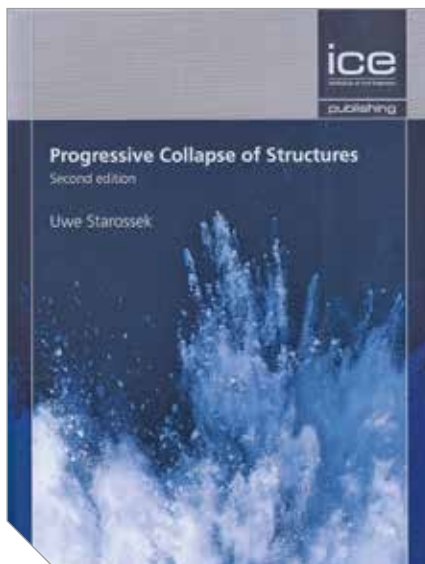


Colapso Progressivo de Estruturas

O colapso progressivo de uma estrutura se inicia pela falência de um ou alguns de seus componentes, contaminando os demais em uma sequência destrutiva, como a dramática destruição das Torres 1 e 2 do WTC (*World Trade Center, New York, 2011*).

O evento causador do colapso progressivo pode ocorrer seja pela incidência de uma ação localizada, seja por falta de resistência de um ou mais elementos estruturais a uma determinada solicitação. O termo evento anormal foi introduzido para representar todo tipo de circunstância pouco provável, ou provocada por ataque deliberado, que provoca colapso progressivo.

Uma versão precursora do livro “Colapso Progressivo de Estruturas”, do professor Uwe Starossek, foi publicada no *BetonKalender 2008*. Seguiu-se



a primeira edição, publicada por Thomas Telford (2009). Bibliografia mais recente foi incorporada nesta segunda edição inglesa (*ICE Publishing, 2018*) e

dois novos capítulos incluídos, propondo um modelo para a normatização do tema “colapso desproporcional” e informando a situação atual das atuais normas e diretrizes relevantes, como o Eurocode EN 1991-1-7 e a “*United Facilities Criteria*”.

O livro “Colapso Progressivo de Estruturas” fornece aos engenheiros uma base conceitual e orientação prática para o projeto de estruturas sujeitas a cargas irregulares ou eventos anormais, cujos efeitos se propagam, levando-as à falência parcial ou total. O livro requer apenas uma compreensão básica de análise estrutural, sendo particularmente educativo para alunos avançados de graduação e pós-graduação.

Eng. Gilberto de Barros Rodrigues Lopes

Prática Recomendada IBRACON/ABECE

Projeto de Estruturas de Concreto Reforçado com Fibra



Elaborada pelo CT 303 – Comitê Técnico IBRACON/ABECE sobre Uso de Materiais Não Convencionais para Estruturas de Concreto, Fibras e Concreto Reforçado com Fibras, a *Prática Recomendada* é um trabalho pioneiro no Brasil, que traz as diretrizes para o desenvolvimento do projeto de estruturas de concreto reforçado com fibras.

Baseada no *fib Model Code 2010*, a *Prática Recomendada* estabelece os requisitos mínimos de desempenho mecânico do CRF para substituição parcial ou total das armaduras convencionais nos elementos estruturais e indica os ensaios para a avaliação do comportamento mecânico do CRF.

Aquisição

www.ibracon.org.br
(loja virtual)

DADOS TÉCNICOS

ISBN: 978-85-98576-26-8

Edição: 1ª edição

Formato: Eletrônico

Páginas: 39

Acabamento: Digital

Ano da publicação: 2016

Coordenador: Eng. Marco Antonio Carnio

Patrocínio



Pode confiar



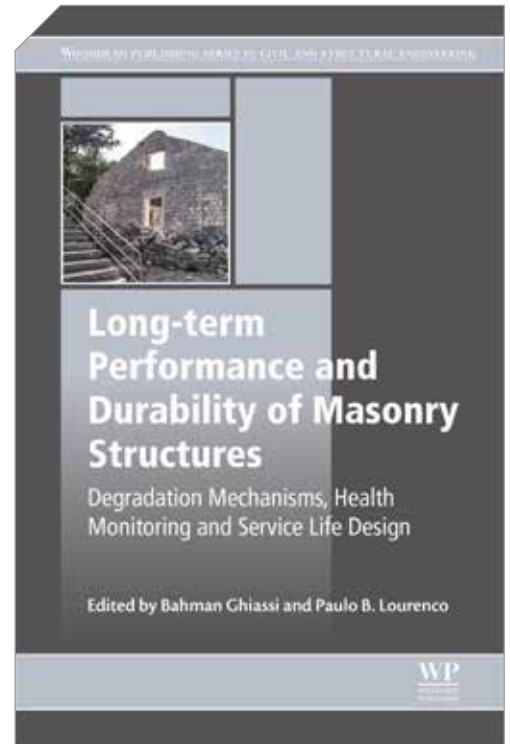
Desempenho de longo prazo e durabilidade da alvenaria estrutural

A coletânea *“Long-term performance and durability of masonry structures – degradation mechanisms, health monitoring and service life design”*, coordenada pelos professores Bahman Ghiassi (Delft University) e Paulo Lourenço (Universidade do Minho), traz temas como mecanismos de degradação em diferentes tipos de alvenaria estrutural, técnicas de monitoramento de sua saúde estrutural e abordagens sobre projeto do ciclo de vida e do

desempenho de longo termo da alvenaria estrutural.

O segundo capítulo da coletânea sobre blocos de concreto foi escrito pelo professor Guilherme Parsekian (UFSCar), juntamente com os professores Humberto Roman (UFSC), Claudio Silva (ABCP) e Marcio Faria (ArqEst).

O livro é referência para profissionais interessados na durabilidade da alvenaria estrutural e em construções históricas.



A revista **CONCRETO & Construções** presta-se à divulgação das obras do setor construtivo, sem qualquer endosso.

Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais

- **Autores** P. Kumar Mehta e Paulo J. M. Monteiro (Universidade da Califórnia em Berkeley)
- **Coordenadora da edição em português** Nicole Pagan Hasparyk (Eletrobras Furnas)
- **Editora** IBRACON • 4ª edição (inglês) • 2ª edição (português)

Guia atualizado e didático sobre as propriedades, comportamento e tecnologia do concreto, a quarta edição do livro "Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais" foi amplamente revisada para trazer os últimos avanços sobre a tecnologia do concreto e para proporcionar em profundidade detalhes científicos sobre este material estrutural mais amplamente utilizado. Cada capítulo é iniciado com uma apresentação geral de seu tema e é finalizado com um teste de conhecimento e um guia para leituras suplementares.

→ **Informações:** www.ibracon.org.br

DADOS TÉCNICOS

ISBN: 978-85-98576-21-3

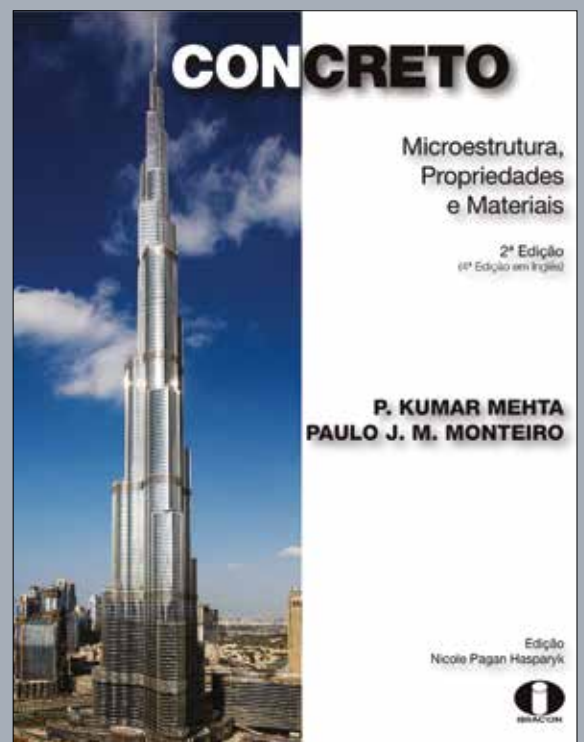
Edição: 2ª edição

Formato: 18,6 x 23,3cm

Páginas: 782

Acabamento: Capa dura

Ano da publicação: 2014



Patrocínio



Sergio Hampshire de Carvalho Santos



Engenheiro civil (1975), mestre (1980) e doutor (1992) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Sérgio Hampshire é atualmente professor titular na UFRJ, onde

ministra as disciplinas de análise sísmica das estruturas, confiabilidade estrutural, projeto de estruturas de concreto, concreto armado, detalhamento de estruturas de concreto armado e fundações de máquinas.

Como engenheiro civil na Promon Engenharia de 1977 a 2003, foi responsável técnico do projeto civil estrutural de diversos edifícios da Usina Nuclear de Angra (unidades 2 e 3), bem como pelo projeto civil e arquitetônico da planta de produção de hexafluoreto de urânio do Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo, entre outros projetos.

Sérgio Hampshire é coordenador da Comissão de Estudo de Segurança nas Estruturas – Sismos da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Em 2012 recebeu o Prêmio Emílio Baumgart, destaque do ano em engenharia estrutural, concedido pelo IBRACON.

IBRACON – QUAIS SUAS MOTIVAÇÕES, RAZÕES E OS CONTEXTOS QUE O LEVARAM A CURSAR ENGENHARIA CIVIL E SE ESPECIALIZAR EM PROJETO DE ESTRUTURAS, INTERAÇÃO SOLO-ESTRUTURA E DINÂMICA DAS ESTRUTURAS?

SERGIO HAMPSHIRE DE C. SANTOS – Minha paixão pelas Estruturas nasceu muito cedo. Tive a oportunidade de ser sobrinho de um grande calculista, Eduardo de Azevedo Chaves. Uma noite, ainda adolescente, ele me

mostrou, com muito entusiasmo, o projeto estrutural que estava desenvolvendo para uma residência em Araruama. Isso era feito sobre uma folha de papel manteiga, afixada sobre uma planta de Arquitetura. Ele foi me mostrando o lançamento de vigas e pilares e me explicando detalhadamente os porquês deste lançamento estrutural. Esse diálogo me motivou profundamente. A partir deste dia, nunca tive a menor dúvida

sobre o que eu queria fazer na vida. Mais tarde, trabalhei no escritório Eduardo Chaves por quatro anos e meio. Fiz meu curso de Engenharia Civil na bicentenária Escola Politécnica da UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro), onde hoje tenho a honra de ser Professor Titular no Curso de Engenharia Civil. Complementei meus estudos na COPPE/ UFRJ, onde obtive meus títulos de Mestrado e Doutorado.

Durante minha passagem na Promon Engenharia, onde trabalhei por vinte e seis anos, tive também a oportunidade de atuar em grandes projetos e conviver com notáveis engenheiros. Dentre eles, gostaria de destacar dois: Benjamin Ernani Diaz e o falecido Dirceu de Alencar Velloso. A estes dois em particular, devo todo o desenvolvimento de minha carreira. Na Promon, participei, entre outros, do projeto da Usina Nuclear de Angra, onde todas as estruturas principais deveriam ser projetadas prevendo carregamentos especiais, com sismos, explosões, ruptura de tubulações, etc. Isso me possibilitou e inspirou a estudar assuntos como Dinâmica de Estruturas, Interação Solo-Estrutura e Análise Sísmica, que foram temas de minhas teses de Mestrado e Doutorado. Minha grande fonte de conhecimento nestes temas foi o grande engenheiro chileno, Rodrigo Flores Coombs.

IBRACON – O QUE MOTIVOU O SURGIMENTO DA COMISSÃO DE ESTUDOS DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS PARA ELABORAÇÃO DO TEXTO-BASE DA NORMA BRASILEIRA DE PROJETO DE ESTRUTURAS RESISTENTES A SISMOS? COMO O GRUPO FOI FORMADO?

SERGIO HAMPSHIRE DE C. SANTOS
– Na realidade, quando a NBR 6118 – Norma Brasileira de Projeto de Estruturas de Concreto - foi submetida à análise da ISO

(*International Organization for Standardization*) para ganhar o “status” de Norma Internacional, foi colocada pela ISO a exigência de que esta contemplasse a resistência das estruturas de concreto em situações de sismo e de incêndio. Isso motivou a elaboração da NBR 15421 - Projeto de estruturas resistentes a sismos, promulgada em 2006. O grupo foi formado a partir da própria comissão que elaborou a versão de 2003 da NBR 6118, liderada pelo Prof. Fernando Rebouças Stucchi.

IBRACON – POR QUE O BRASIL PRECISA DE UMA NORMA TÉCNICA DE PROJETO DE ESTRUTURAS RESISTENTES A SISMOS? QUAL É O ESCOPO DE APLICAÇÃO DESSA NORMA (GERAL OU ESPECIAL)?

SERGIO HAMPSHIRE DE C. SANTOS – A necessidade da NBR 15421 foi bastante questionada, pois o Brasil estaria isento de sismos importantes. Porém, toda a teoria moderna de segurança das estruturas é baseada em métodos probabilísticos, nos quais se avalia se a probabilidade de ruptura estrutural se encontra dentro de limites aceitáveis pela sociedade. Desta forma, colocando as exigências de segurança estrutural no Brasil no mesmo patamar das normas internacionais, se concluirá que, ao menos em algumas regiões do Brasil, a ameaça sísmica à segurança estrutural deve ser

adequadamente considerada nos projetos. A NBR 15421 a princípio tem abrangência geral para todos os projetos estruturais desenvolvidos no Brasil. Observar, no entanto, que algumas regiões do Brasil são definidas como “Zona Zero”, onde nenhum requisito de resistência sísmica é exigido.

IBRACON – QUAIS AS FUNDAMENTAÇÕES E REQUISITOS CONSENSUADOS NAS DISCUSSÕES E QUAIS OS ESTUDOS GEOLÓGICOS, GEOTÉCNICOS E ESTRUTURAIS QUE EMBASARAM O PROJETO DA NORMA ABNT NBR 15421? HOUVE DIFICULDADES PARA SE CHEGAR A ESSES CONSENSOS E REFERÊNCIAS? COMO ELAS FORAM SUPERADAS?

SERGIO HAMPSHIRE DE C. SANTOS – A NBR 15421 é fortemente respaldada em normas internacionais, como a ASCE-07 (norte-americana) e Eurocode 8 (europeia), e adaptada aos requisitos gerais de Ações e Segurança definidos pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) na NBR 8681. Desta forma, dificilmente poderia haver uma maior discordância sobre o texto geral da Norma. Naturalmente, a maior dificuldade foi a de conciliar conceitos da ASCE-07 com os de nossa base normativa, por exemplo, na definição de coeficientes de segurança, bastante diferentes nas diversas escolas. A conciliação com as normas estrangeiras e a definição

“ COLOCANDO AS EXIGÊNCIAS DE SEGURANÇA ESTRUTURAL NO BRASIL NO MESMO PATAMAR DAS NORMAS INTERNACIONAIS, SE CONCLUIRÁ QUE, AO MENOS EM ALGUMAS REGIÕES DO BRASIL, A AMEAÇA SÍSMICA À SEGURANÇA ESTRUTURAL DEVE SER ADEQUADAMENTE CONSIDERADA NOS PROJETOS ”



AS CARGAS SÍSMICAS SÃO MAJORADAS COM UM COEFICIENTE DE PONDERAÇÃO $\gamma_f = 1,0$. PARA JUSTIFICAR ESTA DEFINIÇÃO, DEVE-SE CONSIDERAR QUE O PERÍODO DE RECORRÊNCIA CONSIDERADO NA NBR 15421 PARA A DEFINIÇÃO DO EVENTO SÍSMICO DE PROJETO É DE 475 ANOS



dos coeficientes de segurança da NBR 15421 foram feitas de forma a manter estrita concordância com a NBR 8681 – Ações e segurança nas estruturas – com a qual todas as normas de projeto de estruturas devem se conformar. Neste sentido, as ações sísmicas são classificadas como ações excepcionais na definição dos respectivos critérios de projeto.

IBRACON – COMO A COMISSÃO DE ESTUDOS DA NORMA CONSIDERA A CONTRIBUIÇÃO, NA SEGURANÇA AO SISMO, DA EVOLUÇÃO DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO COM A IDADE POR CONTA DA MAIOR HIDRATAÇÃO DO CIMENTO? COMO LEVA EM CONTA NA SEGURANÇA CONTRA O EFEITO DO SISMO A AÇÃO DELETÉRIA DE

REDUÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO POR CONTA DAS CARGAS DE LONGA DURAÇÃO (EFEITO RUSCH)?

SERGIO HAMPSHIRE DE C. SANTOS – Relativamente a estes dois aspectos, assim como quanto a outros relativos ao comportamento do Concreto Estrutural, a NBR 15421 é perfeitamente compatível com os conceitos definidos em nossa norma de estruturas de concreto, a NBR 6118. Ou seja, o projeto considerando as cargas sísmicas segue os mesmos procedimentos adotados para os carregamentos convencionais. No entanto, as cargas sísmicas são majoradas com um coeficiente de ponderação $\gamma_f = 1,0$. Para justificar esta definição, deve-se considerar que o período

de recorrência considerado na NBR 15421 para a definição do evento sísmico de projeto é de 475 anos, ou seja, há uma probabilidade de 10% de que ele ocorra em 50 anos. Esta exigência é compatível com o padrão internacional, por exemplo, como expresso no Eurocode 8.

IBRACON – CONSIDERANDO QUE TEM SIDO MUITO COMUM EMPREGAR CONCRETOS DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO MAIS ELEVADA EM PILARES EM RELAÇÃO A VIGAS E LAJES, COMO ESSE FATO PODE INTERFERIR NA RESISTÊNCIA AO SISMO DOS NÓS ESTRUTURAIS?

SERGIO HAMPSHIRE DE C. SANTOS – A NBR15421 prevê que estruturas com um detalhamento mais refinado, tanto em concreto como em aço, de Classes de Detalhamento Intermediário e Especial, podem se beneficiar de uma correspondente redução das cargas sísmicas, considerando um melhor comportamento da estrutura no regime não linear. Porém, ainda não foi emitida uma regulamentação para estes detalhamentos melhorados. Nestes detalhamentos, um dos conceitos é o de “ pilar forte-viga fraca”, o que expressa grosseiramente a ideia que o colapso deve ser previsto primeiramente nas vigas e posteriormente nas colunas, que tem um comportamento mais frágil durante os sismos. Considera-se que estruturas de concreto analisadas, dimensionadas e



Vista aérea da Usina de Angra dos Reis, no Rio de Janeiro



detalhadas de acordo com a NBR 6118 possam ser enquadradas e que atendam aos requisitos da Classe de Detalhamento Usual da NBR 15421. Assim, não seriam necessárias considerações de projeto diversas das que já se encontram definidas na NBR 6118.

IBRACON – COMO FICA O PATRIMÔNIO CONSTRUÍDO FRENTE À NORMA BRASILEIRA ABNT NBR 15421? HÁ NECESSIDADE DE REFORÇO DE ESTRUTURAS DE ALGUMAS DESSAS EDIFICAÇÕES EM FUNÇÃO DA ZONA SÍSMICA EM QUE ESTÃO?

SERGIO HAMPSHIRE DE C. SANTOS – Esta é uma preocupação perfeitamente pertinente. Iremos agora nos referenciar aos estudos do Prof. Paulo de Souza T. Miranda (Paulo Filho), do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, atualmente fazendo seu Doutorado na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), sob a orientação do renomado Prof. Humberto Varum (ver artigo nesta edição). Paulo Filho estuda a vulnerabilidade sísmica das construções de Fortaleza, maior cidade brasileira em zona de risco sísmico considerável. Paulo Filho faz um levantamento do parque

edificado de Fortaleza, coletando informações sobre as áreas, formas em planta, número de pavimentos e idade das edificações em concreto da cidade, além de ter acesso a projetos elaborados desde meados do século passado, projetados com os conceitos de detalhamento da época, onde a consideração das cargas horizontais de vento é duvidosa. Os resultados desse estudo poderão levar os diversos órgãos governamentais a se posicionarem com relação ao risco sísmico, uma vez que a constatação da existência de estruturas sísmicamente vulneráveis indicará a necessidade de aplicação de técnicas de reforço estrutural.

IBRACON – EXISTE A PERSPECTIVA NA COMISSÃO DE ESTUDOS DA NORMA INCLUIR NA SUA ATUALIZAÇÃO SEÇÕES RELACIONADAS A SISTEMAS ESPECÍFICOS, COMO A ALVENARIA ESTRUTURAL E OS PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETO? PARÂMETROS NORMATIZADOS PARA ESSES E OUTROS SISTEMAS ESTRUTURAIS NÃO SERIAM IMPORTANTES DE SEREM CONTEMPLADOS?

SERGIO HAMPSHIRE DE C. SANTOS – O número de normas sísmicas específicas que deve ser elaborado

é grande, contemplando inclusive a alvenaria estrutural e os pré-moldados de concreto. Nesses casos, a Comissão atua mais de forma reativa, respondendo às necessidades que venham a ser expressas por cada setor produtivo e disponibilizando as condições para o desenvolvimento dos trabalhos de normalização.

IBRACON – O INSTITUTO DE ASTRONOMIA, GEOFÍSICA E CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP), JUNTAMENTE COM OUTRAS INSTITUIÇÕES DE PESQUISA, ESTÁ ELABORANDO NOVO MAPA DE AMEAÇA SÍSMICA NO BRASIL, CUJOS LEVANTAMENTOS PRELIMINARES INDICAM MAIORES FREQUÊNCIAS SÍSMICAS DO QUE AS INDICADAS NO MAPA RETRATADO NA NORMA ABNT NBR 15421. QUAIS ESTUDOS EMBASARAM ESTE MAPA DE ZONAS SÍSMICAS ADOTADAS NA NORMA? A ELABORAÇÃO DE UM NOVO MAPA SÍSMICO POR ESPECIALISTAS BRASILEIROS LEVARÁ À REVISÃO DA NORMA 15421? QUAIS OUTRAS ATUALIZAÇÕES DEVERÃO SER CONTEMPLADAS NESTA REVISÃO DA NORMA? JÁ EXISTE UMA PREVISÃO PARA INICIAR OS TRABALHOS DE REVISÃO?

SERGIO HAMPSHIRE DE C. SANTOS – O zoneamento sísmico brasileiro foi profundamente estudado para a elaboração da NBR 15421¹.

“

A CONSTATAÇÃO DA EXISTÊNCIA DE ESTRUTURAS SÍSMICAMENTE VULNERÁVEIS INDICARÁ A NECESSIDADE DE APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE REFORÇO ESTRUTURAL

”

¹ SERGIO HAMPSHIRE DE C. SANTOS, SILVIO DE SOUZA LIMA E FERNANDA C. MOREIRA DA SILVA - "THE SEISMOLOGICAL BASIS OF THE BRAZILIAN STANDARD FOR SEISMIC DESIGN", 9TH US NATIONAL AND 10TH CANADIAN CONFERENCE ON EARTHQUAKE ENGINEERING, TORONTO, CANADA, JULY 25-29, 2010, PAPER Nº 135.

SERGIO HAMPSHIRE DE C. SANTOS, SILVIO DE SOUZA LIMA E FERNANDA C. MOREIRA DA SILVA - "RISCO SÍSMICO NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL", REVISTA IBRACON DE ESTRUTURAS E MATERIAIS, ISSN 1983-4195, VOL.3, Nº 3, PG. 374-389, SETEMBRO 2010.

SERGIO HAMPSHIRE DE C. SANTOS E SILVIO DE SOUZA LIMA - "THE BRAZILIAN STANDARD FOR SEISMIC DESIGN: GENERAL ASPECTS AND SEISMOLOGICAL BASIS", 34TH IABSE SYMPOSIUM ON "LARGE STRUCTURES AND INFRASTRUCTURES FOR ENVIRONMENTALLY CONSTRAINED AND URBANIZED AREAS", ARTIGO A-0196, VENEZA, 2010.



O PAPEL DA COMUNIDADE TÉCNICA É MUITO IMPORTANTE, COLOCANDO AS NECESSIDADES NORMATIVAS DE CADA SETOR PRODUTIVO E PARTICIPANDO DE FORMA EFETIVA NA ELABORAÇÃO DAS NORMAS



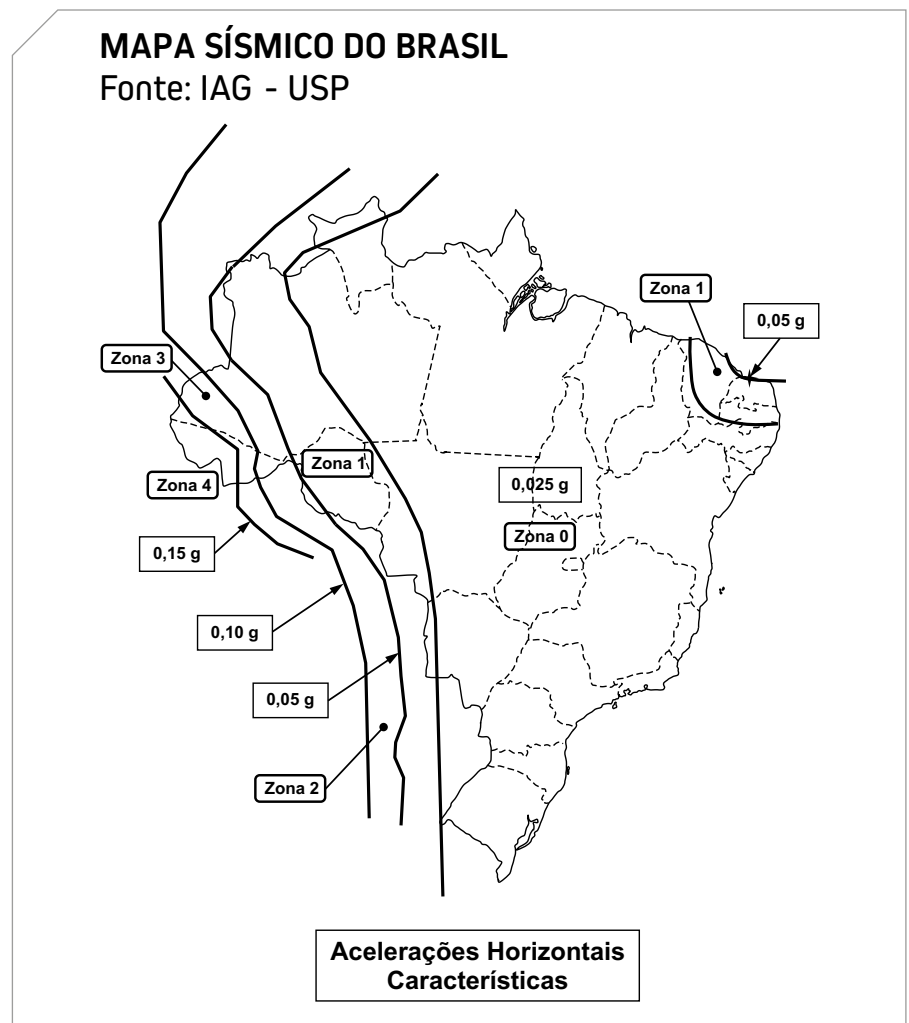
A Comissão de Estudos de Segurança nas Estruturas Resistentes a Sismos do Comitê Brasileiro de Construção Civil da ABNT acompanha atentamente os estudos elaborados pelas renomadas instituições de pesquisa do Brasil, como o Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG-USP) e o Observatório Sismológico da Universidade de Brasília (OBSIS), aguardando a finalização desses levantamentos preliminares. Naturalmente, uma revisão de Norma de Projeto, que afeta todo o setor de Construção Civil no Brasil, deve ser prudente e conservadora em suas decisões, que afetam todo este setor produtivo. É importante que essas instituições venham no futuro a participar ativamente dos trabalhos de revisão da NBR 15421, considerando que a participação nas comissões da ABNT é aberta. Uma futura revisão da NBR 15421, que deve ser iniciada em breve, deverá contemplar não só esses estudos, como também as atualizações de nossas normas de referência, a ASCE-07 e o Eurocode 8.

IBRACON – POR QUE O BRASIL PRIORIZOU A PUBLICAÇÃO DE UMA NORMA DE PROJETO DE ESTRUTURAS RESISTENTES A SISMOS PARA EDIFICAÇÕES, AO INVÉS DE NORMAS BRASILEIRAS DE PROJETO DE ESTRUTURAS RESISTENTES A SISMOS PARA

OBRAS ESPECIAIS, COMO BARRAGENS, PONTES, VIADUTOS, TÚNEIS ETC.? SE ESTIVESSE VIGENTE UMA NORMA DESTES TIPO PARA BARRAGENS DE REJEITOS DE MINÉRIOS, O ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO DA SAMARCO, EM MARIANA, PODERIA TER SIDO PREVENIDO COM AS MEDIDAS ADEQUADAS DE PROJETO E MANUTENÇÃO?

SERGIO HAMPSHIRE DE C. SANTOS – Como respondido anteriormente,

o número de normas sísmicas específicas que deve ser elaborado é muito grande. O papel da comunidade técnica é muito importante, colocando as necessidades normativas de cada setor produtivo e participando de forma efetiva na elaboração das normas. A Comissão de Estudos, por si só, não teria como sozinho desenvolver toda esta tarefa.



Mapa sísmico do Brasil anexado na norma brasileira ABNT NBR 15421



Estamos à inteira disposição e conclamamos a comunidade técnica para abriremos os trabalhos que venham a ser requeridos. A respeito da barragem de Fundão da Samarco, assim como de outros possíveis acidentes que eventualmente tenham relação com a atividade sísmica, o seguinte deve ficar bem claro. A NBR 15421 faz parte do conjunto normativo da ABNT. As estruturas que foram projetadas e edificadas de acordo com as normas da ABNT, incluindo a NBR 15421, estarão, dentro do estágio atual de conhecimento técnico, adequadamente preparadas para eventos sísmicos futuros. Edificações projetadas e construídas em desacordo com este conjunto de normas, assim como as que estiverem deficientes do ponto de vista de conservação e manutenção, estarão colocando os usuários dessas edificações e da sociedade em geral em risco.

IBRACON – COMPARE A REALIDADE BRASILEIRA COM A REALIDADE EXTERNA EM TERMOS DE NORMAS TÉCNICAS RELACIONADAS A ESTRUTURAS RESISTENTES A SISMOS, EM FUNÇÃO DOS RISCOS SÍSMICOS TÍPICOS DE CADA REGIÃO DO PLANETA.

SERGIO HAMPSHIRE DE C. SANTOS – Todos os países adiantados do mundo, mesmo os situados em regiões de menor sismicidade, possuem normas específicas de resistência sísmica de estruturas.

Para ficarmos apenas na América do Sul, possuem normas sísmicas, algumas excelentes, Venezuela, Colômbia, Equador, Peru, Bolívia, Chile, Argentina e Brasil. Os investimentos em pesquisa e em normalização são naturalmente dependentes da importância da sismicidade e do nível econômico de cada país. Como exemplo, na última versão, de 2016, da ASCE-7, encontram-se, somados os participantes das diversas subcomissões, listados um total de 330 nomes. Nas comissões da ABNT há um trabalho elogiável de seus membros, que contribuem voluntariamente com seu esforço e dedicação.

IBRACON – COMO AS ENTIDADES TÉCNICAS, COMO A ABPE, A ABECE E O IBRACON, PODEM CONTRIBUIR PARA DISSEMINAR O TEMA DO COMPORTAMENTO DAS ESTRUTURAS EM SITUAÇÃO DE SISMO?

SERGIO HAMPSHIRE DE C. SANTOS – As principais entidades de classe da área de estruturas, o IBRACON, a ABPE e a ABECE devem ter, e tem tido, papel importante na divulgação da tecnologia de projeto de estruturas, através dos congressos anuais que as entidades organizam e da publicação das revistas técnicas periódicas que cada uma das três edita. Porém, o papel mais importante deve ser o de nossa comunidade técnica, prestigiando

ENG. PAULO FILHO



Edificações na cidade de Fortaleza

esses eventos e se associando e participando ativamente das atividades das várias entidades.

IBRACON – QUAIS SEUS HOBBIES EM SEU TEMPO LIVRE?

SERGIO HAMPSHIRE DE C. SANTOS – Leitura, cinema e passear com os netos, Angelo e Olívia.

“ **TODOS OS PAÍSES ADIANTADOS DO MUNDO, MESMO OS SITUADOS EM REGIÕES DE MENOR SISMICIDADE, POSSUEM NORMAS ESPECÍFICAS DE RESISTÊNCIA SÍSMICA DE ESTRUTURAS** ”

Congresso dissemina conhecimento, tecnologias e boas práticas da engenharia de concreto

FÁBIO LUÍS PEDROSO



Presidente do IBRACON faz seu pronunciamento na abertura do 60º CBC para as autoridades da mesa e o público presente, no qual homenageou os associados renomados recém-falecidos

○ 60º Congresso Brasileiro do Concreto, evento técnico-científico promovido pelo Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON), foi realizado de 17 a 21 de setembro, no Centro de Convenções do hotel Recanto Cataratas, em Foz do Iguaçu, no Paraná.

O evento contou com 1398 inscritos entre estudantes, pes-

quisadores, professores, engenheiros e profissionais técnicos de escritórios de projeto, laboratórios, construtoras, empresas de energia, fabricantes de equipamentos e componentes do concreto, concreteiras, indústria de pré-fabricação, órgãos governamentais e associações. Em relação à edição anterior, houve crescimento de 51% no número de participantes.

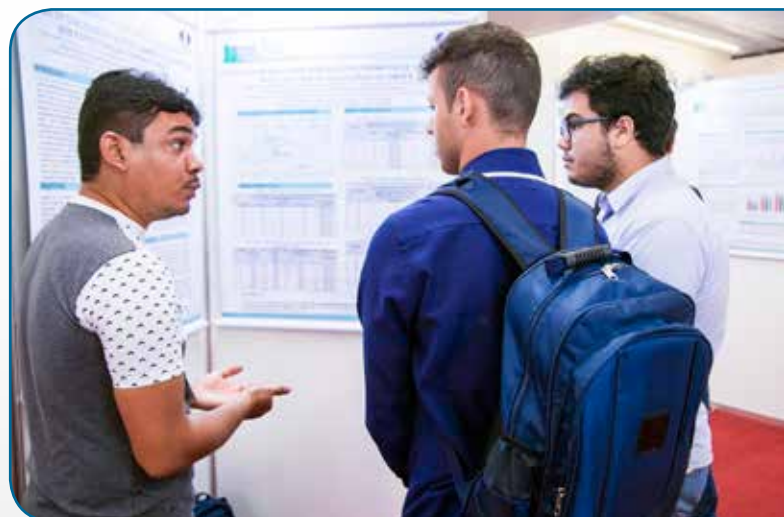
► Tabela 1 – Números de resumos e de artigos submetidos, aprovados e apresentados

Resumos submetidos	2.264	
Artigos submetidos	1.282	57% dos resumos
Artigos aprovados	998	78% dos resumos
Artigos apresentados	699	70% dos aprovados
Em sessão oral	170	24% dos apresentados
Em sessão Pecha Kucha (20 x 20)	34	5% dos apresentados
Em apresentação pôster	495	71% dos apresentados

O 60º CBC teve a participação de estudantes e profissionais de quase todos os estados brasileiros e de 15 países. O estado com maior número de inscritos foi São Paulo, seguido por Paraná e Rio Grande do Sul. Por sua vez, Paraguai, Portugal e França foram os países com maior número de participantes estrangeiros.

O objetivo do Congresso Brasileiro do Concreto é divulgar as pesquisas e as tecnologias do concreto e seus sistemas construtivos, desenvolvidas nas universidades, institutos e empresas, nacionais e estrangeiras.

De um total de 2264 resumos submetidos, foram recebidos 1282 artigos técnico-científicos, sendo 998 aprovados pela Comissão Científica do 60º Congresso Brasileiro do Concreto, formada por 208 profissionais. Esses números bateram com folga os totais de resumos submetidos e de trabalhos recebidos e aprovados na edição anterior, o que mostra a participação progressiva de autores de

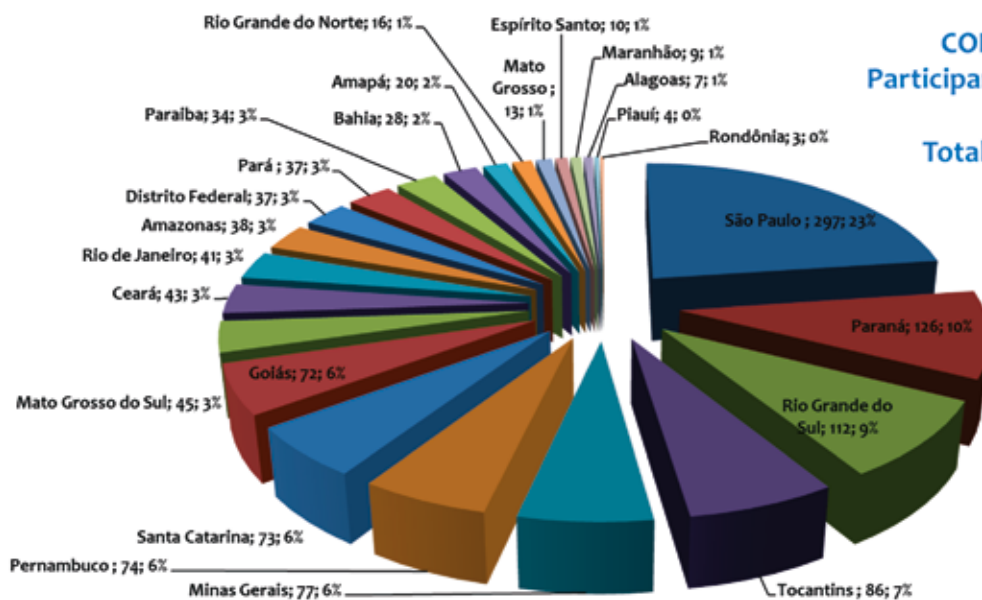


Autor apresenta seu trabalho para congressistas do 60º CBC em sessão pôster

trabalhos técnico-científicos nas últimas edições do evento.

Ismael Bismark, estudante de pós-graduação da Universidade Federal do Pará, que apresentou seu trabalho numa das sessões pôsteres, entende que o Congresso Brasileiro do Concreto é importante para a academia e para o

CONGRESSO
Participantes Brasileiros
Total 1.302 = 96%



► Figura 1

Participação total e percentual de brasileiros no 60º Congresso Brasileiro do Concreto por estados



Presidente do IBRACON, Julio Timerman, e presidente do Instituto Brasileiro de Impermeabilização (IBI), Jacques Pinto, assinam protocolo de cooperação técnica na abertura do 60º CBC

mercado da construção porque impulsiona os estudantes, professores e profissionais da engenharia civil a se atualizarem e a conhecerem as novidades.

Dos artigos aprovados, 699 foram apresentados no 60º CBC em sessões orais, *pecha kucha* (novidade desta edição, sendo uma sessão na qual os autores apresentam 20 slides com 20 segundos cada) e pôsteres. Materiais e suas propriedades foi o tema com maior número de artigos, seguido pelos temas “Análise estrutural” e “Sustentabilidade”. Outros temas apresentados no evento foram gestão e normalização, projeto de estruturas, métodos construtivos,

materiais e produtos específicos, sistemas construtivos específicos e ensaios não destrutivos.

Na avaliação feita pelo presidente do IBRACON, Eng. Julio Timerman, na solenidade de abertura, “os números corroboram ser o Congresso Brasileiro do Concreto o maior evento nacional de discussões sobre o concreto e seus sistemas construtivos, ao bater em sua sexagésima edição os recordes das edições anteriores”.

“É o fórum onde se celebra a tecnologia e o conhecimento sobre o concreto, material construtivo mais consumido no mundo”, resumiu a professora da Universidade Federal da Integração Latino-Americana (Unila), Profª Edna Possan, integrante da comissão organizadora regional.

PREMIAÇÕES

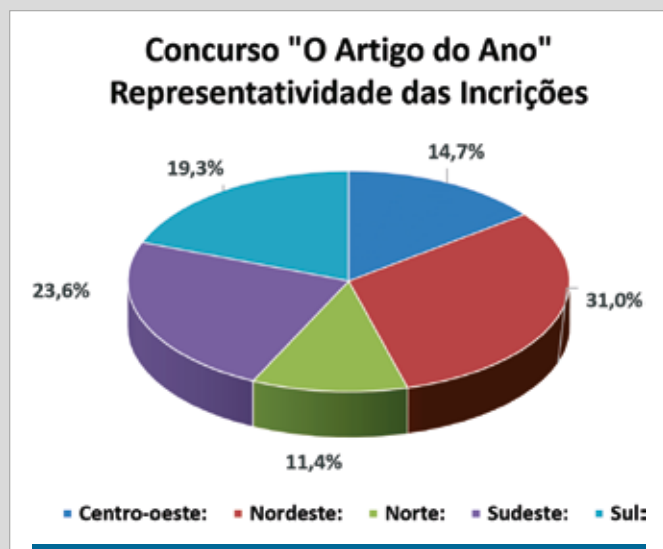
Na ocasião da abertura do 60º CBC foram homenageados profissionais que têm contribuído para o desenvolvimento técnico e científico do concreto e com as atividades do IBRACON (veja matéria nesta edição).

Uma dissertação de mestrado na área de estruturas (sobre conectores de cisalhamento para vigas) e outra na área de materiais (sobre concreto de ultra-alto desempenho) foram premiadas no evento (veja matéria nesta edição).

Neste ano, aconteceu a primeira edição do concurso “O artigo do ano”. Esta nova premiação tem por objetivo prestigiar os melhores trabalhos aprovados pela Comissão Científica do 60º CBC.

Concorreram quase 900 artigos, que foram avaliados pelas cinco comissões macrorregionais, formadas por 15 representantes indicados pelos diretores das 24 regionais do IBRACON. A distribuição de artigos por macrorregião foi bastante equitativa, com exceção do Nordeste, que teve a maior participação.

Cada comissão macrorregional escolheu dois artigos para representá-la no concurso, segundo os critérios de conteúdo técnico, rigor metodológico, sustentabilidade e originalidade/inação. Esses mesmos critérios serviram para a escolha de um artigo entre os dois por macrorregião pela comissão nacional do concurso, formada por cinco representantes do IBRACON. Esses cinco artigos escolhidos foram apresentados oralmente por seus autores no 60º CBC para uma bancada, formada por cinco conselheiros e diretores nacionais do IBRACON, escolhidos por seu presidente. Cada trabalho e seu autor principal foram avaliados pela bancada segundo os critérios de postura, desenvoltura, clareza, oratória, conteúdo técnico, qualidade da



▶ **Figura 2**

Distribuição dos artigos concorrentes ao prêmio “O artigo do ano” por macrorregiões

apresentação, respeito ao tempo e consistência das respostas às questões formuladas pela bancada.

Ganhou o concurso o trabalho técnico-científico com a maior pontuação entre os cinco finalistas. Nesta primeira edição, a premiação foi concedida à macrorregional do Sudeste, para o artigo dos pesquisadores Rosana Schmalz, Fernanda Ferreira, Eduardo Pereira, Rafael Mikami e Valdecir Quarcioni, intitulado “Modificação da microestrutura de matrizes cimentícias devido à adição de nanossilica”. Os autores são pesquisadores da Universidade Federal de São Carlos, Universidade Estadual de Ponta Grossa e do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo.

O trabalho apresentou e discutiu os avanços recentes obtidos com o uso de nanossilica em concretos e argamassas, mostrando, por meio da revisão bibliográfica, as melhorias nas suas propriedades no estado fresco e endurecido, como ganho de resistência e durabilidade, em decorrência da modificação da microestrutura da matriz cimentícia pelos efeitos físicos (fíler) e químicos (pozolânico) da adição.

Os autores do trabalho ganhador do concurso foram homenageados com troféu no Jantar de Encerramento do 60º CBC. Já, os autores dos quatro trabalhos finalistas receberam menções honrosas por sua participação no concurso no dia 20 de novembro, quando aconteceram as apresentações para a bancada do Congresso.

“A primeira edição do Concurso foi um sucesso, em razão da adesão expressiva de 891 artigos inscritos, com boa distribuição nas cinco macrorregiões do país. Este sucesso deve também ser atribuído ao entu-



siasmo e engajamento dos diretores regionais do IBRACON na escolha dos artigos semifinalistas entre os trabalhos inscritos”, avaliou o coordenador do concurso, Eng. Carlos Britz. “Pesquisadores, professores e profissionais estão convidados a participarem da próxima edição, cujo regulamento deverá em breve estar disponível no site do IBRACON”, conclamou.

CONCURSOS ESTUDANTIS

Durante o evento foram realizadas ainda cinco competições estudantis, com participação de 700 estudantes de 36 instituições de ensino, reunidos em 55 equipes: os concursos Aparato de Proteção ao Ovo (APO), Concrebol, Concreto colorido de alta resistência (Cocar), Ousadia e Concreto: quem sabe faz ao vivo.

As premiações das três equipes melhor colocadas nesses concursos foram realizadas no jantar de confraternização (ver matéria nesta edição).

Os concursos estudantis são uma atividade das edições do Congresso Brasileiro do Concreto que integra a futura geração de engenheiros civis e arquitetos com os profissionais fundadores e associados ao IBRACON desde 1972, ano de fundação do Instituto. Na avaliação da diretora de atividades estudantis, Eng. Jéssika Pacheco, “é uma atividade essencial do IBRACON para a continuidade



Rosana Schmalz recebe prêmio por vencer a primeira edição do concurso “O artigo do ano”, do coordenador Eng. Carlos Britz



Autora apresenta seu trabalho em sessão plenária



Estudantes da equipe Mackenzie agitam competições estudantis na Arena dos Concursos

de sua missão, de divulgar o bom conhecimento e uso do concreto”.

CURSOS DE ATUALIZAÇÃO PROFISSIONAL

Cinco cursos de atualização profissional do Programa Master em Produção de Estruturas de Concreto (Master PEC) do IBRACON foram oferecidos aos participantes do 60º CBC.

O Programa Master PEC é um sistema de cursos de educação continuada, que difunde conhecimento na área de projetos, materiais, controle tecnológico, produção, inspeção e reabilitação de estruturas de concreto, de forma



Eng. Alexandre Brites ministra aula aos alunos inscritos no curso “Desempenho aplicado às estruturas de concreto armado”

sistêmica e integradora, aos profissionais do setor construtivo brasileiro. Ele é formado por cursos oferecidos pelo IBRACON e por entidades parceiras durante ano.

O curso “O fenômeno térmico do concreto massa”, ministrado pelo engenheiro civil da gerência de serviços e inovação tecnológica de Furnas, Eduardo de Aquino Gambale, no dia 19 de setembro, buscou disseminar conhecimentos sobre como obter as propriedades térmicas dos materiais usados no concreto massa e como avaliar o desempenho térmico de estruturas massivas de concreto, com a finalidade de mitigar fissuras do calor de hidratação do cimento. A carga horária foi de quatro horas.

No mesmo dia foi oferecido o curso “Reforço de pilares em concreto armado: métodos e procedimentos”, pelo diretor da PhD Engenharia, Eng. Douglas Couto. Ele buscou fornecer uma visão geral das técnicas existentes para reparo e reforço de pilares de concreto armado, como encamisamento em concreto e em fibras de carbono, e substituição do concreto, com apresentação de casos práticos.

O conceito de desempenho aplicado às estruturas de concreto armado, com seus requisitos, critérios e métodos de avaliação segundo a norma brasileira ABNT NBR 15575, foi apresentado pelo sócio do Grupo de Pesquisa & Desenvolvimento (GP&D), Eng. Alexandre Brites, no dia 20 de setembro.

O curso “Reforço com fibras de carbono”, ministrado pelo sócio da Fortesas Consultoria e Projetos e da Concrelab Tecnologia de Controle da Qualidade, Eng. Adriano Silva Fortes, buscou fornecer conhecimentos sobre técnicas de reforço de estruturas com materiais à base de fibras de carbono, abordando aspectos de projeto e execução. Com carga horária de quatro horas, ele foi oferecido no dia 20 de setembro.

O curso “Concreto protendido”, com carga horária de oito horas, foi ministrado pelo diretor técnico e executivo das empresas Mac Protensão e Portante Engenharia de Projetos, Eng. Evandro Duarte Porto, no dia 21 de setembro. No curso os alunos aprenderam os conceitos de protensão e concreto protendido, as vantagens e desvantagens da tecnologia, suas aplicações, índices e custos, e a verificação e acompanhamento das obras de concreto protendido.

CONFERÊNCIAS PLENÁRIAS E SEMINÁRIOS

Os destaques da programação, com recorde de público, foram as conferências plenárias de pesquisadores estrangeiros e os seminários técnicos.



Para esta edição, foram convidados os professores do Centro de Pesquisas e Estudos Avançados do Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav – IPN, México), Pedro Castro, da Universidade de Leeds, na Inglaterra, Ian Richardson, e da Universidade Nacional do México, Roberto Stark, que palestraram nas manhãs do evento (veja matéria nesta edição).

Para o Prof. Pedro Castro, que participa pela terceira vez do Congresso Brasileiro do Concreto, o evento é o maior em número de participantes da América Latina, sendo que entre eles estão os maiores especialistas brasileiros em ataque das estruturas de concreto por cloretos, assunto de sua palestra. “Há também muitos estudantes de graduação e pós-graduação interessados num pouco de teoria mas explicada de uma forma coloquial e ilustrativa”, justificou Castro para a escolha do tema apresentado no evento.

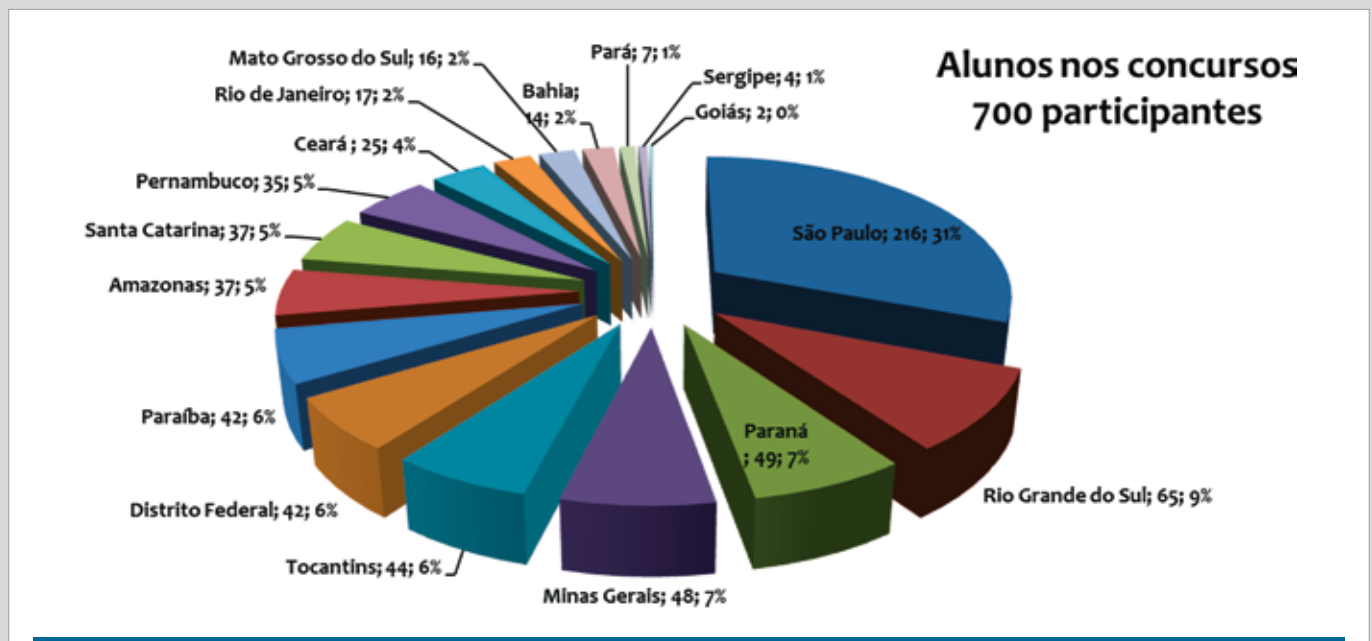
Já o Prof. Roberto Stark, também em sua terceira participação no evento, vê com bons olhos a crescente participação dos estudantes e seu interesse pelo concreto, o material do futuro da construção. “Fico satisfeito de ver tantos estudantes participando das discussões porque eles são o futuro da profissão”, opinou Stark.

Com relação aos seminários, foram realizados o II Seminário sobre Segurança de Estruturas em Situação de Incêndio, Seminário “Laboratórios na garantia da qualidade do concreto e construção”, o Seminário “Centrais Dosadoras x Centrais Misturadoras” e o Seminário “Boas Práticas

na Execução das Estruturas de Concreto” (veja matéria nesta edição).

Na avaliação do coordenador do II Seminário sobre Segurança de Estruturas em Situação de Incêndio, Prof. Rogério Cattelan Antochaves de Lima, o evento foi um sucesso em razão da participação expressiva dos congressistas nas palestras dos profissionais extremamente qualificados nos temas propostos e nos debates. “Esta foi a segunda edição do Seminário, sendo que a primeira edição aconteceu em 2007, em Bento Gonçalves, por ocasião do Congresso Brasileiro do Concreto na cidade. Esperamos que as discussões ocorridas nesta edição tenham continuidade em outras edições do Seminário”, completou Antochaves.

Ainda como evento paralelo, aconteceu a 3ª Conferência Internacional sobre Barragens, de 17 a 21 de outubro, onde, além de sessões científicas, conferências plenárias, mesa-redonda e workshop, foram oferecidos dois cursos que versaram sobre a análise estrutural e reabilitação de barragens e vertedouros, e as pequenas barragens (veja matéria nesta edição). Na avaliação do coordenador do Dam World 2018, Prof. Tulio Bittencourt, “o evento foi um sucesso por causa do excelente nível das palestras dos



► **Figura 3**
Distribuição total e percentual dos participantes nos concursos estudantis por estados



Eng. Evandro Duarte em sua aula aos participantes do curso sobre concreto protendido

profissionais brasileiros e estrangeiros, com os quais aprendemos muito”.

No balanço da programação do evento feito pelo diretor de eventos do IBRACON, Prof. César Henrique Daher, que participa das edições do Congresso Brasileiro do Concreto desde 1997, quando era ainda estudante de engenharia

civil, “o Congresso Brasileiro do Concreto é uma oportunidade para os estudantes e profissionais da engenharia civil conviver com as referências da cadeia produtiva do concreto e aprender com eles”.

FEIBRACON E SEMINÁRIO DE NOVAS TECNOLOGIAS

As empresas do setor construtivo puderam expor seus produtos e serviços, bem como estreitar relacionamentos e fechar negócios, na XIV Feira Brasileira das Construções em Concreto (Feibracon), que contou nesta edição com 10 patrocinadores (Itaipu Binacional, Votorantim Cimentos, Lafarge Holcim, Eletrobrás Furnas, Capes, GCP, Cimento Apodi, Cimento Nacional, Copel e Intercement) e 15 expositores (Atex, CDA, Carpi Tech, Cesi, Corr Solutions, Hibbard Inshore, MC Bauchemie, Oficina de Textos, PCP Engenharia, Penetron, PI Engenharia, Taylor & Francis Group, Tecnosil, TQS Informática e Webac).

As empresas patrocinadoras tiveram ainda a oportunidade de apresentar estudos de casos de aplicação de seus produtos e serviços no Seminário de Novas Tecnologias, que aconteceu no dia 21 de setembro no auditório Cantata.

Marcus Coimbra Israel, engenheiro da Votorantim Cimentos apresentou estudos de caso de aplicação de



Prof. César Daher em sua palestra no Seminário “Laboratórios na garantia da qualidade do concreto e construção”



Feibracon recebe visita de profissionais do setor construtivo

concreto convencional e autoadensável (adensamix) pela companhia (estrutura de 175 m² com pilares, vigas e lajes; e fundação com elevada taxa de armação). Segundo ele, o uso do concreto autoadensável não altera o custo do metro quadrado e proporciona ganhos de qualidade e desempenho (menor uso de mão de obra, menor tempo de execução da estrutura, maior produtividade, menor consumo de energia, perfeito preenchimento da fôrma).

Coimbra comparou também as soluções em subsolo com presença de água usando concreto convencional (com manta asfáltica e sistema de drenagem) e concreto autocicatrizante (crystalmix com fita hidroexpansiva). Os resultados indicaram a maior viabilidade econômica do sistema de impermeabilização com concreto autocicatrizante, com ganhos em manutenção preventiva e corretiva.

Dominique Corvez, diretor da Lafarge Holcim na América Latina, mostrou as origens do concreto de ultra autodesempenho (UHPC), suas características, as técnicas para sua dosagem e execução, suas aplicações nos últimos 20 anos e as tendências futuras do material. Ele destacou como a tecnologia do concreto avançou no tempo, partindo de concretos convencionais na década de 1950 com resistências à compressão variando de 20 MPa a 50 MPa e com fator água/cimento entre 0,5 a 0,7, passando pelos concretos de alto desempenho na década de 1990, e chegando aos concretos de ultra autodesempenho a partir de 2000, com resistências à compressão entre 150 MPa e 250 MPa e fator água/cimento em torno de 0,2. Segundo ele, o UHPC melhorou: a homogeneidade do concreto, ao reduzir o fator água/cimento e aumentar o consumo de cimento; a den-



Estande da Itaipu Binacional na Feibracon com seus funcionários participando do 60º CBC

sidade das partículas, por não conter agregados graúdos; e a ductilidade do concreto reforçado com fibras, ao usar microfibras. Com isso, o concreto atingiu os mais altos desempenhos mecânicos, em termos de resistências à compressão, à tração, à flexão, à fadiga, e em termos de módulos de elasticidade, além de maior durabilidade.

Segundo Corvez, o mercado mundial do UHPC deverá crescer oito vezes até 2025, com sua maior aplicação em anéis de torres eólicas, em novas infraestruturas, em reparação e retrofit, em estruturas resistentes a impactos e explosões, e em impressão 3D.

O UHPC é uma inovação da engenharia, ao lado de outros produtos inovadores de alto desempenho, que tem contribuído para reduzir impactos ambientais do setor construtivo, por meio da otimização da distribuição de seus componentes, e do aumento da durabilidade das estruturas de concreto. Este foi o tema da palestra técnico-comercial do gerente de pesquisa e desenvolvimento da Lafarge Holcim, Alexandre Navarro Cobb. Ele também abordou a redução de CO₂ no setor construtivo por meio da substituição do clínquer por materiais cimentícios suplementares e do desenvolvimento de novos cimentos com menores impactos ambientais.

Rogério Venâncio, gerente técnico da GCP, apresentou os aditivos da companhia para produção de concretos com alta fluidez e com robustez operacional. O concreto com alta fluidez possibilita aumento da produtividade na obra,



Eng. Marcus Coimbra Israel apresenta estudos de caso de aplicação do Cristalmix

reduz mão de obra, proporciona melhor acabamento superficial, aumenta a homogeneidade do concreto de diferentes betonadas e diminui o custo da aplicação. Ele apresentou estudos de laboratório e de aplicação no Brasil e no exterior que mostram que os novos aditivos da GCP para concretos com alta fluidez são robustos a agregados contaminados com argila, a segregações e variações operacionais, apresentam alta estabilidade com baixo consumo de cimento e não apresentam efeitos de coesão excessiva.

Emmanuel Mitsou, superintendente da Cimento Apodi,

apresentou como a inteligência artificial aplicada aos processos de fabricação de cimentos deverá impactar na redução do consumo de energia e do desvio-padrão na produção de cimento na companhia, bem como aumentar a produtividade do moinho e reduzir o consumo de água e as vibrações no moinho. Por meio de sensores que coletam dados nas diferentes fases de produção de suas 15 plantas, de seu armazenamento contínuo em nuvem, de seu processamento por meio de variadas e complexas correlações (dados de entrada e dados de saída), de sua modelagem para predição de resultados e do uso desses dados para alimentar sistemas de suporte de decisões, a companhia espera obter num futuro próximo o controle automatizado de sua produção, com ganho de produtividade (de 110 para 130 toneladas por hora), melhora da qualidade do cimento (Blaine de 4200) e redução do consumo de energia.

Os desafios de projeto e as soluções construtivas das usinas hidrelétricas da Copel desde a década de 1960 até os dias atuais foram expostos pelo consultor da Copel, Nelson do Canto Oliveira Saks. Ele destacou: os 22 quilômetros de túneis na construção da UHE Governador Parigot de Souza, construída em 1971, no Rio Capivari, em Antonina; o primeiro EIA-RIMA obtido no Brasil para a UHE Segredo, construída no Rio Iguaçu em 1992; e o registro fotográfico da construção da UHE Baixo Iguaçu, em Capanema, de 2014 a 2018.



Eng. Dominique Corvez apresentando o UHPC

Eduardo de Aquino Gambale, engenheiro civil da gerência de serviços e inovação tecnológica de Furnas, apresentou o Centro Tecnológico em Engenharia Civil da empresa, que acumula a prestação serviços de engenharia para mais de 200 empreendimentos em quatro continentes. Ele comentou os serviços de caracterização de materiais e do concreto na Barragem de Picachos, no México, de caracterização de agregados e estudos de reação álcali-agregado

na Canal do Panamá, de fiscalização no Projeto Hidrelétrico San Francisco, no Equador, de ensaios de rochas na Barragem de Odeleite, em Portugal, de controle tecnológico na Hidrelétrica de Capanda (Angola), de ensaios especiais e de durabilidade na Hidrelétrica de Bakun, na Malásia, além de outros serviços prestados a barragens, hidrelétricas, pequenas centrais hidrelétricas e centrais nucleares nas cinco regiões brasileiras. Por fim, Gambale destacou alguns dos 64 projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação realizados na sua área de atuação em Furnas.

LANÇAMENTOS EDITORIAIS E REUNIÕES TÉCNICAS

No 60° CBC foram feitos ainda quatro lançamentos de livros técnicos e da Prática Recomendada “Guia da Prevenção Alkali-Agregado, com sessão de autógrafos com seus autores e coordenadores, e reuniões dos comitês técnicos e das revistas do IBRACON.

Na avaliação feita pela coordenadora do CT-304 Comitê IBRACON/ABCIC de Pré-Fabricados de Concreto, Eng. Íria Doniak, sobre as atividades dos comitês técnicos no evento e as reuniões realizadas: “Trata-se de uma oportunidade ímpar de inclusão de novos membros e também de divulgação das atividades dos comitês, que são de vital importância para contribuição com a normalização para a engenharia de concreto, com o desenvolvimento tecnológico e com a interação entre academia e indústria do concreto, possibilitando um maior oportunidade para pesquisa e desenvolvimento.”

Com essa extensa programação de seu carro-chefe o IBRACON cumpre a sua missão institucional de levar conhecimento sobre o concreto aos estudantes, profissionais e intervenientes da cadeia produtiva do concreto. Como



Emmanuel Mitsou em momento de sua palestra no Seminário de Novas Tecnologias



Eng. Eduardo de Aquino Gambale expõe serviços prestados pelo Centro Tecnológico de Furnas em Angola



Eng.ª Iria Doniak coordena trabalhos do CT-304 Comitê Técnico IBRACON/ABCIC de Pré-Fabricados de Concreto durante 60° CBC

pontuou o presidente do Instituto Americano do Concreto (ACI), Eng. David Lange, na cerimônia de abertura, “como associações irmanadas, o IBRACON e o ACI têm a missão de servir à sociedade e elevar o padrão de vida da população por meio da divulgação de informações e do conhecimento sobre o concreto”.

No balanço geral do evento feito pelo presidente do IBRACON, Eng. Julio Timerman, em seu encerramento, no Jantar de Confraternização, “os auditórios e salas do Centro de Convenções lotados até o último dia, com pessoas ávidas por trocar experiências e adquirir conhecimento, mostram sua excelência e dos profissionais que o atendem”.

Prêmios de Destaque 2018

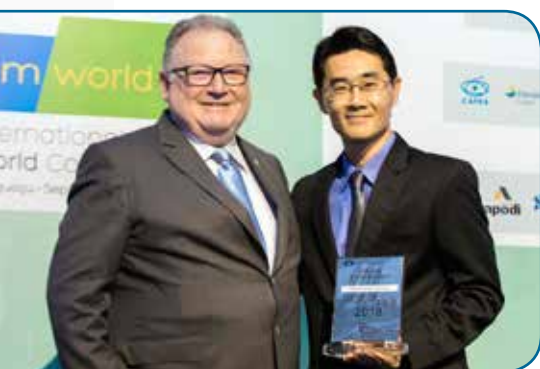
Na abertura do 60º Congresso Brasileiro do Concreto, no dia 18 de setembro, em Foz do Iguaçu, aconteceu a premiação dos profissionais reconhecidos pelo IBRACON

por suas contribuições para disseminar o uso do concreto e para seu desenvolvimento científico e tecnológico.

Confira os agraciados!

PRÊMIO EMÍLIO BAUMGART • DESTAQUE DO ANO EM ENGENHARIA ESTRUTURAL

ALIO ERNESTO KIMURA



Eng. Alio Ernesto Kimura com prêmio recebido do Presidente do IBRACON, Eng. Julio Timerman

- Alio é engenheiro civil pela Universidade Estadual Paulista (UNESP de Bauru, 1997) e sócio-diretor da TQS Informática, onde atua no desenvolvimento de softwares para projeto de estruturas de concreto, desde 1998.
- Autor do livro “Informática Aplicada em Estruturas de Concreto Armado”, cujo lançamento da segunda edição foi realizado em sessão de autógrafos no 60º CBC 2018.
- Alio é Secretário de Revisão das Normas Técnicas Brasileiras ABNT NBR 6118:2014 e ABNT NBR 15200:2012, e Secretário do Comitê IBRACON/ABECE CT 301 Projeto de Estruturas de Concreto.
- Ele é professor dos cursos sobre Pilares da ABECE e de Pós-Graduação em Estruturas, do PECE-USP.

PRÊMIO EPAMINONDAS MELO DO AMARAL FILHO • DESTAQUE DO ANO EM ENGENHARIA DE PROJETO E CONSTRUÇÃO EM CONCRETO DE ALTO DESEMPENHO

CARLOS ALBERTO GENNARI



Eng. Carlos Alberto Gennari com o prêmio ao lado da Diretora de Publicações do IBRACON, Eng.ª. Iria Doniak

- Carlos é ex-Presidente e Atual Membro do Conselho Estratégico da ABCIC (Associação Brasileira de Construção Industrializada de Concreto). Participa também como membro do CONSCIC (Conselho do Departamento de Construção Civil da Fiesp (Federação das Indústrias do Estado de São Paulo) e do Conselho do Sinaprocim (Sindicado Nacional da Indústria da Construção Civil).
- Gennari é sócio da empresa Leonardi Construção Industrializada, sendo responsável pelas áreas de operações, ou seja, engenharia, planejamento, produção, obras, controle tecnológico e pesquisa e desenvolvimento.
- A empresa, com 29 anos de atuação, fornece produtos e serviços para obras industriais, comerciais, shoppings, edifícios multipavimentos e obras de infraestrutura. Sua produção inclui concreto autoadensável, arquitetônico (pigmentado), de alto desempenho, de ultra alto desempenho, reforçados com fibras de vidro, entre outros.
- Em 2018, a Leonardi entregou projetos inovadores em pré-fabricados de concreto, como a pista de testes de caminhões da Mercedes Benz, em Itacemópolis, com precisão milimétrica

segundo modelo matemático pré-estabelecido; elementos do projeto Síríus, acelerador de luz Síncrotron, com concreto de módulo de elasticidade de 55 GPa e resistência de 120 MPa, com precisão de dois milímetros, controlada por *laser track*; e, finalmente, o edifício Green House, em Indaiatuba, com um partido arquitetônico diferenciado, todo em elementos pré-fabricados (8 pavimentos e 17.730 metros quadrados), primeiro edifício com Certificação Triple ‘A’ do interior de São Paulo.

PRÊMIO FRANCISCO DE ASSIS BASÍLIO • DESTAQUE DO ANO EM ENGENHARIA NA REGIÃO DO EVENTO

CÉSAR ZANCHI DAHER



**Eng. César Zanchi Daher (dir.)
recebe prêmio do Diretor de Relações
Institucionais do IBRACON,
Prof. Tulio Bittencourt**

- Daher é engenheiro civil pela Universidade Federal do Paraná, com experiência de 38 anos no controle de qualidade tecnológica de concreto e solos, pavimentação e monitoramento de fundações, em obras como: Usina Hidrelétrica de Itaipu; Barragens Foz do Rio Claro, Rio Verdinho e Salto Caçu em Goiás; Parque Eólico Assuruá, na Bahia; Parque Eólico Mirim II e Mangueiras III Emchuí, Rio Grande do Sul; Pátio de contêineres do Porto do Paranaguá, pista de taxiamento do Aeroporto Afonso Penna e do aeroporto de Vitória no Espírito Santo; pavimentação da Serra Dona Francisca, em Joinville; pavimentação da Serra Cuiabá-Rondonópolis em Mato Grosso; fábrica da Renault, fábrica Audi-Volkswagen em Curitiba; das dez mais altas edificações do Brasil, seis estão sob a sua gestão tecnológica e iniciando a gestão tecnológica do Porto de San Martin, Paracas, no Peru.
- Diretor-Presidente da Daher Consultoria e Tecnologia, empresa com 35 anos de atuação na área tecnológica de concreto e solos, com obtenção de alguns recordes, como o concreto de alto desempenho com 136 MPa, usado no Evolution Towers Curitiba, em 2004, e o concreto de alto desempenho com 143 MPa, usado no Centro Comercial Antártica Ponta Grossa, em 2006.
- César Zanchi Daher foi Professor Titular de Mecânica dos Solos e de Tecnologia de Concreto e Materiais, na Pontifícia Universidade Católica (PUC Paraná), de 1982 a 2002, onde fundou e foi Diretor do Instituto de Pesquisa e Assessoria Tecnológica (INTEC). Foi Diretor do Curso de Engenharia Civil de 1990 a 1996.
- Escreveu o capítulo Interação Solo-Estrutura do livro internacional *Twin Cities*.
- Foi Presidente do Instituto de Desenvolvimento Profissional Avançado (IDPA), especializado em residências técnicas para engenheiros e arquitetos, e foi Diretor Regional do IBRACON, de 1995 a 2007.

PRÊMIO OSCAR NIEMEYER SOARES FILHO • DESTAQUE DO ANO EM ARQUITETURA DE CONCRETO

PAULO JULIO VALENTINO BRUNA



**Arq. Paulo Bruna (esq.) ao lado do
Diretor-Secretário do IBRACON,
Prof. Antonio Domingues de Figueiredo**

- Paulo Bruna é arquiteto (1964) e doutor pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, onde atua como professor.
- Trabalhou no escritório londrino “Low Rodin & Oth” em 1967/1968, especializado no Cálculo de Sistemas Industrializados de Concreto Armado.
- Em seu doutorado defendeu a necessidade de racionalizar e prefabricar todos os componentes do programa habitacional recém-lançado do Banco Nacional de Habitação (BNH), tese publicada em livro nos anos 1970.
- Realizou projetos baseados na pré-fabricação no canteiro de obras, como a Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, a fábrica de trens de pouso da Embraer em São José dos Campos, e a fábrica da Gessy Lever, no interior de São Paulo, entre outras.
- Atualmente, além de professor titular da FAU-USP e FAAP, é diretor do Escritório Paulo Bruna Arquitetos Associados, com projetos como o da Ática Shopping Cultural, que recebeu o grande prêmio da III Bienal Internacional de Arquitetura de São Paulo, em 1997, e do Acelerador de Partículas Sirius, do Polo de Alta Tecnologia, em Campinas.
- Publicou “Os Primeiros Arquitetos Modernos – Habitação Social no Brasil 1930-1950”, sua tese de livre-docência, e “Quatro Ensaios Sobre Oscar Niemeyer”, seu último livro.

Prêmios de Destaque 2018

PRÊMIO FALCÃO BAUER • DESTAQUE DO ANO EM ENGENHARIA DE PESQUISA EM CONCRETO E MATERIAIS CONSTITUINTES

VANDERLEY MOACYR JOHN



Prof. Vanderley John com o prêmio ao lado do Diretor Técnico do IBRACON, Prof. Paulo Helene

- Vanderley é engenheiro civil pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (1992), mestre em engenharia civil pela Universidade Federal do Rio Grande Do Sul e doutor em engenharia civil pela Universidade de São Paulo. Ele tem pós-doutorado pelo *Royal Institute of Technology* da Suécia (2001).
- Professor titular da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, é membro do Laboratório de Microestrutura e Ecoeficiência, que fundou em 1996, com o professor Vahan Agopyan.
- John é coordenador da unidade EMBRAPPII (Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial) Poli USP Materiais para Construção Ecoeficiente, do INCT Tecnologias Cimentícias Ecoeficientes Avançadas e do IRIS USP (*Interdisciplinary Research for Innovative Solutions*).
- Ele é membro da coordenação do Centro de Inovação Para Construção Sustentável, do Conselho Executivo da Agência USP Inovação, da diretoria do Conselho Brasileiro de Construção Sustentável e da Rede LCCI (*Low-Carbon Cementitious Materials Initiative*), parte do Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas.

- Atualmente se dedica a desenvolver tecnologias que aumentam a eficiência do uso de ligantes e de sua substituição por fileres e dispersantes.
- Co-autor do Relatório do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente "*Eco-Efficient Cements: Potential Economically Viable Solutions For A Low-Co₂ Cement-Based Materials Industry*" e do livro "Construção Sustentável: Mitos, Desafios e Oportunidades".

PRÁTICA RECOMENDADA IBRACON/ABECE

Macrofibras poliméricas para concreto destinado a aplicações estruturais: definições, especificações e conformidade

Elaborada pelo CT 303 – Comitê Técnico IBRACON/ABECE sobre *Uso de Materiais não Convencionais para Estruturas de Concreto, Fibras e Concreto Reforçado com Fibras*, a Prática Recomendada especifica os requisitos técnicos das macrofibras poliméricas para uso em concreto estrutural.

A Prática Recomendada abrange macrofibras para uso em todos os tipos de concreto, incluindo concreto projetado, para pavimentos, pré-moldados, moldados no local e concretos de reparo.

AQUISIÇÃO

www.ibracon.org.br (Loja Virtual)

DADOS TÉCNICOS

ISBN: 978-85-98576-29-9

Edição: 1ª edição

Formato: eletrônico

Páginas: 37

Acabamento: digital

Ano da publicação: 2017

Coordenador: Eng. Marco Antonio Carnio

PRÁTICA RECOMENDADA IBRACON/ABECE

MACROFIBRAS POLIMÉRICAS PARA CONCRETO DESTINADO A APLICAÇÕES ESTRUTURAIS



COMITÊ 303: Materiais não convencionais para Estruturas de Concreto, Fibras e Concreto Reforçado com Fibras

GT4: Caracterização de materiais não convencionais e fibras para reforço estrutural

Coordenador: Eng. Marco Antonio Carnio
Representante CTA: Sofia Maria Carrato Diniz

Patrocínio



Prêmio de Teses e Dissertações



A premiação das melhores teses de doutorado sobre o concreto, defendidas de 1º de março de 2016 a 28 de fevereiro de 2018, ocorreu na abertura do 60º Congresso Brasileiro do Concreto, no dia 18 de setembro, em Foz do Iguaçu.

A cada ano o IBRACON premia intercaladamente as me-

lhores dissertações e teses na área do concreto, cadastradas no CONCRETO BRASIL, no seu Prêmio de Teses e Dissertações. Para concorrer, basta cadastrar sua pesquisa no site www.ibracon.org.br.

Confira os trabalhos premiados!

PRÊMIO MELHOR TESE EM ESTRUTURAS

ESTUDO DE CONECTORES DE CISALHAMENTO EM BARRAS DE AÇO PARA VIGAS MISTAS DE AÇO E CONCRETO

WALLISON CARLOS DE SOUSA BARBOSA



Prof. Wallison Barbosa (dir.) recebe prêmio do Diretor de Pesquisa e Desenvolvimento do IBRACON, Prof. Leandro Mouta Trautwein

- Wallison Barbosa é doutor em estruturas e construção civil pela Universidade de Brasília e professor no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.
- Ele tem pedido de patente referente a conector de cisalhamento treliçado e seu processo de fabricação.
- **Orientador:** Luciano Mendes Bezerra
- Universidade de Brasília

PRÊMIO MELHOR TESE EM MATERIAIS

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E PRESSÃO NA HIDRATAÇÃO E DESEMPENHO MECÂNICO DE PASTAS PARA CONCRETO DE ULTRA-ALTO DESEMPENHO

CAROLINA NODA LIVI



Carolina Livi recebe prêmio do Diretor de Eventos do IBRACON, Eng. César Henrique Daher

- Carolina Livi é doutora em engenharia civil pela Universidade Federal de Santa Catarina, professora e coordenadora de curso de engenharia civil na Unisociesc, de Florianópolis
- **Orientador:** Wellington Longuini Repette
- Universidade Federal de Santa Catarina

Conferências plenárias trazem as novidades das pesquisas sobre o concreto

FÁBIO LUÍS PEDROSO

Por que o concreto é o material do futuro? Quais os avanços que têm sido feitos nas pesquisas científicas para a melhor compreensão da natureza do cimento e do papel desempenhado pelas adições? Quais as últimas descobertas relacionadas ao fenômeno da penetração de cloretos e quais as tendências atuais dessas pesquisas?

Essas foram as questões discutidas nas conferências plenárias do 60º Congresso Brasileiro do Concreto, realizadas nas manhãs dos dias 19, 20 e 21 de setembro, no auditório Sonata do Maestra Grand Convention Center, no hotel Recanto Cataratas, em Foz do Iguaçu, no Paraná.

Veja a seguir um breve relato do que foi apresentado pelos palestrantes Pedro Castro (Cinvestav-IPN, México), Ian Richardson (Leeds University, Inglaterra) e Roberto Stark (Stark + Ortiz, México).

PESQUISAS SOBRE DIFUSÃO DE CLORETOS REQUEREM ELABORAÇÃO DE ATLAS

A principal causa de deterioração das estruturas de concreto armado em obras marítimas esta relacionada com a

penetração de sais de cloretos. Presentes no ar e na água que circundam essas obras e que formam seu microclima, os sais de cloretos, espécie iônicas formadas por um átomo de cloro negativamente carregado e um átomo de outra espécie química, como o sódio, penetram nas estruturas por meio de sua difusão, adsorção e depósito superficial. Uma vez no interior do elemento de concreto, os íons de cloretos despavam o meio alcalino que circunda o aço, iniciando seu processo de corrosão. Por um lado, isto leva a uma redução da área superficial do aço e de sua capacidade de resistência à tração. Por outro, leva ao acúmulo de ferrugem, que aumenta seu volume no interior da estrutura em até 600%, produzindo sua fissuração.

Para trazer as últimas novidades em termos de pesquisa científica sobre o fenômeno da penetração de cloretos em estruturas de concreto armado, o Instituto Brasileiro do Concreto convidou o pesquisador do Centro de Pesquisas e Estudos Avançados do Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav – IPN, México), Pedro Castro, para sua conferência plenária no 60º CBC, intitulada “História e tendências na interpretação dos perfis de cloretos no concreto”.

Os perfis de cloreto são as curvas formadas a partir dos resultados de medição da distribuição da concentração de cloretos nas estruturas de concretos em função de sua profundidade nessas estruturas e do tempo de exposição delas. Essas curvas são geralmente descritas pela Lei de Fick, que estabelece gráficos com valores de concentração de cloretos ascendentes em função do tempo de exposição, mas com valores declinantes em função da profundidade na estrutura.

Com base na Lei de Fick e na concentração crítica de cloretos, os pesquisadores têm proposto modelos matemáticos para prever quando uma estrutura começará a se deteriorar e com qual taxa.



Palestra do Prof. Pedro Castro é assistida por auditório lotado



A concentração crítica é o parâmetro definido como a quantidade de cloretos necessária na região que circunda o aço na estrutura para despassivá-lo ou, em termos práticos, para iniciar o processo de corrosão e provocar a deterioração visível da estrutura de concreto.

Na avaliação do Prof. Pedro Castro, o principal problema com esses modelos é assumir que existe uma constante de difusão do cloreto na estrutura de concreto. “O comportamento de difusão dos cloretos no concreto é um processo de transporte mais complexo do que o descrito pela Lei de Fick”, concluiu.

Segundo o pesquisador, vários estudos têm revelado que o coeficiente de difusão dos cloretos no concreto varia em decorrência do tipo de concreto e do meio ambiente (microclima) no qual está inserida a estrutura. Concretos com diferentes relações água/cimento e com diferentes tipos de cimentos apresentam diferentes taxas de difusão dos cloretos em seu interior. Já, estruturas de concreto situadas em ambientes com distintas temperaturas e umidades relativas do ar apresentam também coeficientes distintos de difusão de cloretos. “Por um lado, a maior relação água/cimento na dosagem do concreto implica uma maior porosidade do concreto, que facilita o ingresso de cloretos. Por outro, a maior temperatura do ambiente leva a uma maior mobilidade de cloretos pela estrutura de concreto”, exemplificou.

Outros fatores que influenciam nos modelos de predição são as diferentes zonas de exposição das estruturas (diferentes alturas das estruturas numa obra em relação ao nível da água salina) e a distância da obra em relação ao mar. Em razão disso, além da zona de difusão dos cloretos, os modelos matemáticos têm assumido também a zona de convecção, que leva em conta esse mecanismo no transporte dos cloretos na superfície da peça de concreto, o que define a região que sofre seu efeito. Conjugando-se essas duas zonas, os pesquisadores conseguiram chegar a modelos de predição da difusão de cloretos em estruturas de concreto cujos resultados são muito próximos daqueles medidos em campo.

O recado final do Prof. Pedro Castro aos quase 400 congressistas que assistiram a sua palestra foi o da necessidade de construção de um atlas que considere o estágio das pesquisas e pondere por regiões os materiais comumente usados na dosagem do concreto e as circunstâncias ambientais típicas a que são expostas as estruturas de concreto. Dessa forma será possível estipular para cada região do atlas os modelos conceituais e matemáticos mais apropriados para prever o comportamento da difusão dos cloretos no concreto.



Prof. Pedro Castro em momento de sua palestra

DESCOBERTAS CIENTÍFICAS LEVAM A NOVO MODELO NANOESTRUTURAL DAS REAÇÕES NO CIMENTO

Tão importante quanto prever quando uma estrutura poderá estar sujeita a manifestações patológicas causadas pela penetração de cloretos ou de outros agentes agressivos do meio, é prevenir o ingresso e inibir a ação desses agentes agressivos. Uma medida preventiva que tem se mostrado eficaz tem sido usar adições minerais ou cimentos produzidos com essas adições, como as cinzas volantes, as escórias de alto forno, entre outras, tecnicamente conhecidas como materiais cimentícios suplementares, por suas reações secundárias de hidratação, ou seja, reações com os produtos hidratados do cimento.

Tratar da natureza da principal fase aglomerante do concreto e como ela é afetada pelos materiais cimentícios suplementares foi o tema da palestra do pesquisador da Universidade de Leeds, na Inglaterra, Ian Richardson, no 60° CBC.

O cimento Portland anidro é formado basicamente por silicatos tricálcicos, silicatos dicálcicos, aluminatos tricálcicos e aluminatos ferrosos de cálcio, nas composições de 40% a 60%, 10% a 25%, 10% a 15% e 10% a 15%, respectivamente. Essas espécies químicas originam, na presença de água, por meio de reações de hidratação, silicatos de cálcio hidratados (C-S-H), cálcios hidratados (CS) e hidratos de aluminatos de cálcio ferrosos e sulfurosos. Dentre esses produtos hidratados, os silicatos tricálcicos são a fase principal aglomerante, possuindo composição química, morfologia e nanoestrutura variáveis.



Prof. Ian Richardson responde a dúvidas levantadas pelo público em sua palestra

Estudos com o microscópio eletrônico de transmissão e de varredura revelaram que os silicatos tricálcicos hidratados (C-S-H) em qualquer idade da pasta de cimento variam suas médias das razões entre a quantidade de átomos de cálcio e de silício em valores entre 1,7 até 1,8, o que indica variação microestrutural. “Esses valores, bem acima do valor médio de 1,5 encontrado nos livros-texto de química do cimento, explicam os problemas advindos das tentativas de modelagem dos mecanismos de formação e distribuição das cadeias de C-S-H na pasta de cimento”, ressaltou o Prof. Richardson. Segundo o pesquisador as partículas de C-S-H possuem duas partes: uma interna, homogênea e fina; e uma externa, fibrosa. “A parte interna é mantida e rodeada pela parte externa, que reagiu com a água”, explicou.

Com base nessas descobertas, o pesquisador apresentou modelos nanoestruturais mais atuais dos silicatos tricálcicos hidratados e de seus mecanismos de formação de longas e variáveis cadeias nas pastas de cimento. Segundo o Prof. Richardson, as primeiras camadas a se formar são as de óxidos de cálcio (CaO), que servem de matrizes para a formação das cadeias variadas de silicatos de cálcio.

Na segunda parte de sua palestra, o Prof. Ian explicou como e por que os materiais cimentícios suplementares (SCM) interferem na reação de hidratação do cimento e na morfologia e nanoestrutura dos produtos hidratados. Segundo ele, o uso de cinza volante, por exemplo, na proporção de 30% em massa de cimento, retarda inicialmente as reações de hidratação do cimento, mas as acelera posteriormente, em idades intermediárias do concreto. Isto foi bem documentado na compilação de estudos feita pelo palestrante. A explicação para o fenômeno é que a evolu-

ção da temperatura de hidratação do cimento é retardada pela presença de cinza volante no primeiro dia em relação a essa evolução da temperatura no cimento sem adições. A partir do segundo dia, sobrevém o efeito filler dos produtos hidratados, que aceleram a reação de hidratação até mais ou menos o décimo dia, quando passam a predominar as reações pozolânicas, que voltam a desacelerar as reações de hidratação.

Essas variações na taxa da reação de hidratação do cimento ocasionam concomitantemente variações nas concentrações de cálcio hidratado (CH) nos poros do concreto. Concentrações altas de CH nos poros levam à formação de nanoestruturas fibrosas de C-S-H, enquanto que concentrações baixas produzem nanoestruturas foliculares. Dessa forma, o modelo nanoestrutural exposto pelo pesquisador explica as variações medidas na composição e morfologia dos silicatos tricálcicos hidratados na pasta de cimento.

Por seu lado, materiais cimentícios suplementares ricos em silicatos de alumínio tendem a aumentar as médias das razões entre a quantidade de átomos de silício e cálcio, por um lado, e a quantidade de átomos de alumínio e cálcio, por outro, o que leva à predominância na formação de nanoestruturas foliculares de C-S-H na pasta de cimento.

Segundo o pesquisador essa mudança de morfologia de fibrosa para folicular é a responsável pela redução das taxas de difusão de cloretos nos concretos feitos com cimentos com materiais cimentícios suplementares, constatada pelos experimentos de porosimetria de intrusão de mercúrio. A nanoestrutura folicular é capaz de ocupar melhor os poros do concreto, produzindo uma microestrutura pobre em porosidade interconectada, que contribui para a maior durabilidade do concreto. “Porém, para isso, é preciso que o SCM reaja, o que mostra a importância da cura do concreto”, advertiu Richardson.

MELHOR DESEMPENHO DO CONCRETO IMPULSIONA SEU USO EM EDIFÍCIOS ALTOS

Por que usamos o concreto? O questionamento foi feito pelo sócio da empresa de projeto e consultoria Stark + Ortiz e professor da Universidade Nacional do México, Roberto Stark, aos cerca de 400 congressistas que assistiram a sua palestra no 60º CBC, intitulada “Concreto: o material do futuro”.

Para o palestrante, o concreto é utilizado na maioria das construções porque se consegue produzi-lo em

grandes volumes a partir dos recursos materiais disponíveis no planeta e porque com o concreto são produzidas as melhores estruturas.

Para justificar sua resposta, o Prof. Roberto Stark apresentou dois estudos paramétricos feitos em seu escritório. No primeiro foram comparados edifícios de seis a 30 andares, para zonas de baixa e de alta sismicidade, com carga accidental de 2,5 kN/m², sendo projetados para serem construídos ou com estruturas de concreto em sistemas de paredes e pórticos (*walls and frames*) ou com estruturas contraventadas de aço (*braced frames*). Na comparação do custo por metro quadrado, as estruturas de concreto apresentaram os menores valores para todos os edifícios, tanto em zonas com alto coeficiente sísmico quanto em zonas com baixo coeficiente. A partir de edifícios com nove andares essa economia é de aproximadamente 20% para edifícios em zonas de baixa sismicidade e ainda maior para os edifícios em zonas de alta sismicidade.

No segundo estudo paramétrico, assumindo a análise de edifícios de seis a 30 andares, para zonas com coeficientes de sismicidade de 0,1 (baixa) e 0,4 (alta), com carga accidental de 2,5 kN/m², dados representativos de países como Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, Costa Rica, Equador e Guatemala, o palestrante apresentou resultados ainda mais expressivos de economia de custo por metro quadrado para as estruturas de concreto em relação às de aço. Na comparação de dois edifícios de 21 andares, a economia de custo foi de 8%, com pilares com dimensões 30% menores e com 50% menos aço nas estruturas de concreto de maior resistência (35 a 50 MPa).

Além desses estudos paramétricos, Roberto Stark apresentou diversos projetos e análises estruturais de edifícios altos construídos em concreto, nos quais a Stark+Ortiz participou. Nesses estudos de caso as estruturas foram projetadas variando a resistência à compressão do concreto usado nos diferentes elementos estruturais: de um valor máximo de 50 MPa para as pilares mais solicitados (pilares internos de andares inferiores e colunas externas da edificação) até o valor mínimo de 35 MPa para as vigas dos andares superiores. “Com isso, conseguimos, por um lado, obter pilares com dimensões reduzidas e com bom espaçamento entre eles, possibilitando bom aproveitamento das baias das garagens. Por outro lado, com essa modelagem obtemos estruturas capazes de resistir a sismos e com bom comportamento sob a ação do vento”, frisou.

Por essas razões, mais de 70% dos edifícios com mais



Prof. Roberto Stark apresenta as conclusões dos estudos paramétricos apresentados no 60° CBC

de 200 metros de altura são construídos com estruturas de concreto, sendo de apenas 5% o índice de edifícios altos com estrutura de aço. Os edifícios altos com estruturas metálicas eram dominantes até a década de 1970, com casos com alturas de até 450 metros. Mas, desde então, vêm perdendo espaço para os edifícios com estruturas de concreto, que, hoje, atingem até 1000 metros de altura, com sistema estrutural com vigas rígidas ligando os pilares externos ao sistema de contraventamento central (*outriggers*). Os dados são do Conselho em Edifícios Altos e Habitat Urbano (CTBUH, na sigla em inglês). “Houve uma transição progressiva do uso do aço para o uso do concreto na construção de edifícios altos a partir da década de 1980. Isto porque as estruturas de concreto para grandes edifícios têm mostrado melhor comportamento sob a ação do vento e de terremotos, além de serem mais facilmente executadas. Não é à toa que o maior edifício do mundo é de concreto!”, salientou Stark. Ele chamou, porém, a atenção dos presentes para a necessidade de um melhor controle tecnológico dos concretos usados nos edifícios altos, “pois é necessário conhecer mais do que o consumo de cimento, sendo necessário realizar ensaios de módulo de elasticidade, de fluência, de retração, entre outros”.

Na avaliação geral do Prof. Stark, as vantagens do concreto sobre o aço são: menor custo, melhor resistência ao fogo, baixo custo de manutenção, e melhor comportamento sob ação do vento.

Seminário disseminou informações sobre resistência do concreto ao fogo

FÁBIO LUÍS PEDROSO

O colapso do edifício Wilton Paes de Almeida, em São Paulo, em maio último, em decorrência do incêndio iniciado no quinto andar, reacendeu questões na comunidade brasileira de arquitetos e engenheiros civis. Imediatamente ao trágico acidente, o Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON), juntamente com outras associações técnicas, lançou um manifesto público alertando para a herança negativa e preocupante de edificações não devidamente adaptadas para resistir ao fogo nas cidades brasileiras.

O edifício Wilton Paes de Almeida fora construído na década de 1960 para abrigar a sede da empresa Companhia Comercial de Vidros do Brasil (CVB). Com 24 andares, 12 mil m² de área construída, o edifício foi projetado pelo arquiteto e professor da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAU-USP), Roger Zmekhol, sendo considerado um marco da arquitetura modernista de São Paulo.

Após os incêndios nos prédios comerciais em concreto armado Andraus e Joelma, na década de 1970, houve atualizações das regras para prevenção e combate ao fogo em prédios na cidade de São Paulo. Antes dessas tragédias com vítimas fatais, as medidas exigidas eram extintores e hidrantes sinalizados. Após elas, decreto da Prefeitura estabeleceu critérios para localização de escadas e saídas de emergência, e quanto tempo paredes, pilares e vigas deveriam resistir ao fogo.

Em 2001, a Associação Brasileira de Normas Técnicas lançou as normas ABNT NBR 5628 e ABNT NBR 14432, que estabeleceram requisitos de resistência ao fogo para componentes construtivos estruturais e para elementos construtivos de edificações, respectivamente. Já, em 2011, a entidade publicou a norma ABNT NBR 15200, que estabeleceu os critérios de dimensionamento de estruturas de concreto para resistir a incêndios.

Todavia, essas regras e normas foram aplicadas para

novas edificações e para edificações reformadas após mudanças em seu uso. Prédios construídos antes da década de 1970, que se mantiveram em uso sem reformas, como o Wilton Paes de Almeida, ou não foram adaptados ou o foram parcialmente. Essa situação é preocupante porque somente na cidade de São Paulo, dos 53 mil prédios existentes, 24 mil foram construídos antes de 1970.

Para debater o assunto o IBRACON promoveu o II Seminário sobre Segurança de Estruturas em Situação de Incêndio, no dia 19 de setembro, como evento paralelo do 60º Congresso Brasileiro do Concreto, que foi realizado em Foz do Iguaçu, de 17 a 21 de setembro. Seu objetivo foi “trazer informações sobre o comportamento do concreto em situação de incêndio, para tranquilizar a comunidade técnica e a sociedade brasileira quanto às boas propriedades do concreto em resistir ao fogo”, assinalou na abertura do Seminário um de seus coordenadores, o professor da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Rogério Cattelan Antochaves de Lima. Ao que foi complementado pela professora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Ângela Graeff, que afirmou ser o propósito do seminário “disseminar conceitos e técnicas de projeto e construção, bem como descobertas científicas, que possibilitem evitar o incêndio e sua propagação na edificação, ou que permitam projetar e executar a estrutura para resistir a ele”.

RESISTÊNCIA AO FOGO

Quando se trata de edificações em situação de incêndio, uma distinção inicial se faz necessária: a reação ao fogo e a resistência ao fogo. O incêndio ocorrido na Boate Kiss, na cidade de Santa Maria, em 2013, que matou 242 pessoas e feriu outras 680, foi um caso de reação ao fogo: o material usado no teto para isolamento acústico era inflamável e sua combustão liberou enorme quantidade de fumaça tóxica. Para evitar essa modalidade de

incêndio há uma variedade de normas internacionais e ensaios para se determinar a combustibilidade e ignitabilidade de materiais, e a densidade óptica da fumaça expelida por eles, que permitem classificá-los para seu uso adequado na construção civil.

Segundo o coordenador da comissão especial do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul (CREA-RS) e diretor da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Luiz Carlos Pinto da Silva Filho, um dos palestrante no Seminário, o incêndio na Boate Kiss foi consequência de deficiências sistêmicas na maneira como lidamos com a prevenção ao incêndio. Dentre essas pode-se citar: condutas de risco em ambientes fechados, fragmentação, dubiedade, desatualização e descumprimento de leis e normas, falta de informação e de respeito às normas por parte de fornecedores, carência na fiscalização por parte do corpo de bombeiros, falta de capacitação de profissionais e pouca valorização da segurança contra incêndio por parte da sociedade. Segundo o palestrante, parte das deficiências foram corrigidas com a edição da Lei Federal 13.425, que obrigou a inclusão de disciplinas de prevenção e combate a incêndio e desastres nos cursos de graduação de engenharia e arquitetura.

Já, o incêndio no edifício Wilton Paes de Almeida foi um caso típico de resistência ao fogo porque seus elementos em concreto armado não resistiram ao incêndio, vindo colapsar 80 minutos após seu início. “Eu era defensor da tese de que o concreto não colapsava em situação de incêndio, mas as investigações nos destroços do Wilton Paes de Almeida apontaram evidências contra ela”, afirmou em sua palestra o diretor técnico do IBRACON, Prof. Paulo Helene, que foi encarregado de coordenar um programa experimental de ensaios e análises das amostras de um pedaço do pilar e de um pedaço da laje em balanço, retirados dos escombros do Edifício Wilton Paes de Almeida, para fazer um diagnóstico sobre as possíveis causas do colapso. A atividade envolveu uma equipe de profissionais associados ao IBRACON e contou com a colaboração da Universidade Presbiteriana Mackenzie, da Associação Brasileira de Cimento Portland e da PhD Engenharia, sendo resultado da assinatura de um termo de cooperação técnica entre o IBRACON e a Prefeitura de São Paulo, por meio da Secretaria de Infraestrutura Urbana e da Secretaria de Segurança Urbana.

Em sua palestra, Helene contrapôs os casos dos



Prof. Paulo Helene, ladeado pelo Prof. Enio Pazini Figueiredo e pela Profª Ângela Graeff, responde às dúvidas do público

incêndios ocorridos nos edifícios de concreto armado Andraus (São Paulo, 1972), Joelma (São Paulo, 1974), Grande Avenida (São Paulo, 1969 e 1981) e Parque Central Torre Leste (Venezuela, 1979), que não colapsaram, foram recuperados e estão atualmente em uso, aos casos dos incêndios ocorridos nos edifícios de estrutura metálica (*World Trade Center*, Estados Unidos, 2001) e de elemento misto de aço e concreto (Windsor, Espanha, 2005), que colapsaram.

O Centro Administrativo de Goiás, edificação de concreto armado, que sofreu incêndio de cinco horas em 2000, após 30 anos de uso, foi recuperado e se encontra atualmente em uso, após ter sua laje do 11ª andar demolida e reconstruída, com base em ensaios que constataram seu comprometimento pela ação do fogo, mas que avalizaram a preservação dos pilares devido ao cobrimento de suas armaduras estar acima do mínimo recomendado por norma. Este caso de inspeção e recuperação foi tema da palestra do professor da Universidade Federal de Goiás, Enio Pazini, que é também diretor de cursos do IBRACON, coordenando o curso “Inspetor I – Inspeção de Estruturas de Concreto”, que tem o objetivo de formar e capacitar profissionais para a realização de inspeção, diagnóstico e prognóstico de obras.

Aço e concreto são materiais não combustíveis. Por ter condutividade térmica bem menor que o aço, o concreto funciona como isolante térmico nos elementos de



Momento da palestra do Prof. Marcelo Ferreira no Seminário

concreto armado, impedindo que as altas temperaturas das faces expostas ao fogo sejam transferidas durante o incêndio para o interior dos elementos, onde se localizam as armaduras. Isto garante a estabilidade da edificação, pois o aço, responsável por resistir aos esforços de tração, sofre perda significativa de resistência ao redor de 500°C, enquanto que o concreto, encarregado de resistir aos esforços de compressão, perde significativamente essa propriedade quando atinge temperaturas próximas a 800°C. Com base nessas características dos materiais, é possível definir em projeto um cobrimento mínimo da armadura pelo concreto, de modo que se assegure por determinado tempo que as altas temperaturas de um incêndio não atinjam o aço no interior do concreto. “Uma laje de concreto armado em situação de incêndio deve manter sua estabilidade, estanqueidade e seu isolamento térmico por até 120 minutos, critérios estipulados pelas normas técnicas”, exemplificou o palestrante Marcelo de Araújo Ferreira, coordenador do Núcleo de Estudo e Tecnologia em Pré-Moldados de Concreto da Universidade Federal de São Carlos (Netpre-USFSCar).

DIMENSIONAMENTO CONTRA INCÊNDIO

O tempo durante o qual elemento estrutural deve manter sua estabilidade, sua estanqueidade e seu isolamento térmico é tecnicamente conhecido como tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF). Ele é definido pelas normas ABNT NBR 5628 – Componentes construtivos estruturais – Determinação da resistência ao fogo e ABNT NBR 10636 – Paredes divisórias sem função estrutural – Determinação de resistência ao fogo. Seu valor é obtido por meio de um ensaio padronizado no qual

amostras são submetidas a uma curva de aquecimento-padrão num forno fechado de laboratório. Em razão disso, o TRRF é caracterizado como tempo de ensaio, não como tempo real, durante o qual um tipo de elemento da estrutura (pilar, viga, laje, parede) mantém sua estabilidade (ou resistência), avaliada por meio da medição de deformações horizontais e do impacto pendular de esferas metálicas no componente ensaiado), estanqueidade (verificada por meio da aproximação de chumaço de algodão do componente ensaiado) e isolamento térmico (definido pelas temperaturas medidas na face oposta à face exposta ao fogo como estando abaixo de 140 °C em média e de 180 °C em qualquer ponto).

“O TRRF não é o tempo real que uma edificação deve manter sua estabilidade, estanqueidade e isolamento térmico para permitir a evacuação. Este tempo real deve ser maior do que o TRRF, porque as condições de ensaio no forno são exigentes”, comentou Luiz Carlos Pinto da Silva Filho.

Essas condições de ensaio são extrapoladas para a edificação por meio do conceito-chave de compartimentação. A compartimentação vertical do edifício impede a propagação de gases e calor de um pavimento para o imediatamente superior, promovendo a segurança contra o incêndio e, por isso, sendo obrigatória nos projetos de estruturas. Já, a compartimentação horizontal impede a propagação de gases e calor entre compartimentos contíguos no mesmo pavimento, restringindo perdas e facilitando as atividades de combate ao incêndio. Dessa forma, “a ação térmica na edificação é simulada pela curva de aquecimento normalizada como ocorrendo dentro de um compartimento, tal como acontece no forno de laboratório, com as vigas, lajes e paredes dos pavimentos funcionando como compartimentos”, exemplificou o palestrante Valdir Pignatta e Silva, diretor da Associação Luso-Brasileira para a Segurança contra Incêndio) e professor da Escola Politécnica da USP. Em sua exposição, ele deu exemplos de dimensionamentos com e sem compartimentação vertical.

Entende-se, portanto, como as condições de laboratório buscam replicar as condições reais, na medida em que a compartimentação é requerida no projeto das edificações, como medida de segurança contra incêndio. Todavia, cada incêndio real tem suas próprias características específicas, que podem ou não ser mais rigorosas do que as condições normalizadas do ensaio de



resistência ao fogo. Além disso, por mais que as pesquisas procurem modelar o comportamento das estruturas de concreto em situação de incêndio, este é complexo e depende de conjunto de fatores que, nem sempre, podem ser previstos ou controlados, como “o tamanho e altura da edificação, a intensidade, extensão e localização do incêndio, o arranjo estrutural e os tipos de elementos estruturais usados na edificação”, ponderou o Prof. Marcelo de Araújo Ferreira.

O Prof. Marcelo Ferreira expôs no Seminário alguns dos princípios e recomendações dos manuais da fib (Federação Internacional do Concreto), do PCI (Instituto do Concreto Pré-moldado) e da EN 1168 para os projetos de estruturas pré-moldadas de concreto, que foram adotados na norma brasileira ABNT NBR 9062 Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado, na seção dedicada ao assunto. Ele abordou o método tabular para lajes alveolares e para painéis maciços e a redução da resistência ao esforço cortante no projeto dessas estruturas. Segundo ele, essas recomendações foram embasadas num amplo programa experimental conduzido de 2011 a 2013 pelo Centro de Estudos e Pesquisas da Indústria do Concreto (CERIB), pela Associação Internacional de Lajes Alveolares (IPHA) e pelo Comitê Internacional de Manufatura do Concreto (BIBM), com o intuito de melhorar as especificações das lajes pré-fabricadas alveolares para situação de incêndio.

PESQUISAS SOBRE ESTRUTURAS EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO

Estudos experimentais de estruturas de concreto em situação de incêndio têm sido feitos também nas universidades brasileiras. Existem atualmente no país nove grupos de pesquisa na área. Esses grupos têm procurado entender os efeitos de altas temperaturas nos materiais de construção (como o concreto reforçado com fibras), simular os efeitos da exposição diferencial ao calor nas estruturas (efeitos das tensões térmicas), estudar o comportamento de membrana de lajes (compartimentação vertical) e o deslocamento em alvenarias (explosivo ou não), bem como a dinâmica do incêndio e os efeitos da compartimentação das estruturas, entre outros temas.

O Prof. Bernardo Tutikian apresentou alguns dos estudos acadêmicos que vêm sendo desenvolvidos no laboratório de resistência ao fogo da Universidade do Rio dos Sinos (Unisinos), como os ensaios de pilares de concreto

armado e de painéis de concreto em situação de incêndio. Um dos resultados apresentados foi o da diferença nas temperaturas de um pilar de concreto armado com 45% de sua seção transversal submetida ao fogo num ensaio padrão: para um dos traços de concreto analisado, na face exposta a temperatura atingiu 700°C, mas na face oposta, a cerca de 10 cm, ela não passou de 40°C. Outro estudo, que comparou painéis de concreto protendido, armado ou reforçado com fibras, com 30 MPa, submetidos ao fogo, mostrou que em apenas 18 minutos o painel de concreto protendido teve suas propriedades de estabilidade, estanqueidade e isolamento térmico comprometidas, situação atingida após os 177 minutos e 180 minutos pelos painéis de concreto reforçado com fibras e concreto armado, respectivamente.

O palestrante Carlos Britez, da Britez Consultoria, apresentou em primeira mão alguns dos resultados preliminares de sua pesquisa de pós-doutorado na Escola Politécnica da USP sobre o desempenho de diferentes tipos de revestimentos antifogo aplicados em elementos de concreto armado. Diferentes revestimentos (gesso liso, gesso projetado, gesso formulado, argamassa industrializada, argamassa comercial e tinta intumescente) foram aplicados a esses elementos, especialmente preparados com termopares, para, com um ano de idade, serem submetidos ao ensaio de incêndio em forno de grande porte, com sistema de queimadores a gás natural, sob a curva ISO 834 por 120 minutos. Os resultados



Prof. Bernardo Tutikian em sua palestra no Seminário



Eng. Rogério Lin apresentando a certificação de produtos para proteção passiva

desses ensaios foram comparados entre si e em relação ao elemento de referência, sem revestimento. Além de confirmarem os dados da literatura sobre revestimentos de argamassa com eficiência equivalente ao concreto, mostraram que o cobrimento de 1,5 cm de espessura foi capaz de fazer a temperatura na armadura não ultrapassar os 600°C.

As vantagens e desvantagens dos tipos de proteção passiva das estruturas, como a tinta intumescente e a argamassa projetada, foram apresentadas pelo presidente da Associação Brasileira de Proteção Passiva (ABPP), Eng. Rogério Lin, que assinou com o IBRAÇON um termo de cooperação técnica para a disseminação de conhecimento e informações sobre o assunto.

RAZÕES PARA O COLAPSO DO WILTON PAES DE ALMEIDA

Por fim, coube ao Prof. Paulo Helene conjecturar sobre as prováveis causas do colapso do edifício Wilton Paes de Almeida, em razão de seu incêndio.

Se, por norma, as estruturas de concreto em situação de incêndio devem manter sua estabilidade, estanqueidade e isolamento térmico durante, pelo menos, 90 minutos, para garantir a evacuação do prédio por seus moradores, por que isto não aconteceu no Wilton Paes de Almeida, que desabou 80 minutos após seu incêndio?

Como apresentado anteriormente a especificação do TRRF de 90 minutos se deu em norma publicada em 2001, mais de quarenta anos após a construção do Wilton Paes de Almeida, sendo ainda que tal especificação refere-se ao tempo obtido em ensaio de laboratório, em

condições controladas, de uma estrutura de concreto armado, não ao tempo real que um edifício, sob incêndio descontrolado e com dinâmica complexa, deve manter suas características de segurança.

As análises experimentais e teóricas feitas pela equipe coordenada por Helene, por conta do termo firmado entre o IBRAÇON e a Prefeitura de São Paulo, apontaram que as temperaturas no prédio devem ter sido inferiores a 600°C e que a espessura calcinada não passou de um centímetro, não atingindo, assim, as armaduras de aço. Esses dados descartam as hipóteses de que as armaduras das estruturas perderam sua resistência.

Outros resultados dessas análises apontaram, segundo projeto estrutural hipotético, já que o projeto original não foi localizado pela equipe técnica do IBRAÇON, que os pilares foram bem dimensionados conforme a norma brasileira para dimensionamento de concreto vigente à época da construção, que a resistência do concreto era de 15 MPa e seu módulo de elasticidade dinâmico era de 27 GPa, sendo a profundidade de carbonatação no pilar analisado de apenas 3 cm. Essas observações afastam quaisquer hipóteses relacionadas a problemas no projeto estrutural e na sua execução.

A conclusão da equipe, baseada em simulações dos deslocamentos últimos na edificação em função das variações térmicas nos seus elementos estruturais, foi de que essas variações de temperatura nos pilares da caixa do elevador devem ter provocado o aumento em mais de dez vezes dos momentos nesses pilares, em relação aos momentos resultantes das cargas verticais, o que levou ao rompimento do poço do elevador, provocando a ruína do prédio.

Para o Prof. Helene, a maior lição que os engenheiros devem tirar do colapso do Wilton Paes de Almeida é que “não devemos desprezar ou minimizar a ação do fogo nas estruturas de concreto”. No final de sua palestra, ele deixou as recomendações de que os projetos devem sempre buscar estar em consonância com as normas técnicas vigentes e devem pecar pela redundância e pela robustez, além de fazerem uso dos sistemas de proteção ativa e passiva disponíveis.

“Projetar estruturas é complexo e requer estar muito bem preparado, em especial projetar estruturas não simétricas e arrojadas requer análise abrangente, sistêmica e holística levando em conta todas as possibilidades de esforços atuantes”, finalizou Helene.

Seminário debateu iniciativas para a qualidade das construções em concreto

FÁBIO LUÍS PEDROSO

Concorrem para a qualidade de uma obra de concreto diferentes atores. O escritório de projeto é encarregado de encontrar a melhor solução estrutural para o projeto arquitetônico da obra, definindo requisitos técnicos no projeto estrutural para assegurar sua capacidade portante, seu desempenho em serviço e sua durabilidade. De posse do projeto estrutural, a construtora, que detém o saber-fazer para transformar o projeto numa realidade, contrata, por um lado, a concreteira, que irá produzir o concreto sob medida para atender aos requisitos do projeto, e, por outro, o laboratório de controle tecnológico, que irá certificar o concreto fornecido, assegurando que ele possui os parâmetros técnicos requeridos no projeto. Por sua vez, esses agentes são subordinados às normas técnicas em vigor, que buscam regular suas atividades para o que consensualmente deve ser o padrão mínimo de qualidade para cada segmento mobilizado na construção de uma obra.

Esse processo da qualidade das obras de concreto se complexifica à medida que detalhamos suas etapas, os profissionais envolvidos e suas relações. O projetista estrutural, baseado em premissas numéricas de atuação de cargas numa estrutura, estipula, por exemplo, requisitos de resistên-

cia à compressão aos 28 dias (f_{ck}) e de módulo de elasticidade do concreto para fazer frente a essas cargas. Cabe, por sua vez, ao tecnólogo fazer o estudo de dosagem do concreto, escolhendo os tipos e definindo as quantidades de agregados graúdos e miúdos, de cimento, de aditivos, de adições e de água, para que esse concreto atenda às especificações técnicas do projeto. Acontece, porém, que todo e qualquer concreto produzido segue uma lei estatística de distribuição das frequências de suas resistências à compressão (curva de Gauss). Sendo assim, o parâmetro que importa no controle da qualidade do concreto, estabelecido por norma técnica, é a resistência característica à compressão aos 28 dias. Esse parâmetro estipula que 95% de todos os resultados obtidos com os ensaios à compressão dos corpos de prova que compõem uma amostra de um determinado lote de concreto devem ter valor de resistência à compressão aos 28 dias acima do f_{ck} de projeto. Quem realiza esses ensaios, compila seus resultados e verifica que eles atendem ao f_{ck} é o laboratorista, ao fazer o controle de recebimento do concreto na obra. O ponto crítico nesse processo é que a informação de que um determinado lote de concreto não atendeu o f_{ck} , ou seja, não estava em conformidade com esse parâmetro de projeto, é obtida apenas 28 dias após sua aplicação, porque o concreto é um material que ganha resistência com o tempo, em razão das reações de hidratação que acontece nele. Sendo assim, o engenheiro da obra, ao se constatar que esse lote de concreto em não conformidade foi aplicado num elemento estrutural, como um pilar, por exemplo, deverá consultar o projetista para se assegurar do impacto que isto terá sobre a segurança da obra. Dependendo dos cálculos, o projetista poderá aprovar essa aplicação, ou poderá pedir para reforçar o pilar, ou poderá solicitar ainda a demolição desse pilar e sua reconstrução.

Para debater essas e outras questões relacionadas ao

Auditório lotado na palestra do Prof. César Daher



controle tecnológico do concreto foi promovido no 60º Congresso Brasileiro do Concreto o Seminário “Laboratórios na garantia da qualidade do concreto e construção”, no dia 20 de setembro, em Foz do Iguaçu, numa parceria entre o Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON) e a Associação Brasileira das Empresas de Tecnologia da Construção (ABRATEC).

GESTÃO TECNOLÓGICA DA OBRA

Para o diretor de eventos do IBRACON e diretor do Instituto IDD, Prof. César Daher, que palestrou no Seminário, o processo da qualidade do concreto não consiste apenas no controle tecnológico de sua resistência característica à compressão (f_{ck}) ou do seu módulo de elasticidade, mas requer outras atividades de controle e supervisão, como a verificação do abatimento do concreto fresco, os cuidados para que o cobrimento das armaduras obedeça o estipulado na norma técnica ABNT NBR 6118:2014 para assegurar a durabilidade da obra, a checagem da não ocorrência de ninhos de concretagem e desalinhamento de pilares, entre outras medidas. Por isso, é imprescindível a colaboração entre o tecnólogo e o projetista desde o início do projeto estrutural, no sentido de determinar o melhor concreto e sua correta aplicação numa obra, especificando não apenas os traços do concreto, mas os estudos de dosagem e os programas de ensaios para assegurar a otimização no uso dos materiais e o desempenho satisfatório e duradouro das estruturas de concreto. “Em tempos de BIM (*Building Information Modeling*), o controle tecnológico do concreto deu lugar à gestão tecnológica da obra, envolvendo uma variedade de atividades, que vai desde a definição do escopo do controle, o tipo de amostragem e o plano de ataque da concretagem, passando pelos ensaios, como os de resistência à compressão, módulo de elasticidade, cálculo térmico e outros, e chegando à rastreabilidade dos lotes de concreto e ao controle do cobrimento das armaduras pela capa de concreto e de outros requisitos necessários para a qualidade final da obra”, complementou.

“Essa gestão tecnológica não se restringe à execução do projeto”, complementou o coordenador do Seminário e pale-

trante no evento, o Eng. Egydio Hervé Neto. “Mas se estende para a manutenção da obra, durante sua fase de uso, na medida em que a qualidade das obras de concreto é composta pelos requisitos técnicos de capacidade resistente, desempenho em serviço e durabilidade”, justificou Hervé.

Na fase de construção, o laboratório de controle tecnológico concorre para estabelecer a curva real das resistências diárias à compressão do concreto (f_{ck}), por meio da moldagem de corpos de prova a partir de amostras dos lotes de concreto e de seu rompimento aos 3, 7, 14, 20, 28 e 63 dias. Essa curva real é confrontada com a curva teórica de resistências diárias, dada no projeto, que define os momentos nos quais as fôrmas e os escoramentos poderão ser movidos e retirados. “A norma ABNT NBR 14931 Execução de estruturas de concreto estabelece que as fôrmas e escoramentos não podem ser removidos enquanto o concreto não atingir a resistência especificada em projeto para isto. Quem faz esse controle são os laboratórios”, destacou Egydio.

Já, na fase de manutenção, o laboratório participa do controle dos materiais e dos procedimentos adotados para manter ou restaurar as condições adequadas de uso de uma obra por seus usuários e para garantir sua durabilidade ou prolongar sua vida útil. A inspeção e manutenção periódicas de prédios, por exemplo, são procedimentos necessários para assegurar sua vida útil, regulados pela ABNT NBR 5674 Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção. Segundo Hervé, a manutenção deve guiar-se por uma “lógica de controle de custos e maximização da satisfação dos usuários, frente às condições apresentadas pela edificação, que fica a cargo do engenheiro civil e do laboratório de controle da qualidade”.

MESA-REDONDA

Na mesa-redonda que se formou após as palestras, outras questões envolvendo a gestão tecnológica e a qualidade das construções foram levantadas e debatidas por seus integrantes e pelo público presente, cerca de 300 profissionais e estudantes, inscritos no 60º CBC.

O Eng. Jorge Batlouni Neto, diretor da Tecnum Construtora, reclamou da ausência de um rigoroso controle tecnológico em muitas concreteiras brasileiras. Ele citou a mudança no traço do concreto fornecido para uma mesma obra pela troca do tipo cimento, sem qualquer aviso prévio ao construtor. “Em muitos desses casos, isto faz com que o concreto não endureça a uma temperatura de 20°C, provocando atrasos na execução da obra”, exemplificou. “No exterior, o controle tecnológico do concreto é de responsabilidade da concreteira”, contrapôs Batlouni.

Sobre isto, o presidente da Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem (Abesc), Eng. Jairo Abud,

Eng. Egydio Hervé Neto em sua apresentação no Seminário



informou que no Brasil existem em torno de 650 concreteiras, mas que apenas 300 delas possuem engenheiro tecnólogo responsável pelo traço do concreto fabricado. “O mercado brasileiro avalia apenas o preço do produto, sem levar em consideração a capacidade técnica da empresa”, desabafou. Para ele, o laboratório de controle tecnológico deve atuar para auxiliar o construtor no processo de compra do concreto.

Com Jairo Abud concordou o diretor do Grupo Falcão Bauer, Eng. Roberto Bauer, para quem o critério de escolha dos fornecedores tem um impacto importante na qualidade final da construção. Jorge Batlouni foi além, propondo a certificação das concreteiras nos moldes da certificação dos laboratórios de controle tecnológico. O processo de certificação dos laboratórios foi explicado pelo diretor da ABRATEC e diretor de certificação do IBRACON, Eng. Gilberto Giuzio.

“Uma questão que se coloca nesta discussão é a da significativa variabilidade dos percentuais de adições pozolânicas e de escória permitidas para um mesmo tipo de cimento. Embora esta variação esteja dentro da norma, isto afeta a dosagem experimental e compatibilização com os aditivos. O tecnólogo, ou a concreteira, faz o estudo de dosagem e compatibilização com os aditivos para um cimento CP III ou CP IV, com x% de adição e, durante a obra, as cimenteiras podem variar o percentual de adições em valores que podem chegar ao dobro, no caso do CP III, ou a mais que o dobro no caso CP IV. Isto afetará a qualidade do concreto produzido e, portanto, aumenta a importância do controle tecnológico.” entreviu o mediador da Mesa-Redonda, Prof. Enio Pazini Figueiredo.

“A variabilidade na composição de cimentos compostos acontece em todo mundo. As faixas de variação são previstas em normas. É o comprador quem deve exigir as especificações do cimento mais adequadas para seu concreto e sua obra”, rebateu a superintendente do Comitê Brasileiro de Cimentos, Concreto e Agregados da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT/CB-02), Eng^a Inês Battagin, que assistia ao debate entre os integrantes da Mesa-Redonda. “Além disso, o ensaio de controle de recebimento do concreto deve ser feito pelo comprador”, complementou.

Outra questão associada aos concretos produzidos pelas concreteiras brasileiras foi a dos concretos sem conformidade com as especificações do projeto estrutural. “Avolumam-se resultados de ensaios contratados pelas grandes construtoras do eixo Rio-São Paulo que indicam a não conformidade dos concretos entregues pelas concreteiras nas obras. Será que este problema está associado ao ensaio nos laboratórios ou à produção do concreto pelas concreteiras?”, questionou o presidente da Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural (Abece).



Jairo Abud, Inês Battagin, Jefferson Dias, Egydio Hervé Neto, Gilberto Giuzio, Roberto Bauer, Raphael Holanda e Enio Pazini assistem, na primeira fila, a palestra no Seminário

Para o diretor da Holanda Engenharia, Eng. Raphael Holanda, a acreditação do laboratório de controle tecnológico o gabarita a verificar as especificações do concreto produzido pelas concreteiras.

Segundo Roberto Bauer, um programa de ensaios realizado recentemente no Grupo Falcão Bauer com 300 corpos de provas moldados a partir de lotes de concreto vindos de diferentes concreteiras atestou que apenas 2,5% dos resultados dos ensaios tinham valores abaixo dos valores de resistência característica à compressão dos projetos para os quais foram contratados. “O programa atestou que os concretos produzidos no país são conformes”, concluiu.

Na avaliação de Jairo Abud o problema da não conformidade do concreto está associado ao não cumprimento das normas técnicas e à falta de fiscalização das pequenas concreteiras. Ele defendeu mudança na normalização e na legislação brasileira para a modernização das concreteiras no país, como a maior diversificação das centrais misturadoras frente às centrais dosadoras (tema que foi debatido em um outro seminário do 60° CBC) e a incorporação de novas tecnologias no concreto que informem algumas de suas características ao comprador no momento de sua chegada à obra, como sua consistência e seu abatimento.

Os debatedores foram unânimes em apontar para a importância de se seguir as normas técnicas para garantir a qualidade da construção na cadeia produtiva do concreto. Eles foram convidados pela engenheira Inês Battagin a participar das comissões de estudos da ABNT, inclusive por vídeo conferência, e a contribuir com a proposição, revisão e atualização de normas técnicas brasileiras.

Qualidade do concreto de centrais dosadoras e misturadoras foi debatida em mesa-redonda

FÁBIO LUÍS PEDROSO

Com a maior aplicação de concretos com maiores resistências à compressão no país e de concretos especiais (autoadensável, com fibras, alto desempenho, etc.), alguns profissionais do setor de construção têm perguntando se é possível entregar esses concretos na obra com a qualidade necessária. A principal questão levantada é: caminhões betoneira, adequados para fazer a mistura dos materiais constituintes do concreto convencional, podem entregar uma mistura homogênea e uniforme de concretos especiais?

Essa questão é relevante quando se constata que de fato no Brasil a maior parte do concreto distribuído por concretoras, que perfaz apenas 17% da produção nacional, provém de centrais dosadoras, modelo de produção no qual os materiais constituintes do concreto são proporcionados dentro do caminhão betoneira, que realiza a mistura desses constituintes enquanto faz o transporte do concreto. Em contrapartida, na Europa e nos Estados Unidos, a produção do concreto industrializado, que perfaz 80% e 70% da produção, respectivamente, é dividida entre centrais dosadoras e centrais misturadoras, sendo que nessas últimas a mistura dos materiais constituintes do concreto é feita no misturador, uma máquina dotada de eixos, pás e motor elétrico de alta rotação. Na visão dos profissionais que têm questionado a



Palestra do Prof. Paulo Helene é assistida pelo público presente na Mesa-Redonda e pelos coordenadores Prof. Bernardo Tutikian e Profª Maira Ott (mesa)

qualidade dos concretos produzidos no país, o misturador, por ter maior velocidade de rotação, conseguiria produzir misturas convencionais e de alta resistência mais homogêneas e, conseqüentemente, com maior qualidade técnica.

O tema é polêmico e, para enfrentá-lo, o IBRACON promoveu a Mesa-Redonda “Centrais Dosadoras x Centrais Misturadoras” no seu fórum nacional de debates sobre o concreto, o 60º Congresso Brasileiro do Concreto, realizado em Foz do Iguaçu, de 17 a 21 de setembro. A Mesa-Redonda foi coordenada pelos professores da Universidade do Rio dos Sinos (Unisinos), Bernardo Fonseca Tutikian e Maira Janaína Ott, e dedicada à memória do Eng. Arcindo Vaquero y Mayor, recentemente falecido e que seria um dos palestrantes no evento.

As centrais misturadoras foram apontadas como tendo algumas vantagens sobre as centrais dosadoras. Segundo



o Eng. Carlos José Massucato, da Intercement, o programa de desempenho operacional da empresa tem mostrado que as centrais misturadoras promovem uma maior homogeneidade do concreto, com maior sinergia entre os aditivos, num menor tempo de mistura, em relação às centrais dosadoras. Além disso, “há a garantia do controle interno do produto, com o controle exato de água que entra no concreto, sem necessidade de ajuste no canteiro de obras”, apontou.

Para Tutikian, outra vantagem é a automatização de todo o processo de produção de concreto e argamassa, o que garantiria a uniformidade do traço do concreto.

As desvantagens das centrais misturadoras seriam seu maior custo de investimento e operação, bem como a restrição de volume por amassada. Essas desvantagens explicariam por que existem poucas centrais misturadoras no Brasil, em geral concentradas nas empresas de pré-fabricados de concreto, em razão das especificidades do processo de produção. “Os custos de implantação e de operação não são compensados no longo prazo pela economia obtida com o menor consumo de cimento para a produção de concretos com a mesma resistência à compressão”, justificou o presidente da Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem (Abesc), Eng. Jairo Abud, que palestrou no evento. “Outra desvantagem competitiva são os juros mais altos que incidem sobre o concreto produzido em central misturadora relativamente ao concreto dosado em central no país”, adicionou.

QUALIDADE DOS CONCRETOS

Todavia, se há diferenças do ponto de vista dos negócios e da eficiência produtiva, elas existiriam do ponto de vista técnico? Isto é, existem diferenças de qualidade entre os concretos produzidos pelas centrais dosadoras e misturadoras?

Os palestrantes foram unânimes em responder que não! Na argumentação do diretor da PhD Engenharia e professor aposentado da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Prof. Paulo Helene, se para o cientista as resistências à compressão de um lote de produção de concreto obedecem a uma curva de frequência de Gauss devido à microestrutura do material, para o engenheiro civil es-

sas diferenças não importam, por uma questão prática. Isto porque, por norma técnica, o parâmetro que importa no controle tecnológico do concreto é sua resistência característica à compressão (f_{ck}), definida como valor acima do qual devem estar 95% dos resultados de corpos de prova submetidos aos 28 dias ao ensaio de resistência à compressão, para que o lote seja considerado em conformidade.

Os palestrantes Maurício Bianchini, da Votorantim Cimentos, e Carlos Massucato, da Intercement, trouxeram dados preliminares dos estudos comparativos feitos por cada uma das empresas entre suas centrais misturadoras e dosadoras. Nos estudos da Votorantim, o desvio-padrão ficou em 2,7 MPa para o concreto produzido em suas centrais misturadoras e em 3 MPa para o concreto produzido em suas centrais dosadoras. Já, no programa da Intercement, o desvio-padrão foi de 2,4 MPa para o concreto de suas centrais misturadoras e de 3,1 MPa para o concreto de suas centrais dosadoras.

“Estudos comparativos entre os concretos produzidos em central dosadora e central misturadora têm apresentado valores de médias de resistência à compressão, de desvios-padrão e de coeficientes de variação muito próximos, a despeito do concreto da central misturadora consumir cerca de 9% menos cimento em relação ao concreto da central dosadora, para um mesmo f_{ck} ”, enfatizou o Prof. Paulo Helene. “Essas pequenas diferenças não são suficientes para impactar a qualidade final desses concretos. A maior prova disso são as obras de referência em concreto que temos espalhadas pelo país”, concluiu.



Eng. Jairo Abud responde a questionamentos do público

Seminário orientou profissionais quanto às boas práticas construtivas

FÁBIO LUÍS PEDROSO

A qualidade das obras de concreto é aferida pelo atendimento aos requisitos de segurança, desempenho em serviço e durabilidade. No entanto, atualmente não é raro se ver obras recém-entregues com patologias, como fissuras, umidade, corrosão, entre outras, que podem afetar sua segurança, desempenho e vida útil. Em diversas vezes, esses problemas poderiam ter sido evitados se todas as medidas necessárias na execução tivessem sido tomadas pelo engenheiro responsável pela obra.

Para abordar os problemas mais frequentes e os cuidados a serem tomados para evitá-los, durante a execução das es-

truturas de concreto, foi realizado no 60º Congresso Brasileiro do Concreto, maior evento técnico-científico nacional sobre o concreto, que reuniu os profissionais do setor construtivo e os estudantes de engenharia civil, arquitetura e tecnologia, de 17 a 21 de setembro, em Foz do Iguaçu, o Seminário “Boas Práticas na Execução das Estruturas de Concreto”.

econômica e segura do projeto executivo. Este foi o recado deixado pelo Eng. Ércio Thomaz aos mais de 100 participantes, que lotaram a sala do Centro de Convenções onde ocorreu o Seminário. Segundo ele, esse planejamento deve prever o tipo de fornecimento do concreto, do sistema de fôrmas e cimbramentos e das armaduras para a obra, bem como a forma de transporte, lançamento, adensamento, acabamento e processo de cura desse concreto, entre outras providências.

Thomaz detalhou cada etapa da execução da estrutura de concreto. Lembrou que na montagem das fôrmas é importante se certificar de seu alinhamento, nivelamento e estanqueidade. Na montagem das armaduras, atenção deve ser dada às emendas das barras e aos espaçadores. Na concretagem, é obrigatório assegurar os cobrimentos mínimos das armaduras (definidos por norma e especificados em projeto!), fazer o controle dos lotes do concreto na estrutura de forma a permitir rastreamento, bem como a moldagem de corpos de prova para os ensaios de resistência à compressão e módulo de elasticidade de cada lote. Após a concretagem, a cura é obrigatória por cinco dias. “As fissuras em lajes e pavimentos podem ter origem no uso inadequado do sistema de fôrmas e escoramentos, como sua retirada antes do prazo definido por norma. Já as corrosões de armadura em peças de fachadas podem ser resultado de problemas na montagem das armaduras, como, por exemplo, o estribo estar encostado nas fôrmas”, alertou Ercio.

Problemas com umidade e infiltrações podem ser decorrentes de escolhas inadequadas do sistema de impermeabilização e também da especificação inadequada do concreto. Foi o que mostrou a engenheira da Votorantim Cimentos/Engemix, Luana Scheifer. Apresentando um estudo de caso de execução de cortina de contenção de subsolo para uma obra em São Paulo, onde foram usadas simultaneamente duas soluções de impermeabilização (concreto convencional com sistema de manta drenante e concreto de baixa permeabilidade autocatrizante com fita hidroexpansiva), a Eng^a Luana apontou, com base nos estudos e



Eng. Ércio Thomaz em momento de sua palestra no Seminário

truturas de concreto, foi realizado no 60º Congresso Brasileiro do Concreto, maior evento técnico-científico nacional sobre o concreto, que reuniu os profissionais do setor construtivo e os estudantes de engenharia civil, arquitetura e tecnologia, de 17 a 21 de setembro, em Foz do Iguaçu, o Seminário “Boas Práticas na Execução das Estruturas de Concreto”.

Tão importante quanto o projeto executivo completo e bem formulado, que indicará aos responsáveis pela execução da obra o que deve ser feito, é o planejamento e o projeto de produção da obra, que visam garantir a execução mais racional,

ensaios realizados, a superioridade da solução com o concreto especial. Este foi capaz de reduzir em 90% a penetração interna máxima de água, em mais de 50% a ascensão capilar de água e em 150% a absorção de água na estrutura executada.

SEGURANÇA NO CANTEIRO

Com o lema de que o trabalho em condições seguras é mais produtivo, o coordenador do Seminário e do vice-presidente de Tecnologia e Qualidade do Sindicato da Construção de São Paulo (Sinduscon-SP), entidade promotora do Seminário juntamente com o IBRACON, o Eng. Jorge Batlouni, diretor da Tecnum Construtora, apresentou exemplos práticos para a redução de acidentes no canteiro de obras. Dentre esses, incluem-se o uso de passarelas de acesso, linhas de vida, bandejas primárias e secundárias de proteção, proteção das pontas das barras de aço, redes no sistema SLQA (Sistemas Limitadores para Queda em Altura), telas, sistemas de escoramento, organização e limpeza do canteiro, entre outros.

Ele também apresentou e explicou alguns dos artigos da Norma Regulamentadora NR 18, que regula as condições e o meio ambiente do trabalho na construção civil. Entre outras coisas, a NR 18 obriga que em todo perímetro da construção de edifícios seja instalada plataforma principal de proteção na altura da primeira laje acima do térreo e que, partir desta, sejam instaladas plataformas secundárias, em balanço, de três em três lajes. “Além disso, é obrigatória, na periferia da edificação, a instalação de proteção contra queda de trabalhadores e contra a projeção de materiais, a partir do início dos serviços de concretagem da primeira laje”, adicionou o Eng. Batlouni.

O palestrante também comentou sobre o uso da linha de vida, cabo de aço ou corda, horizontal ou vertical, que conecta o mosquetão do cinturão de segurança do profissional que trabalha em altura. Esse assunto foi tema de uma publicação da Câmara Brasileira da Indústria da Construção.

CONTROLE DE QUALIDADE DO CONCRETO DA OBRA DO LABORATÓRIO DE GERAÇÃO NUCLEOELÉTRICA DA MARINHA DO BRASIL

Obra exemplar do ponto de vista da segurança, a execução de algumas das estruturas do Laboratório de Geração Nucleoelétrica da Marinha do Brasil (Labgene), conjunto de prédios onde está sendo desenvolvido o projeto de construção do primeiro submarino nuclear brasileiro, foi tema da palestra do Eng. Carlos Roberto Gomes do Amaral, do Centro Industrial Nuclear de Aramar, em Iperó, em São Paulo.

O Eng. Amaral detalhou os procedimentos de execução das estruturas de concreto armado dos prédios auxiliares, do com-



bustível, do reator, da subestação e da chaminé de exaustão, com vistas a assegurar a segurança nuclear, conjunto de medidas técnicas incluídas no projeto, construção, manutenção e operação de uma instalação nuclear, visando evitar a ocorrência de acidente ou de minimizar suas consequências.

Ele apresentou os estudos de traços do concreto e os relatórios de ensaios de seus insumos, realizados juntos às concretoras fornecedoras da obra por empresa especializada, para atender às condições de projeto. A execução deve contemplar solução para as altas taxas de armadura (de até 270 kg/m³), as características específicas do concreto (valores de resistência característica à compressão de 30 MPa e 50 MPa,



Eng. Jorge Batlouni sendo assistido por participantes do Seminário

para concretos autoadensáveis de classe IV de agressividade), a minimização da fissuração e a complexidade das etapas de concretagem (que envolveram volumes que variaram de 900 a 2600 metros cúbicos). Em razão disso, foram monitoradas as temperaturas das concretagens da fundação do prédio auxiliar, para que as essas não ultrapassassem os 40°C. “Quando a tensão solicitante atingiu 0,8 vezes a tensão resistente, tomamos o cuidado para que a armação horizontal no sentido transversal fosse no mínimo 9,5cm²/m”, explicou Amaral em relação aos cuidados tomados na fase de execução.

O resultado dos ensaios de controle das concretagens indica resistências médias à compressão acima das resistências características, com pequenos desvios-padrão (entre 3 MPa e 5,2 MPa).

Com o Seminário, IBRACON e Sinduscon puderam contribuir para disseminar as melhores práticas na execução de estruturas de concreto no país.

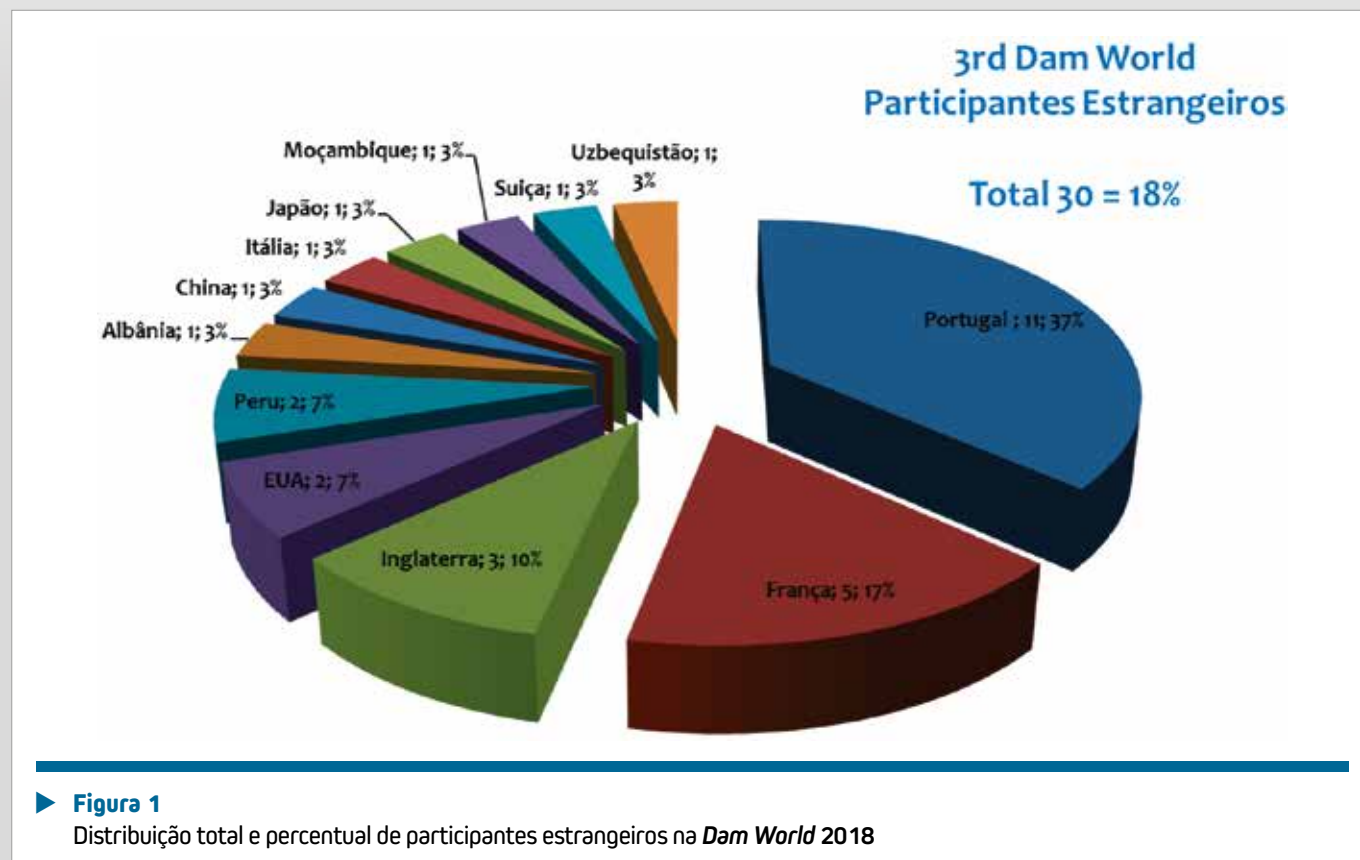
Conferência debate segurança operacional de barragens e conciliação de aspectos econômicos, sociais e ambientais em seu projeto e construção

FÁBIO LUÍS PEDROSO

A Conferência Internacional sobre Barragem (*Dam World 2018*) é evento científico mundial promovido trienalmente pelo IBRACON e pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), de Portugal. Iniciado em 2012, neste ano, a *Dam World 2018*, em sua terceira edição,

foi realizada como evento paralelo do 60º CBC, contando com a participação de 188 profissionais, sendo a maioria deles (82%) brasileiros.

A abertura da 3ª Conferência Internacional de Barragens aconteceu no dia 17 de setembro, no Mirante Central



da Usina de Itaipu, contando com a presença do diretor administrativo de Itaipu Binacional, Eng. João Pereira, representando o diretor técnico, Mauro Corbellini, o presidente do LNEC, Eng. Carlos Pina, o presidente do IBRACON, Eng. Julio Timerman, e os coordenadores da *Dam World 2018* e ex-presidentes do IBRACON, Prof. Tulio Bitencourt e José Marques Filho.

“Este é um evento internacional sobre barragens e Itaipu continua sendo uma obra icônica da engenharia brasileira. Nada mais justo apresentar para o mundo esta maravilha”, ponderou Julio Timerman no seu pronunciamento na solenidade de abertura, para completar: “Os profissionais que estão aqui presentes são os mais renomados do mundo na área de barragens”.

A Comissão Científica da *Dam World 2018*, formada por 54 membros, recebeu 216 resumos e aprovou 152 trabalhos técnico-científicos. No evento, foram apresentados 110 desses trabalhos (72% dos artigos aprovados) sobre os temas: monitoramento e instrumentação de barragens, barragens de concreto e de alvenaria, análise e projeto de barragens, avaliação da segurança de barragens, modelagem de barragens, estabilidade, avaliação de risco, pequenas barragens, concreto compactado com rolo, sistemas de gerenciamento de barragens, operação e manutenção de barragens, entre outros.

Os destaques da programação foram as conferências plenárias com especialistas nacionais e estrangeiros sobre os assuntos mais prementes para a comunidade de barrageiros. O secretário de pesquisas e ex-presidente do LNEC (2005-2010), Eng. Carlos Matias Ramos, parafraseando o protagonista shakespeariano Hamlet, provocou o auditório de aproximadamente 200 congressistas,



Presidente do IBRACON, Eng. Julio Timerman, faz seu pronunciamento na abertura da *Dam World 2018*

ao perguntar: *Dam ou not to dam?* (construir ou não uma barragem?). Sua palestra apresentou os desafios mundiais do século XXI (maior suprimento de energia, água e alimentos para uma crescente população mundial, bem como controle de inundações e mitigação dos efeitos de secas mais frequentes e intensas devido às mudanças climáticas) e como a construção de barragens pode contribuir para superar esses desafios. Segundo ele, a decisão para construção de barragens com vistas a resolver o suprimento de água, energia e alimentos e a contenção de inundações e dos efeitos das secas numa localidade deve ser baseada em processos transparentes, bem-informados e descentralizados, envolvendo todas as partes interessadas no assunto e buscando a aceitação pública por soluções técnicas balanceadas, nas quais os benefícios e os impactos econômicos, sociais e ambientais são criteriosamente avaliados.

A usina hidrelétrica de Belo Monte, no rio Xingu, em Altamira, no Pará, foi apresentada pelo superintendente de construção da Norte Energia, Eng. Oscar Machado Bandeira, como solução técnica que concilia os aspectos econômicos, sociais e ambientais. Formada por dois barramentos (barragem em Pimental, com seis unidades geradoras e volume de concreto de aproximadamente 700 mil metros cúbicos, e barragem em Belo Monte, com 18 unidades geradoras e volume de concreto de



Eng. Carlos Matias Ramos em momento de sua palestra na *Dam World 2018*



Eng. Oscar Machado Bandeira apresentando os desafios da construção da Usina de Belo Monte

aproximadamente dois milhões e duzentos metros cúbicos), um canal de desvio do rio de 16 km e 28 diques somando 17 km, a Usina Hidrelétrica de Belo Monte tem capacidade instalada de 11.233 MW. Seu reservatório tem área 60% menor do que o inicialmente projetado, com área inundada de 478 km², sendo 274 km² composta pelo leito do rio Xingu. Isto perfaz 0,04 km² por MW instalado, um dos índices mais baixos do Brasil, com média de 0,49 km²/MW. Segundo Bandeira, “o projeto da usina tomou as medidas necessárias para evitar a inundação de terras indígenas, que permanecem intocadas”. Além disso, segundo o palestrante, o projeto da usina criou soluções técnicas que permitiram a passagem de barcos e peixes pelos barramentos, e buscou o consenso hidrográfico ecológico na Grande Volta do Rio Xingu, com o qual foram conciliados os propósitos de geração de energia e de manutenção dos serviços ecossistêmicos



Eng. Étore Funchal de Faria é assistido por participantes da Dam World 2018

(capazes de assegurar a manutenção da biodiversidade e das condições de vida locais).

O pesquisador da BC Hydro, companhia canadense de energia elétrica, Eng. Desmond Hartford, trouxe para discussão o tema da segurança operacional de barragens. Com base no acidente com os vertedouros da Represa Oroville, barragem de concreto no rio Feather, na Califórnia, nos Estados Unidos, devido às intensas chuvas de fevereiro de 2017, que elevou o nível do reservatório, fazendo suas águas inundarem o vertedouro emergencial e danificarem o vertedouro principal, ele alertou os presentes para a condição de superação das pressuposições atuais que sustentam as melhores práticas no gerenciamento da segurança operacional de barragens. Entre elas, ele destacou que a inspeção visual frequente não é suficiente para identificar riscos nem a conformidade com os requerimentos regulatórios de gerenciamento da segurança de barragens. Para ele, é preciso agregar ao programa de gerenciamento da segurança revisões periódicas completas do projeto, construção e desempenho da barragem, inspeção por equipes especializadas às partes acessórias da barragem (como vertedouros, casa de força etc.) e os resultados das análises dos modos de falhas potenciais (PFMA, na sigla em inglês). “O foco do gerenciamento da segurança de uma barragem deve estar, não no processo de análise de risco, que é sempre incompleto, mas nas características operacionais da barragem e seu reservatório e no monitoramento dos desvios em seu estado operacional, para a pronta intervenção para corrigir esses desvios”, concluiu Hartford.

O programa de gerenciamento da segurança da Usina Hidrelétrica de Itaipu foi tema da palestra do pesquisador do Centro de Estudos Avançados em Segurança de Barragens (Ceasb) do Parque Tecnológico de Itaipu (PTI), Eng. Étore Funchal de Faria.

Itaipu foi construída de 1975 a 2005 no rio Paraná, num trecho que divide o Brasil do Paraguai. Com um reservatório de cerca de 1350 metros quadrados e um vertedouro com capacidade de vazão de 62.200 metros cúbicos por segundo, a usina possui 10 unidades geradoras para cada país, com capacidade instalada de 14 mil megawatts, que contribui com 15% de toda a energia elétrica consumida pelo Brasil.

Segundo Étore, são realizadas por ano 70 mil leituras em cerca de 2800 instrumentos de medição e 5500

drenos em fundação e no concreto da barragem, realizadas por 15 técnicos. Menos de 0,5% dessas leituras precisam de revisão de campo. Para completar o monitoramento, inspeções visuais diárias, regulares e específicas, são realizadas por oito engenheiros experientes. Todos esses dados são objeto de análises de confiabilidade e análises de comportamento estrutural regulares.

A cada quatro anos, um conselho de consultores passa uma semana avaliando relatórios especiais, fazendo inspeções visuais focalizadas e produzindo um relatório contendo recomendações para melhorias das atividades de segurança e intervenções de manutenção preventiva. O Laboratório de Tecnologia do Concreto investiga, por sua vez, o envelhecimento e a durabilidade das estruturas e fundações da usina, por meio de ensaios não destrutivos. Já, o Ceasb realiza estudos que compreendem modelagem 3D de barragens e unidades geradoras, modelo termomecânico e sísmico de blocos de sustentação, interação fluido-estrutura, modelagem de massa de fundação, estudos de restauração do vertedouro, fluência do concreto, entre outros. Alguns desses estudos realizados pelo Ceasb e pelo Laboratório de Tecnologia do Concreto de Itaipu foram apresentados por Étore aos congressistas do *Dam World 2018*.

Foi ainda realizada a Mesa-Redonda sobre Barragens de Rejeitos, com a participação de especialistas do Brasil, do Chile, de Portugal e dos Estados Unidos.

Caius Priscu, diretor de gerenciamento de água e resíduos minerais da Anglo American, em Santiago, no Chile, abordou a governança de barragens de rejeitos,



Momento do Workshop sobre Segurança de Barragens

ênfatisando que competências e treinamento de pessoal continuam sendo prioridades, bem como equipes de longa formação, revisores independentes e disciplinas sobre programas de gerenciamento de barragens em universidades.

Cristina Wincler, diretora técnica de minas e barragens na América Latina da Aecon, apresentou os resultados de estudos de campo e de investigações em laboratório em barragens de rejeitos da companhia.

Joaquim Pimenta de Ávila, da Pimenta de Ávila Consultoria discutiu o programa de monitoramento baseado em riscos de barragens de rejeitos, apresentando seus princípios, seus propósitos, metodologia, instrumentação e resultados.

Por fim, Laura Caldeira, pesquisadora do LNEC, apresentou os tipos de barragens de rejeitos, suas similaridades e diferenças em termos de sua segurança estrutural e gerenciamento operacional, e sua comparação com as barragens de armazenamento de água.

Um Workshop sobre Segurança de Barragens foi oferecido aos congressistas pela Associação Canadense de Barragem (CDA), contando com a participação de 25 inscritos.

Os inscritos na *Dam World 2018* fizeram ainda visitas técnicas às usinas de Itaipu, Yacyretá (Paraguai) e Baixo Iguaçu (Paraná).

A *Dam World 2018* teve o apoio do Comitê Brasileiro de Barragens (CBDB) e da Comissão Nacional Portuguesa de Grandes Barragens (CNPGB).



Eng.ª Laura Caldeira palestra na Mesa-Redonda ao lado de outros painelistas

Concursos integram estudantes e profissionais e agitam Congresso

Durante o 60º Congresso Brasileiro do Concreto, de 17 a 21 de setembro, em Foz do Iguaçu, foram realizadas as competições estudantis Aparato de Proteção ao Ovo, Concrebol, Cocar, Ousadia e Concreto: Quem sabe faz ao vivo, promovidas pelo IBRACON.

O objetivo dos concursos é estimular os alunos a aprenderem mais sobre o concreto, por meio de uma atividade extracurricular que os leva a trabalhar em equipes, a buscar conhecimento teórico com os orientadores e a aplicar esse saber para superar os desafios trazidos pelas competições.

A premiação das três equipes mais bem colocadas em cada concurso e da equipe com o melhor desempenho geral nas competições aconteceu no Jantar de confraternização do 60º Congresso Brasileiro do Concreto. Por seu desempenho no conjunto dos concursos a equipe do Centro Universitário FEI ganhou a medalha CONCRETO IBRACON 2018, bem como foi concedida uma licença estudantil do software da TQS Informática a cada membro da equipe.



Equipe da FEI com a medalha CONCRETO, ao lado do Eng. Alio Ernesto Kimura, da TQS Informática

Para integrar ainda mais os estudantes, foi promovido o jantar *Concrete Lovers*, na casa de shows *Woods*, que contou com a presença do presidente do IBRACON, Eng. Julio Timerman, de seu diretor técnico, Prof. Paulo Helene, e de sua diretora de atividades estudantis, Jéssika Pacheco, além do Arq. Ruy Ohtake e Dr. Pedro Castro, com o patrocínio da Embu, Equilibrata e GP&D.

“É um desafio muito grande, que nos demanda diversas horas ao longo do ano na elaboração dos regulamentos e no esclarecimento de potenciais dúvidas, mas quando vemos tudo acontecendo ali no congresso, percebemos que cada segundo valeu a pena, pois temos a certeza de que estamos contribuindo positivamente com a formação desses alunos, visto que, a cada ano, notamos que as equipes estão evoluindo cada vez mais, atingindo resultados expressivos e de grande superação”, avaliou Jéssika Pacheco.

Conheça a seguir os premiados! As tabelas com os detalhes das pontuações de cada equipe participante nos concursos podem ser acessadas no site www.ibracon.org.br.



Arq. Ruy Ohtake interagindo com estudantes na Woods

Concurso Aparato de Proteção ao Ovo (APO)

A competição desafia os estudantes a projetar e construir um pórtico de concreto armado resistente às cargas crescentes de impacto. O concurso testa a capacidade dos alunos em desenvolver elementos estruturais resistentes a cargas dinâmicas, tirando o máximo proveito das propriedades do concreto armado.

Os pórticos tiveram suas dimensões avaliadas e suas massas determinadas antes dos ensaios. Os aparatos que não atenderam aos requisitos do Regulamento foram desclassificados. Nesta edição, se inscreveram 36 equipes, totalizando 470 estudantes, mas concorreram apenas 28 aparatos.

No ensaio de carregamento dinâmico os pórticos têm

que resistir ao impacto de um cilindro metálico, com 50 mm de diâmetro e massa de 15 kg, solto de

alturas progressivas de um metro a 2,5 metros.

Venceu o concurso a equipe cujo APO suportou a máxima carga (soma das alturas de impacto) antes de o ovo ser danificado (7 pontos). O desempate entre a segunda e terceira colocadas considerou a menor perda de massa após o ensaio.

APO resiste ao impacto da carga dinâmica, protegendo o ovo



1º LUGAR



Eng. Adriano Silva Fortes, da Fortesa, entrega cheque para a equipe vencedora

- **INSTITUIÇÃO**
Centro Universitário FEI
- **PONTUAÇÃO**
7
- **PERDA DE MASSA**
32 g

PREMIAÇÃO APO 2018

2º LUGAR



Equipe da UFPE comemora a segunda colocação

- **INSTITUIÇÃO**
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
- **PONTUAÇÃO**
4,5
- **PERDA DE MASSA**
4 g

3º LUGAR



Equipe da URI com o prêmio pela terceira colocação, ao lado do Eng. Adriano Silva Fortes, da Fortesa

- **INSTITUIÇÃO**
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI) – Campus Frederico Westphalen
- **PONTUAÇÃO**
4,5
- **PERDA DE MASSA**
18 g

Concurso CONCREBOL

Construir uma esfera resistente de concreto, com dimensões e materiais pré-estabelecidos, capaz de rolar numa trajetória retilínea. Este foi o desafio do Concurso Técnico CONCREBOL, que testa as aptidões dos competidores na produção de concretos homogêneos e resistentes e no desenvolvimento de métodos construtivos requeridos para a confecção da bola.

O concurso é formado por quatro etapas, cada uma contribuindo para a pontuação final: medidas do diâmetro e volume da bola; medidas da massa da bola e massa específica do concreto; ensaio de uniformidade física da bola; e ensaio de resistência do concreto.

Participaram da competição 499 alunos agrupados em 36 equipes com 66 bolas. Isto aconteceu porque algumas das equipes puderam participar com duas bolas, já que apresentaram no evento pôsteres explicativos do processo de dosagem do concreto e de fabricação das bolas.



Equipe comemora gol feito durante o ensaio de uniformidade física da bola

Venceu o concurso a equipe da bola com a maior pontuação final, obtida por meio de uma equação que conjuga os fatores de cada etapa da competição.

1º LUGAR



Eng. Cláudio Neves Ourives, da Penetron, entregou cheque à equipe vencedora

- **INSTITUIÇÃO**
Centro Universitário FEI
- **PONTUAÇÕES**
Diâmetro médio: 212,11mm
Volume: 4,9967 l
F: 128,48 kN
Massa: 4020 g
PF: 2,7881

PREMIAÇÃO CONCREBOL 2018

2º LUGAR



Equipe do IMT reunida na comemoração do segundo lugar

- **INSTITUIÇÃO**
Instituto Mauá de Tecnologia (IMT)
- **PONTUAÇÕES**
Diâmetro médio: 210,27 mm
Volume: 4,8678 l
F: 261,39 kN
Massa: 5820 g
PF: 2,6665

3º LUGAR



Equipe da Unipê comemora terceira colocação

- **INSTITUIÇÃO**
Centro Universitário de João Pessoa (Unipê)
- **PONTUAÇÕES**
Diâmetro médio: 215,2867 mm
Volume: 5,2246 l
F: 131,55 kN
Massa: 5340 g
PF: 1,6034

Concurso Concreto Colorido de Alta Resistência (COCAR)



O concurso testa a habilidade dos competidores na preparação de concretos de pós reativos, coloridos e com alta resistência.

O concurso possui três etapas: caracterização do corpo de prova quanto às suas dimensões, massa e coloração; determinação de sua resistência à compressão; e análise de sua homogeneidade interna.

Participaram da competição 514 alunos divididos 35 equipes com 62 corpos de prova.

Venceu o concurso a equipe com a maior pontuação final, produto da resistência à compressão do corpo de prova pelo seu coeficiente de cor. As três equipes melhor colocadas obtiveram o maior coeficiente de cor (1).



Corpos de prova coloridos inscritos na competição são dispostos lado a lado

1º LUGAR



Equipe vencedora recebe cheque da Eng.ª Tânia Regina Moreno, da Lanxess

- **INSTITUIÇÃO**
Instituto Mauá de Tecnologia (IMT)
- **PONTUAÇÃO**
PF: 248,3270

PREMIAÇÃO COCAR 2018

2º LUGAR



Equipe da Mackenzie com prêmio pela segunda colocação

- **INSTITUIÇÃO**
Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)
- **PONTUAÇÃO**
PF: 209,4849

3º LUGAR



Equipe da UFRGS comemora terceira colocação

- **INSTITUIÇÃO**
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
- **PONTUAÇÃO**
PF: 187,1431

Concurso Ousadia

Elaborar o projeto básico de uma edificação em concreto para sediar o Centro de Treinamento em Instrumentação de Barragens, a ser construído nas dependências de Itaipu Binacional, bem como desenvolver o planejamento preliminar de sua construção. Este foi o desafio feito aos estudantes dos cursos de Engenharia Civil, Arquitetura e Tecnologia pelo Concurso Ousadia 2018.

Os objetivos do concurso são desenvolver a aptidão dos alunos na concepção de projetos de concreto ousados, seguros, duráveis, viáveis econômica e sustentavelmente, de fácil manutenção e harmonicamente inseridos em seus contextos local, cultural e histórico, e aumentar o entrosamento entre estudantes de arquitetura, engenharia civil e tecnologia.

Participaram da competição 9 equipes com 9 projetos, totalizando 206 alunos.

Os projetos inscritos foram avaliados preliminarmente sob o critério de estabilidade. Os que passaram nesta fase foram avaliados, numa segunda etapa, por uma comissão local, formada por representantes de Itaipu Binacional, que atribuiu



Congressistas prestigiam os trabalhos inscritos do Concurso Ousadia 2018

notas de 10 a 100. Por fim, cada projeto exposto na Arena dos Concursos recebeu uma pontuação de 10 a 100 para cada quesito avaliado pela comissão julgadora.

Os três projetos mais bem pontuados receberam os prêmios de Vencedor (1º lugar), Destaque (2º lugar) e Mérito (3º lugar). O desempate entre a segunda e terceira colocadas foi definido pela comissão julgadora com base no volume de concreto empregado e no nível de detalhamento do projeto.

1º LUGAR



Eng. Francisco Carlos Mendes Lima, da Mendes Lima Engenharia, entrega cheque à equipe campeã

- **INSTITUIÇÃO**
Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)
- **PONTUAÇÃO**
Total: 63

PREMIAÇÃO OUSADIA 2018

2º LUGAR



Equipe da EESC com prêmio pela segunda colocação

- **INSTITUIÇÃO**
Escola de Engenharia e Instituto de Arquitetura e Urbanismo de São Carlos (USP São Carlos)
- **PONTUAÇÃO**
Total: 54

3º LUGAR



Equipe da UFPE comemora terceira colocação

- **INSTITUIÇÃO**
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
- **PONTUAÇÃO**
Total: 54

Concreto: Quem Sabe Faz ao Vivo



O concurso avalia os competidores em sua habilidade de dosagem de concretos autoadensáveis coesos pretos, com o menor consumo de cimento e que apresentem a maior resistência à compressão em 24 horas, a maior intensidade de cor e menor incidência de bolhas e imperfeições superficiais.

Com a participação de 159 estudantes, cada uma das 36 equipes recebeu cimento, adições, agregados, aditivos e água, e teve 50 minutos para realizar a dosagem do concreto, a moldagem de quatro corpos de prova cilíndricos, com 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura, e de uma placa (em pé) de 15 cm de largura, 7,5 cm de espessura e 30 cm de altura, e a limpeza da betoneira e bancada.

O concurso foi formado pelas etapas:

- ▶ Etapa 1: verificação do espalhamento e obtenção do Índice de Estabilidade Visual;
- ▶ Etapa 2: verificação da massa específica do concreto e do consumo de cimento;
- ▶ Etapa 3: determinação do coeficiente de cor;
- ▶ Etapa 4: determinação do coeficiente de acabamento superficial;
- ▶ Etapa 5: determinação da resistência à compressão.

A pontuação final de cada equipe considerou a



Equipe fazendo a dosagem do concreto durante a competição

resistência à compressão do corpo de prova, seu consumo de cimento, seus coeficientes de espalhamento, de estabilidade visual, de cor e de acabamento superficial, e a somatória dos preços estabelecidos no Regulamento para cada quilo de insumo utilizado.

Venceu o concurso a equipe com a maior pontuação final.



Verificação do espalhamento e do IEV no ensaio de abatimento



Ensaio de resistência à compressão

Concreto: Quem Sabe Faz ao Vivo

1º LUGAR



Equipe da UCP que venceu o concurso QSFV, patrocinado pela Votorantim Cimentos

- **INSTITUIÇÃO**
Universidade Católica de Petrópolis
- **PONTUAÇÃO**
PF: 2036,4161

CONCURSO CONCRETO: QUEM SABE FAZ AO VIVO 2018

2º LUGAR



Equipe da UFPE, segunda colocada no concurso

- **INSTITUIÇÃO**
Universidade Federal de Pernambuco
- **PONTUAÇÃO**
PF: 1870,0144

3º LUGAR



Equipe da Mauá, terceira colocada no QSFV

- **INSTITUIÇÃO**
Instituto Mauá de Tecnologia
- **PONTUAÇÃO**
PF: 1869,2801

MENÇÃO HONROSA

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ● INSTITUIÇÃO
Escola de Engenharia de São Carlos – USP | <ul style="list-style-type: none"> ● INSTITUIÇÃO
Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal (Uniderp) |
| <ul style="list-style-type: none"> ● PONTUAÇÃO
PF: 1839,0482 | <ul style="list-style-type: none"> ● PONTUAÇÃO
PF: 1596,9311 |

NOTA Na avaliação definitiva dos resultados, foi verificado que a equipe da EESC-USP (Escola de Engenharia de São Carlos – USP) ficou em 4º lugar e que a equipe da Uniderp (Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal) ficou em 5º lugar no Concurso QSFV, resultados estes que diferem dos divulgados no Jantar de Encerramento do Congresso. Desta forma e em consideração ao excelente desempenho das equipes, a Comissão Organizadora concede às equipes EESC-USP e Uniderp a Menção Honrosa do Concurso QSFV 2018.

Ensinando e aprendendo no mundo digital

ANTONIO CARLOS REIS LARANJEIRAS – PROFESSOR EMÉRITO

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA

I. INTRODUÇÃO

Mundo digital é uma figura de linguagem para destacar a importância e hegemonia dos sistemas e tecnologias digitais na sociedade contemporânea, identificados na literatura técnica por “Tecnologias da Informação e Comunicação”, TIC (*ICT*, em inglês).

A obtenção rápida de informação e de comunicação da TIC e a sua onipresença pelo uso de dispositivos móveis, como os laptops, tablets e smartphones, têm proporcionado radicais transformações na educação em muitos países, desde o nível fundamental ao superior.

A aprendizagem colaborativa, realizada por grupos de estudantes, orientados por professor, torna os estudantes mais responsáveis por sua aprendizagem, levando-os a assimilar conceitos e a construir conhecimentos de uma maneira mais autônoma. Assim é que o processo ensino-aprendizagem baseado na TIC, e já em uso em muitos países, não é mais centrado na figura do professor, exercendo o estudante papel fundamental. O professor atua na criação de contextos e ambientes adequados para que o estudante, em interação com outros, não só adquira os conhecimentos, mas também aprenda como usá-los em diversas situações. Como se vê, a educação baseada na TIC, ao utilizar

essas novas tecnologias, passa por radical mudança em relação à educação tradicional, mas sua mais importante transformação não reside no uso da tecnologia, mas sim em seu novo modelo pedagógico.

A implementação da TIC na educação, em todos os níveis, é assunto que tem despertado interesse de governos, organizações internacionais, como a UNESCO, e outras, desde o início desse século. Atualmente, o uso da TIC está consolidado e em pleno uso em países de quase todos os continentes, na educação básica e na superior.

Objetiva-se, nesse texto, oferecer uma visão do uso da TIC no ensino e aprendizagem do básico ao superior, e na engenharia, em particular, em diversos países, suas vantagens e possibilidades, dificuldades e desafios.

O texto que se segue será dividido nas seguintes partes: a TIC no nível básico; a TIC no nível superior; a TIC na educação da engenharia no Brasil; e conclusões.

2. A TIC NO NÍVEL BÁSICO

Já em 2001, a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico, OECD (em inglês), através de seu Centro de Pesquisa e Inovação Educacional, coordenou um grande projeto de implementação da educação baseada na TIC em 97 escolas

de ensino básico, com participação de 22 dos 34 países associados a essa organização.

Participaram os países: Austrália, Áustria, Canadá, Dinamarca, Finlândia, França, Alemanha, Grécia, Hungria, Irlanda, Itália, Japão, Coreia do Sul, Luxemburgo, México, Holanda, Noruega, Portugal, Singapura, Reino Unido e Estados Unidos. (1)

O governo da província de Ontário, Canadá, por sua vez, realizou, no período letivo de 2001-2002, através do *Curriculum Services Canada (CSC)*, um ambicioso projeto-piloto, envolvendo 46 escolas de nível fundamental e médio, sendo 34 de língua inglesa e 12 de língua francesa, para determinar o uso e o impacto da TIC nas práticas educacionais para o ensino e aprendizagem no século XXI (2).

Relatam-se a seguir conclusões relevantes obtidas nesse projeto da OECD (97 escolas de 22 países) (1) e no projeto da CSC de Ontário, Canada (46 escolas) (2).

2.1 Pedagogia

O CSC (Ontário, Canada) observou que parece haver consenso entre os projetos que os estudantes que participaram dessa iniciativa estão mais comprometidos e mais bem-sucedidos em seu desempenho do que estavam anteriormente (2).

O papel do professor tem elevada importância na adoção e uso da TIC na educação. O impacto da TIC na qualidade educacional, na aprendizagem, e os benefícios diferenciados que daí resultam derivam do modo como a TIC é utilizada. A mesma tecnologia, em mãos de diferentes professores, produz resultados diferentes. (1)

A formação de professores deve dirigir-se à pedagogia e às atitudes, mais do que, simplesmente, às habilidades no uso dos dispositivos móveis, pois a mudança de atitudes pode bem ser um processo longo para muitos professores. O uso da TIC é influenciado pelas convicções e atitudes do professor acerca de sua utilização apropriada na educação. (1)

2.2 Tecnologia

Concluiu a OECD que a adoção da TIC não é uma simples implementação técnica, mas sim um processo em andamento de radicais mudanças educacionais. Trata-se tanto de convicções dos professores e de práticas pedagógicas quanto de infraestrutura, de banda larga e de dispositivos móveis. (1)

A tecnologia em si mesma tem valor neutro a esse respeito: pode ser usada para dar forte apoio ao ensino de didática tradicional ou, alternativamente, a um modelo centrado no estudante. A implementação da tecnologia, no entanto, nem sempre é neutra. Naquelas escolas em que sua liderança busca encorajar mudanças na prática pedagógica, a TIC foi, às vezes, introduzida para direcionar essa mudança. Em algumas escolas, por exemplo, professores mostraram surpresa com a quantidade de discussão educacional em cursos com uso da TIC e expressaram que a TIC alterou seus métodos



Foto 1 – Aprendizagem colaborativa por grupos de estudantes, orientados por professor, nos USA

de ensinar mais do que realmente esperavam, inicialmente. Nesses casos, a TIC foi parte do processo de mudanças educacionais (1).

2.3 Mudanças administrativas

Segundo Michael Fullan (3): “A integração da pedagogia e da tecnologia para maximizar a aprendizagem deve atender a quatro critérios. (a) Deve ser irresistivelmente envolvente; (b) elegantemente eficiente (desafiadora, mas fácil de usar); (c) tecnologicamente onipresente e (d) comprometida com a resolução de problemas da vida real. Um ponto crucial é que essas inovações não compliquem ainda mais as vidas dos estudantes e professores, muito ao contrário, tornem suas aprendizagens mais fáceis e interessantes.”

As mudanças administrativas com a introdução da TIC envolvem questões entrelaçadas de mudanças curriculares, de nova pedagogia e do uso da TIC para atender às demandas do século atual. A TIC, por sua vez, exige infraestrutura baseada nas nuvens para promover acesso com segurança, compartilhamento e colaboração dentro e fora da unidade educacional, com rede interna, WiFi e banda larga capazes de atender à demanda existente.

2.4 Sínteses

A OECD registra que à medida que avançamos no mundo digital, as demandas sobre o sistema educacional se alteram. Muitos arguem que não haverá mais necessidade de uma educação formal para transmitir um conteúdo fixo de conhecimentos, mas sim será necessário o desenvolvimento de habilidades meta-cognitivas (controle das habilidades cognitivas): as habilidades de avaliação, de análise, de resolução de problemas, e de aprender a aprender. As escolas e academias evoluirão para um modelo de aprendizagem centrado no estudante, envolvendo mais atividade de projeto e de estudo de casos, com os estudantes assumindo mais responsabilidade pela sua própria aprendizagem, encontrando respostas por si mesmos, e desenvolvendo práticas autônomas que lhes permitirão tornar-se estudantes ao longo de toda a vida (1).

O estudo de casos em 97 escolas de 22 países, segundo a OECD, demonstrou o potencial da TIC em melhorar a qualidade da educação, mas, identificou, também, professores preocupados com o uso da TIC, o que conduziu a desperdício de tempo do estudante e a perda parcial de eficiência do sistema (1).

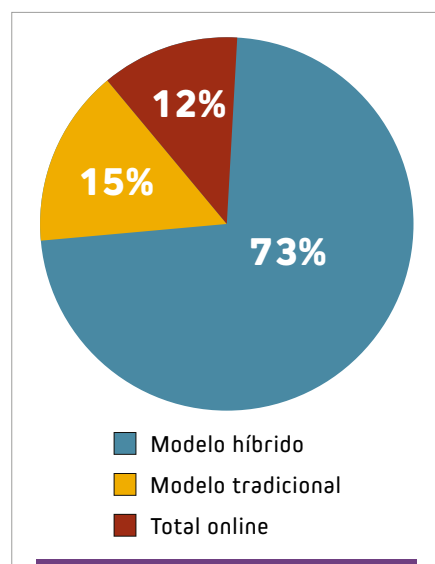


A diversidade de resultados nesse estudo de casos reforça a opinião de que o impacto educacional da TIC depende grandemente do uso que lhe é dado. Quando a TIC é usada para facilitar um sistema centrado no estudante, ela promove, entre outras coisas, o desenvolvimento de habilidades em lidar com a informação e a comunicação. Essas habilidades, embora importantes para a vida, não estão presentes nos currículos nem nas avaliações tradicionais; a aprendizagem centrada no estudante tende a florir em bases férteis quando há harmonia desse sistema com o sistema de avaliação do estudante (1).

As mudanças já adotadas nos diversos casos apontam para novas formas que ensino e aprendizagem adotarão em futuro próximo, com a pedagogia e a tecnologia operando em parceria de estudantes e professores (2).

3. USO DA TIC NA EDUCAÇÃO SUPERIOR

O uso da TIC na educação cen-



► **Figura 1**
Resultados de pesquisa sobre modelos de aprendizagem em IES, nos USA, 2017

trada no estudante é, em todos os países, inferior à sua utilização nas demais áreas, como negócios, atividades bancárias e outras. O seu uso nos níveis fundamental e médio supera sua utilização nas instituições de ensino superior (IES). Em nosso país, o cenário é de atraso, com poucas iniciativas recentes de escolas privadas de ensino básico, dirigidas às classes sociais de alta renda. Algumas escolas de ensino médio, situadas no sudeste do país, já utilizam plataformas personalizadas de ensino à distância, enquanto as Instituições de Ensino Superior (IES) limitam-se ao uso de plataformas convencionais de ensino à distância.

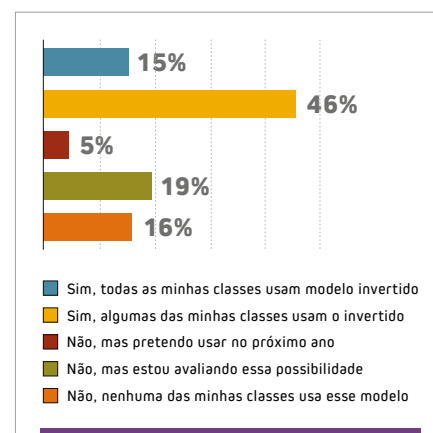
A TIC tem crescente utilização na educação superior de países da América do Norte, Europa, Ásia e Oceania. Quanto à forma dessa utilização, distinguem-se dois modelos: (a) o modelo “online”, no qual 80% a 100% do conteúdo curricular se constitui de atividades que utilizam a TIC, com auxílio de dispositivos móveis (laptops e tablets), de pedagogia centrada no estudante, e (b) o modelo *blended learning* ou modelo híbrido, em que parte das atividades são online e parte são “face-to-face” ou presenciais, nas quais, professor e estudantes estão juntos, seja em grupo de aprendizagem colaborativa, ou mesmo em aulas tradicionais.

Um dos modelos alternativos do *blended learning* ou modelo híbrido, de largo uso nos Estados Unidos, é conhecido por “sala-de-aula-invertida” (*flipped classes*) ou modelo híbrido invertido, que, ao contrário da aula tradicional – em que o professor transmite o conhecimento em uma preleção em sala de aula e o estudante complementa sua aprendizagem, estudando em casa

– na sala-de-aula-invertida, o professor, inversamente, fornece o conhecimento online para que o estudante o estude em casa, seguindo-se, então, discussão em grupo (aprendizagem colaborativa) na presença dos estudantes e do professor para complementação e ajustes da aprendizagem.

Uma pesquisa, em 2017, sobre o uso da TIC no ensino e aprendizagem em Universidades e Faculdades (*Colleges*) americanas revelou que 73% dos 232 professores participantes responderam que utilizam o modelo híbrido (*blended learning*). E que, enquanto 15% dos respondentes ainda utilizam, exclusivamente, o modelo de aula tradicional, 12% já adotam o modelo totalmente online (4). Destaca-se que 28% dos participantes utilizam o modelo híbrido em todas suas classes (Figura 1).

Os participantes foram também questionados se utilizavam o modelo híbrido invertido (*flipped classes*) e os resultados representados na Figura 2 mostram que 61% dos participantes afirmaram que todas ou algumas de suas classes são desse modelo.



► **Figura 2**
Uso do modelo híbrido invertido (*flipped classes*) em IES, nos USA, 2017

Vale destacar que 47% dos professores participantes tinham mais de 20 anos de magistério superior. Os participantes, de um modo geral, ocupam-se de disciplinas que vão da engenharia e medicina a humanidades e belas artes. Os dez estados com maior número de respondentes são: New York, Texas, Califórnia, Flórida, Geórgia, Virgínia, Missouri, Pensilvânia e Massachusetts.

O método híbrido (*blended learning*) atingiu larga aceitação, não apenas nos Estados Unidos, mas também em muitos outros países de diversos continentes. A comprovação disso é a Associação Internacional pelo método híbrido (*International Association for Blended Learning*) que já realizou o seu Segundo Congresso Mundial sobre o Método Híbrido (*2nd World Conference on Blended Learning*), em Toronto, Canadá, em 2017, cujos Anais (*Proceedings*) estão disponíveis na internet.

4. USO DA TIC NA APRENDIZAGEM DA ENGENHARIA NO BRASIL

As novas “Diretrizes Curriculares Nacionais para o Curso de Graduação em Engenharia”, de nosso Ministério da Educação, ainda em discussão, divulgadas nesse recém findo mês de agosto de 2018, reconhecem que “tendo em vista o lugar central ocupado pela Engenharia na geração de conhecimento, tecnologias e inovações, é estratégico considerar essas tendências e dar ênfase à melhoria da qualidade dos cursos oferecidos no país, a fim de aumentar a produtividade e ampliar as possibilidades de crescimento econômico.”

E acrescenta: “O Brasil enfrenta dificuldade de competir no mercado internacional. Como mostra o Índice

Global de Inovação (IGI), o Brasil perdeu 22 posições entre 2011 e 2016, situando-se em 69º lugar entre 128 países avaliados, posição que manteve em 2017. Segundo o IGI, o fraco desempenho brasileiro deve-se, entre outros fatores, à baixa pontuação obtida no indicador relacionado aos recursos humanos e pesquisa, em especial, aos graduados em Ciências e Engenharia.”

O último Censo da Educação Superior, em 2015 (CES 2015), mostra que:

- ▶ A maioria dos cursos de graduação em Engenharia (69%) no país são ministrados em Instituições de Ensino Superior (IES) privadas, em regime noturno;
- ▶ Apenas 4,4% (356 mil) do total de estudantes matriculados em cursos de graduação no Brasil estão matriculados nos cursos de graduação em Engenharia; algumas estimativas apontam que a taxa de evasão se mantém em um patamar elevado, da ordem de 50%.

As novas “Diretrizes Curriculares Nacionais para o Curso de Graduação em Engenharia” (ainda sujeitas a revisão) pontuam que:

“Para que a estrutura curricular dos cursos de Engenharia atenda às necessidades de formação de engenheiros com competências e habilidades que supram às necessidades do mercado, existe a necessidade de adotar metodologias de ensino mais modernas e adequadas à nova realidade global. Metodologias que se baseiam na vasta utilização de tecnologias da informação,” ... “Nesse ambiente, os professores deixam de ter um papel principal e central na geração e disseminação de conteúdo, para adotar um papel de tutor.”

“Assim, ganham destaque meto-

dologias como o ensino baseado em projetos (*Project Based Learning*), com lastro no desenvolvimento de competências e habilidades, aprendizagem colaborativa e na interdisciplinaridade. Da mesma forma, abre-se espaço para a maior adoção de tecnologias digitais, que permitem o uso de modelos como sala de aula invertida (aluno estuda previamente o tema da aula a partir de ferramentas online), laboratório rotacional (revezamento de grupos de alunos em atividades em sala de aula e laboratórios) e rotação individual (aluno possui lista específica de atividades para serem executadas online a partir de suas necessidades).”

Como se vê, essas Diretrizes, caso homologadas assim como estão, derrubam barreiras burocráticas e apontam novos caminhos com a implementação pelas IES do ensino e aprendizagem da engenharia com utilização da TIC. As IES privadas são mais flexíveis às mudanças curriculares e pedagógicas do que as públicas, pois seu quadro docente não é permanente, podendo ser ajustado com menos dificuldades às exigências pedagógicas e de habilitação no uso da TIC.

As IES públicas que são, em sua maioria, instituições pouco afeitas a mudanças, que preservam hábitos pedagógicos seculares, inadequados às exigências deste século e das novas tecnologias, serão convocadas ao uso adequado da TIC, à nova pedagogia centrada no estudante, à aprendizagem colaborativa, ficando seu sucesso na dependência de como reagirão seus professores.

É importante que as IES públicas participem com eficiência nesse processo de transformação da educação



da Engenharia em nosso país, com auxílio da TIC, garantindo-se assim que a educação de melhor qualidade esteja, democraticamente, ao alcance de todos, e não seja um privilégio restrito às elites econômicas.

5. CONCLUSÕES

A adoção e uso da TIC na educação tem um impacto positivo no ensino e na aprendizagem. A TIC aumenta a flexibilidade com que os estudantes

podem acessar a educação, independente do tempo e das barreiras geográficas. A TIC pode influenciar o modo como os estudantes são ensinados e como aprendem, ao oferecer novas oportunidades para os professores e estudantes.

A TIC tem potencial para renovar e melhorar a qualidade da educação da engenharia através de metodologias mais modernas, adequadas às realidades do século XXI, centradas

no estudante, baseada em estudo de casos e apoiada por aprendizagem colaborativa.

A vasta literatura existente sobre esse assunto e a experiência já consolidada e desenvolvida em outros países apontam que o impacto da TIC na educação aumentará consideravelmente nos próximos anos, dada sua já comprovada eficiência e a crescente e rápida evolução das altas tecnologias do mundo digital. ➤

▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] OEPD, CENTRE FOR EDUCATIONAL RESEARCH AND INNOVATION. ICT in innovative schools: case studies of changes and impacts, 2001.
- [2] CURRICULUM SERVICES CANADA. A shifting landscape: pedagogy, technology, and the new terrain of innovation in a digital world, 2002.
- [3] FULLAN, M. Stratosphere: integrating technology, pedagogy and change knowledge. Toronto, ON: Pearson Canada, 2012.
- [4] RHEA KELLY. Teaching with technology survey. In: Campus Technology, vol. 30, n. 7, July 2017, p. 25-37.
- [5] MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, CÂMARA DE EDUCAÇÃO SUPERIOR. Diretrizes curriculares nacionais para o curso de graduação em engenharia (em discussão), agosto 2018.



GUIA DE PREVENÇÃO DA REAÇÃO ÁLCALI-AGREGADO PRÁTICA RECOMENDADA IBRACON



COMITÊ TÉCNICO - CT-201
Coordenador: Cláudio Sbrighi Neto
Secretaria: Eduardo Brandau Quitete

Guia de Prevenção da Reação Alkali-Agregado

COORDENADORES

Cláudio Sbrighi Neto, Eduardo Brandau Quitete
e Arnaldo Forti Battagin

Apresenta de forma didática a sequência de ações necessárias para a prevenção da reação álcali-agregado (RAA). São abordadas generalidades da RAA, avaliação de risco de sua ocorrência, medidas preventivas, classificação da ação preventiva, ensaios laboratoriais, medidas de mitigação e a tomada de decisão.

O trabalho é resultado das discussões ocorridas no **Comitê Técnico de Reação Álcali-Agregado do IBRACON (CT-201)** e seu lançamento segue a recente publicação das sete partes da norma **ABNT NBR 15577 Agregados – Reatividade álcali-agregado**.

DADOS TÉCNICOS

ISBN: 978-85-98576-31-2
Formato: 18,6 x 23,3cm
Páginas: 32

PATROCÍNIO



Aquisição: Acesse a Loja Virtual do IBRACON.

www.ibracon.org.br

Base sismológica para a zonificação sísmica da ABNT NBR 15421

SERGIO HAMPSHIRE C. SANTOS – PROFESSOR TITULAR

SILVIO DE SOUZA LIMA – PROFESSOR TITULAR

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

I. INTRODUÇÃO

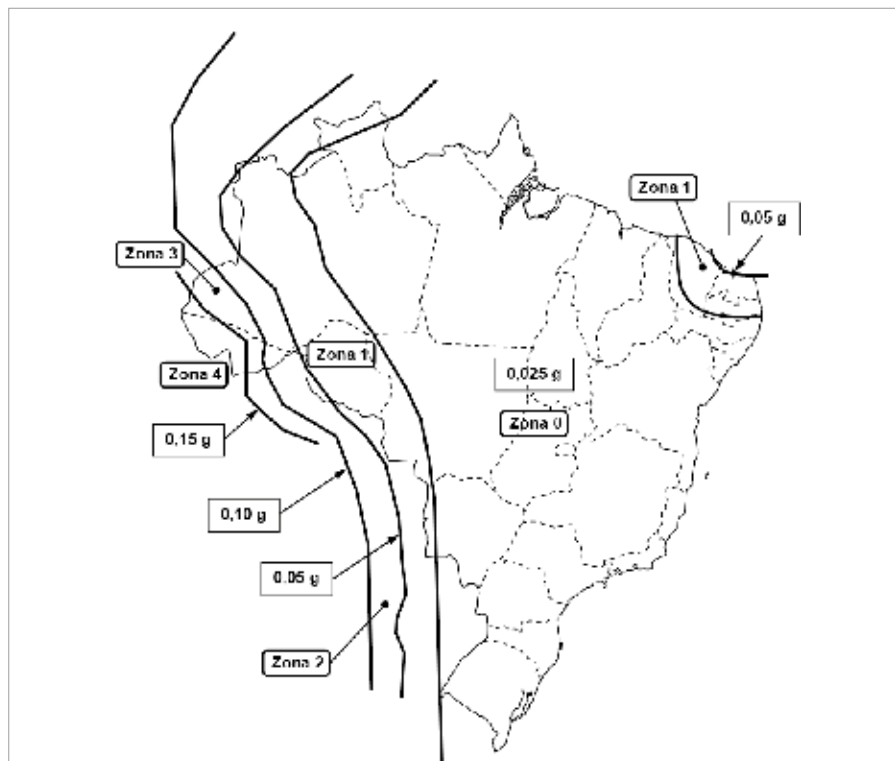
O território brasileiro apresenta baixa sismicidade, típica de uma região sísmica intra-placas. Um estudo completo da sismicidade brasileira não foi

ainda totalmente concluído. O Instituto GFZ-Potsdam apresentou um estudo de sismicidade em escala mundial em seu *Global Seismic Hazard Map* (1999), que ainda é referência para a sismicidade em diversas regiões

do globo. Este estudo confirma que nosso território apresenta baixa sismicidade, com acelerações horizontais nominais, para um período de retorno de 475 anos e solo rígido, geralmente inferiores a $0,4 \text{ m/s}^2$.

Duas regiões brasileiras são exceções notáveis, com sismicidade não desprezível: parte do Nordeste Brasileiro, devido à proximidade com a crista do Atlântico Sul, e parte da Amazônia Ocidental, devido à proximidade com a borda da placa tectônica de Nazca.

Até 2006, o Brasil era um dos poucos países sul-americanos sem uma norma de projeto sísmico. Nesse ano, foi promulgada a ABNT NBR 15421 – Projeto de estruturas resistentes a sismos (ABNT, 2006). Considerados os estudos do GFZ-Potsdam (1999) e os outros aqui descritos, a zonificação sísmica apresentada na ABNT NBR 15421 foi definida. Esta zonificação é apresentada na Figura 1, onde as zonas sísmicas e respectivos valores característicos de aceleração a_g são definidos. Esses valores



► **Figura 1**

Mapeamento da aceleração sísmica horizontal característica no Brasil para terrenos de classe B

correspondem a uma probabilidade de 90% de não excedência em 50 anos, isto é, a um período de retorno de 475 anos.

Desde a promulgação da ABNT NBR 15421, diversos estudos sísmológicos para o Brasil têm sido desenvolvidos, no Brasil e no exterior. Esses estudos serão comentados neste artigo e uma atualização da análise da sismicidade da Região Sudeste será apresentada.

2. DEFINIÇÃO DA ZONIFICAÇÃO SÍSMICA

A Norma Brasileira considera que a maior parte do território brasileiro apresenta baixa sismicidade e que as duas regiões acima citadas merecem um tratamento especial.

Assim, os estudos aqui apresentados se referem a três grandes regiões brasileiras:

- ▶ Parte ocidental das Regiões Norte e Centro-Oeste;
- ▶ Estados do Nordeste Brasileiro: Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba;
- ▶ Restante do território brasileiro.

2.1 Análise da Amazônia Ocidental

A zonificação para esta região foi baseada no mapa do GFZ-Potsdam (Giardini *et al.*, 2003). Um estudo muito completo da sismicidade do Peru foi apresentado por Monroy *et al.* (2005). Seu mapa sísmico, reproduzido parcialmente na Figura 2, engloba a região da Amazônia de nosso interesse.

Pela comparação entre as Figuras 1 e 2, constata-se que as acelerações definidas na ABNT NBR 15421 são suficientemente conservadoras para esta região.

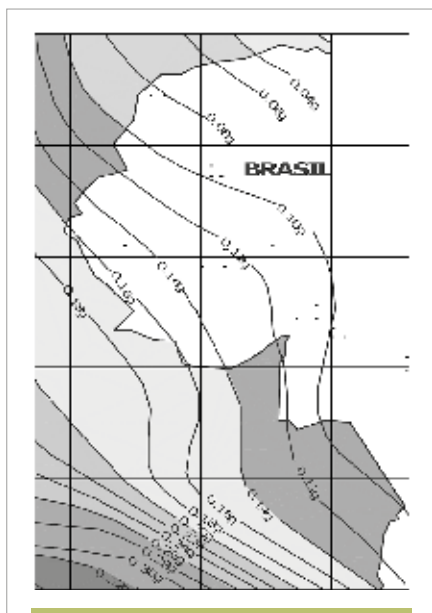
2.2 Sismicidade da Região Nordeste

Os estados da Região Nordeste que foram considerados como mais sísmicamente ativos foram: Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba. A sismicidade definida por Marza *et al.* (1991) para o Estado do Ceará foi considerada como representativa para esses estados.

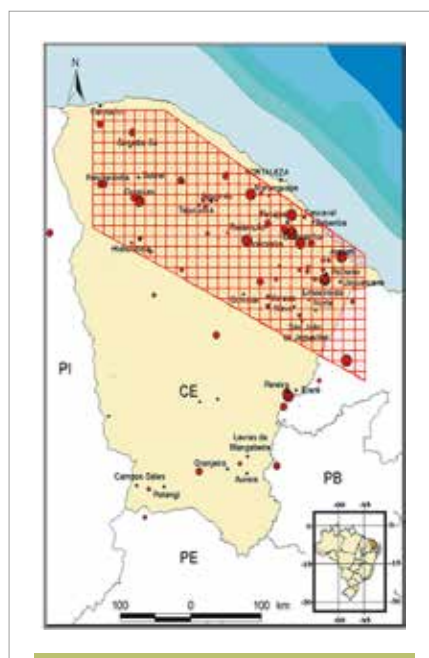
A sismicidade do Ceará é ilustrada na Figura 3, onde os círculos representam os terremotos mais importantes ocorridos recentemente no Ceará.

Na figura, é também definida uma área de 78.729 km², onde é conservadoramente considerado que a sismicidade de todo o Estado é concentrada. O estudo probabilístico do Ceará foi realizado considerando-se a sismicidade distribuída em 351 sub-regiões, com área tipicamente de 225 km².

A expressão de Gutenberg-Richter definida por Marza *et al.* (1991) para o Ceará é reproduzida na Equação (1), onde a magnitude



▶ **Figura 2**
Sismicidade na Amazônia Ocidental



▶ **Figura 3**
Áreas para o estudo da sismicidade no Ceará



▶ **Figura 4**
Áreas para o estudo na Região Sudeste

(M) é correlacionada com a frequência anual cumulativa (ΣN) para a área total de 78.729 km²:

$$\log_{10}(\Sigma N) = a - b.M, M = 2,92 - 1,01M \quad 1$$

$T_M(M)$ é o período de recorrência de um sismo com magnitude ao menos igual a M, definido como $T_M(M) = 1 / \Sigma N(M)$. Neste artigo, M representa a magnitude “body wave” m_b , associada a cada evento sísmico e a e b são constantes de Gutenberg-Richter, dependentes da sismicidade de cada região.

2.3 Sismicidade da Região Sudeste

A Região Sudeste é considerada como representativa das áreas do território nacional de baixa sismicidade, até por ser a que possui maior quantidade de dados sísmicos coletados. Foi considerado o estudo completo de sismicidade para a Região Sudeste apresentado por Almeida (2002).

Na Figura 4, é definida uma área

de 998.263 km² na qual é considerada que toda a sismicidade da região é concentrada. O estudo probabilístico do Sudeste considerou a sismicidade distribuída em 313 sub-regiões, com área tipicamente de 3.136 km².

A seguinte expressão de Gutenberg-Richter foi definida por Almeida (2002), para a área total de 998.263 km²:

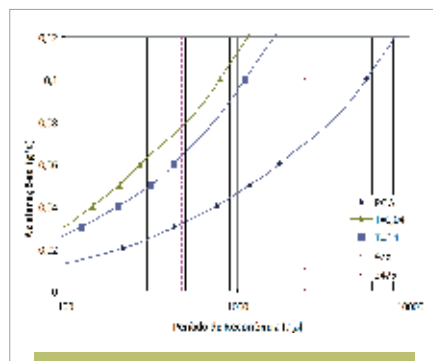
$$\log_{10}(\Sigma N) = 4,44 - 1,28M \quad 2$$

3. FUNÇÕES DE ATENUAÇÃO

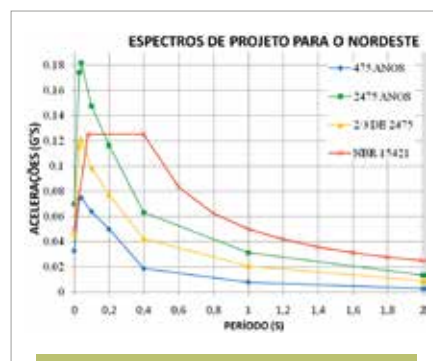
Estudos específicos para definição de funções de atenuação (relacionando magnitudes, distâncias ao epicentro e acelerações horizontais) não foram ainda definidas para o Brasil. Foi considerado que as funções propostas por Toro *et al.* (1997) para as regiões Leste e Centro dos Estados Unidos (*Central and Eastern United States, CEUS*), podem também ser aplicadas nas condições similares de baixa sismicidade do Brasil.

A expressão de Toro apresenta o seguinte formato:

$$\ln(a_g) = C_1 + C_2(M - 6) + C_3(M - 6)^2 - C_4(\ln R_M) - (C_5 - C_6)\max[\ln(R_M/100), 0] - C_6 R_M \quad 3$$



► **Figura 5**
Aceleração horizontal (g's) x Período de Recorrência (anos) para PGA, T=0,04 s e T = 0,1 s



► **Figura 6**
Espectros de projeto no Ceará

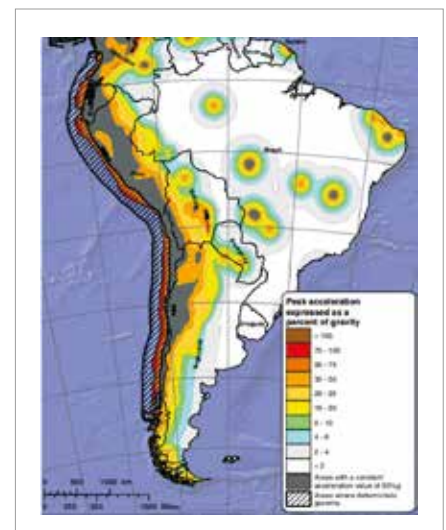
Nesta expressão, a_g é a aceleração espectral (para um dado período T), r é a distância ao epicentro, M (“body-wave”) é a magnitude e R_M (em Km) é dado por:

$$R_M = (r^2 + C_7^2)^{1/2} \quad 4$$

Os parâmetros C_1 a C_7 (resumidos por Silva, 2018) são definidos para cada frequência dos espectros, o que permite, com os valores espectrais obtidos nestas frequências, traçar espectros de resposta.

4. ANÁLISES PROBABILÍSTICAS E ESPECTROS DE IGUAL PROBABILIDADE

As análises probabilísticas são feitas considerando-se a sismicidade como uniformemente distribuída nas várias regiões definidas nas Figuras 3 e 4. Vários níveis de magnitude são definidos e para cada um deles as



► **Figura 7**
Mapa probabilístico de acelerações da América do Sul, período de recorrência de 2475 anos. (PETERSEN *et al.*, 2018)

acelerações produzidas a partir de cada sub-região são computadas em um ponto de referência, considerando a distância entre eles. As distribuições probabilísticas de acelerações são obtidas a partir de um simples processo de soma.

Procedendo-se desta forma para as diversas frequências definidas na formulação de Toro, é possível traçar os espectros com igual probabilidade de excedência para as várias frequências.

As Figuras 5 e 6 reproduzem alguns resultados obtidos por Santos *et. al* (2010) para o Ceará. A Figura 5 reproduz a correspondência entre acelerações horizontais e períodos de recorrência T_M para alguns períodos do espectro, inclusive para o PGA (*Peak Ground Acceleration*), aceleração máxima do solo. A Figura 6 apresenta os espectros de projeto para os períodos de recorrência de 475 anos, 2475 anos e 2/3 dos valores do de 2475 anos, períodos estes a serem justificados mais tarde no artigo, confrontados com o espectro de projeto definido pela ABNT NBR 15421.

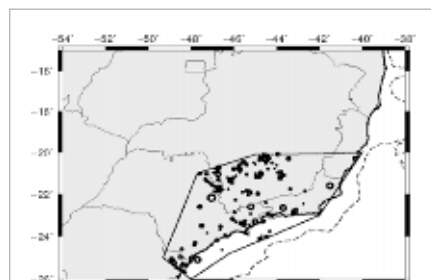
Fica constatado que o espectro da ABNT NBR 15421 é conservador em relação aos correspondentes períodos de recorrência de 475 anos e 2/3 dos valores do de 2475 anos

5. NOVOS ESTUDOS SISMOLÓGICOS

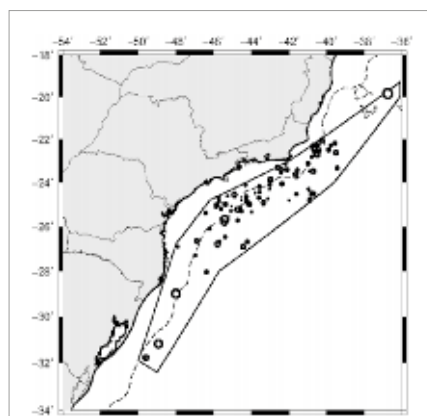
Após a promulgação da ABNT NBR 15421, novos estudos estão sendo elaborados por renomadas instituições de pesquisa do Brasil, como o Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG-USP) e o Observatório Sismológico da Universidade de Brasília (OBSIS). Esses estudos ainda não foram totalmente finalizados. Novos estudos também são feitos no exterior, como exemplo, os de Petersen *et al.* (2018), que apresentaram o mapa de risco sísmico para a América do Sul reproduzido na Figura 7. Apesar deste mapa considerar o período de recorrência de 2475 anos, superior ao da ABNT NBR 15421,

são indicadas algumas regiões centrais no Brasil onde o risco sísmico não poderia ser desprezado. Assim, estas regiões deverão receber uma nova análise.

Neste artigo, será resumida a análise desenvolvida por Silva (2018) para a região Sudeste, considerada como a mais crítica do Brasil, por ser a mais populosa e desenvolvida, tendo em vista os resultados já conhecidos. Serão usados os dados apresentados por Dourado (2013). As Figuras 8 e 9 mostram as



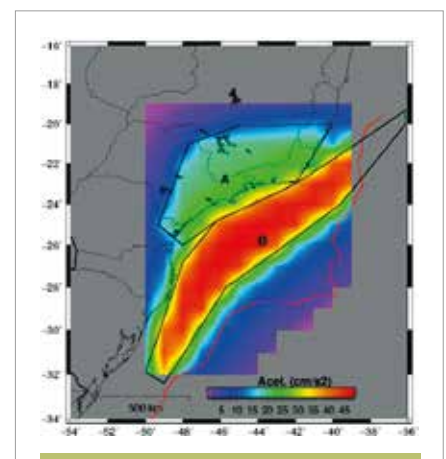
► **Figura 8**
Mapa de registro de terremotos na Região Sudeste – Zona Terrestre (Dourado, 2013)



► **Figura 9**
Mapa de registro de terremotos na Região Sudeste – Zona Marítima (Dourado, 2013)



► **Figura 10**
Discretização da área de estudo da Região Sudeste



► **Figura 11**
Acelerações horizontais para frequência de 10 Hz, para período de recorrência de 475 anos (Dourado, 2013)

regiões definidas por Dourado para caracterizar a Região Sudeste, respectivamente denominadas de Terrestre e Marítima.

A área da região Terrestre tem área igual a 395.655 km² e a Marítima, na plataforma continental, tem área de 498.299,09 km². As respectivas expressões de Gutenberg-Richter são dadas a seguir.

Zona terrestre: $\log_{10} \sum N = 3,9969 - 1,3112 \cdot M$	5
--	---

Zona marítima: $\log_{10} \sum N = 2,4759 - 0,7629 \cdot M$	6
---	---

Considerando-se novamente as funções de atenuação de Toro, é feita uma reavaliação da sismicidade da Região Sudeste.

As análises probabilísticas realizadas, considerando-se os novos dados sismológicos, diferirão das anteriores nos seguintes aspectos:

- ▶ As análises serão feitas para uma localização considerada como crítica, tendo em vista os novos dados sismológicos;
- ▶ As análises, ao invés de aplicar uma sismicidade discretizada em sub-áreas e um processo de contagem, irão aplicar uma metodologia pro-

babilística consistente, aplicando o método "FORM" (*First Order Reliability Method*) através de um software comercial de Análise de Confiabilidade;

- ▶ A aplicação desta metodologia permitirá a consideração de um fator de incerteza presente na formulação de Toro.

6. ESTUDO DA LOCALIDADE EM TERRA MAIS CRÍTICA

Na Figura 10 aparece a junção das duas áreas definidas por Dourado (2013) e também o ponto que será escolhido como mais crítico. Este ponto é definido observando-se a Figura 11 de Dourado (2013), em que são mostradas, em código de cores, acelerações para a frequência de 10 Hz (período de recorrência de 475 anos). O ponto em terra escolhido está na região de Cabo Frio.

O estudo é feito para um círculo de raio igual a 200 quilômetros, com área total de 125.633,70 km². Desta área total, se considera a área da parte em ter-

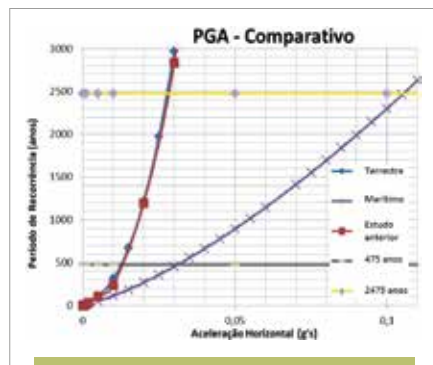
ra como 64.830,20 km² e a área referente à parte marítima como 60.833,50 km². As curvas Gutenberg-Richter definida para as duas áreas são adaptadas para as novas sub-áreas do círculo, como mostrado por Silva (2018).

A consideração da incerteza é feita com a soma da variável EPS no final da equação (3).

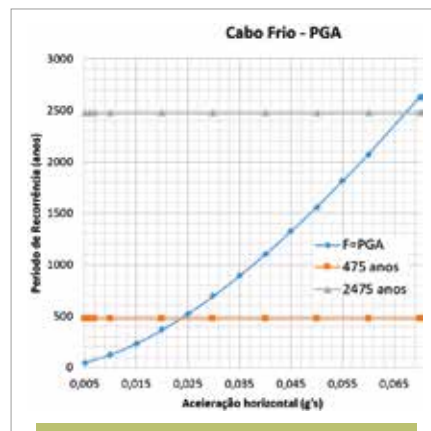
Esta variável terá distribuição normal, com média zero, uma incerteza aleatória, de valor igual a 0,32 e uma incerteza epistêmica de valor igual a 0,27. Logo, o desvio-padrão total será de $\sqrt{0,32^2 + 0,27^2} = 0,42$.

7. COMPARAÇÕES DE RESULTADOS

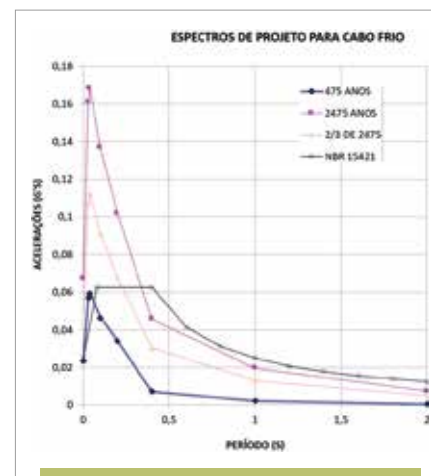
A Figura 12 traz o comparativo dos resultados do estudo anterior (Santos *et al.*, 2010) com os estudos atuais para um ponto situado somente na parte em terra e para um ponto somente na parte marítima. Chega-se às conclusões: os dois estudos para a parte terrestre



▶ **Figura 12**
Aceleração x Período de Recorrência (PGA)



▶ **Figura 13**
Aceleração x Período de Recorrência (Cabo Frio - PGA)



▶ **Figura 14**
Espectros de Projeto para Cabo Frio

apresentaram resultados idênticos; a região marítima apresenta uma sismicidade muito maior que a terrestre, o que deverá elevar a sismicidade combinada das duas regiões.

A Figura 13 apresenta a variação do PGA (*Peak Ground Acceleration*), aceleração máxima do solo, com o período de recorrência.

A Figura 14 apresenta os novos espectros de projeto da Região Sudeste para os períodos de recorrência de 475 anos, 2475 anos e 2/3 dos valores do de 2475 anos, confrontados com o espectro de projeto definido pela ABNT NBR 15421.

Fica constatado que o espectro da ABNT NBR 15421 é ainda conservador relativamente aos espectros correspondentes ao período de recorrência de 475 anos.

8. VERIFICAÇÃO DOS VALORES DAS ACELERAÇÕES DEFINIDAS NO ZONEAMENTO DA ABNT NBR 15421

É considerado inicialmente o período de retorno normativo, de 475 anos, As seguintes acelerações nominais são obtidas (ver Figuras 5 e 13).

- ▶ Região Nordeste: $a_g = 0.034$ g;
- ▶ Região Sudeste: $a_g = 0.024$ g.

Estes valores são conservadores em relação aos definidos na ABNT NBR 15421 (ver Figura 1):

- ▶ Região Nordeste: $a_g = 0.025$ g $\leq a_g \leq 0.050$ g;
- ▶ Região Sudeste: $a_g = 0.025$ g.


Estes valores também são verificados contra os critérios da ASCE/SEI 7-16 (2016), que consistem em se adotar acelerações iguais a 2/3 dos valores correspondentes ao período de retorno

de 2475 anos (ver Figuras 5 e 13):

- ▶ Região Nordeste: $a_g = 0.045$ g;
- ▶ Região Sudeste: $a_g = 0.065$ g (não estaria atendido o critério).

9. CONCLUSÕES

A partir do apresentado neste artigo, algumas conclusões se impõem.

É bastante importante que os estudos sismológicos no Brasil evoluam para uma situação mais próxima de sua conclusão. Com base nas informações hoje disponíveis, pode-se afirmar que, relativamente à Região Sudeste, o zoneamento sísmico e os espectros de projeto, definidos na ABNT NBR 15421, são conservadores. Há outras áreas no território brasileiro que devem ser mais bem avaliadas, para se investigar a necessidade de alguma alteração futura na ABNT NBR 15421. 

▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ALMEIDA A. A. D. Análise Probabilística de Segurança Sísmica de Sistemas e Componentes Estruturais, Tese de Doutorado. Rio de Janeiro. Pontifícia Universidade Católica. 2002.
- [2] AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS. ASCE 7-16. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures. Washington, D.C, U.S.A, 2016.
- [3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15421: Projeto de estruturas resistentes a sismos – Procedimento. Rio de Janeiro. 2006.
- [4] DOURADO J. C. Mapa de Ameaça Sísmica na Plataforma Continental do Sul/Sudeste. 13th International Congress of the Brazilian Geophysical Society, Rio de Janeiro, 2013.
- [5] GIARDINI, D., GRÜNTAL, G., SHEDLOCK, K. M., ZHANG, P., The GSHAP Global Seismic Hazard Map. In: Lee, W., Kanamori, H., Jennings, P. and Kisslinger, C. (eds.): International Handbook of Earthquake & Engineering Seismology, International Geophysics Series 81 B, Academic Press, Amsterdam, 2003.
- [6] MARZA, V. I., BARROS, L. V., CHIMPLIGANOND, C.N., CAIXETA, D. F. Breve Caracterização da Sismicidade no Ceará, Observatório Sismológico da Universidade de Brasília, 1991.
- [7] MONROY, M., BOLAÑOS, A., MUÑOZ, A., BLONDET, M., Espectros de Peligro Uniforme en El Perú, Congreso Chileno de Sismología e Ingeniería Antisísmica, IX Jornadas, Concepción, Chile, 2005.
- [8] PETERSEN M. D., HARMSSEN S. C., JAISWAL K. S., RUSKTALES K. S., LUCO N., HALLER K. M., MUELLER C. S., SHUMWAY A. M. Seismic Hazard, Risk, and Design for South America. Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 108, 2018.
- [9] SILVA, R. H. M., Estudo da Ameaça Sísmica na Região Sudeste do Brasil, Projeto de Graduação, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Agosto de 2018
- [10] SANTOS, S. H. C., LIMA, S. S, SILVA, F. C. M., The Seismological Basis of the Brazilian Standard for Seismic Design, 9th US National and 10th Canadian Conference on Earthquake Engineering, Toronto, Canada, 2010.
- [11] SANTOS, S. H. C., LIMA, S. S, SILVA, F. C. M., Risco Sísmico na Região Nordeste do Brasil, Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, Vol.3, nº 3, 2010.
- [12] TORO G. R., ABRAHAMSON N. A., SCHNEIDER J. F. Model of Strong Ground Motions from Earthquakes in Central and Eastern North America: Best Estimates and Uncertainties. Seismological Research Letters, 1997.

Risco sísmico no Brasil: ameaça, normalização e vulnerabilidade

PAULO S. T. MIRANDA

HUMBERTO S. A. VARUM

NELSON S. VILA POUCA

CONSTRUCT-LESE, FEUP – FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO (PORTUGAL)

I. SISMICIDADE NO BRASIL

Localizado na região central da placa sul-americana, uma região intraplaca, o Brasil é classificado como um país de baixa sismicidade. Nesta condição, embora com pequena probabilidade de ocorrência, sismos de grande magnitude com graves consequências podem acontecer, como o sismo de magnitude 7,7 graus na escala Richter ocorrido em 2001 na Índia, que causou a morte de pelo menos 20.000 pessoas [1].

Os registos sísmicos brasileiros, embora bastante recentes, apontam em geral, para sismos de magnitude máxima da ordem de 5,5 graus na escala Richter. A partir da década de 70, com a instalação da rede nacional de monitoração, foi possível detectar um número bem maior de eventos sísmicos no território brasileiro. A Tabela 1, confeccionada a partir de dados do IAG/USP – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo, apresenta a frequência de sismos ocorridos no Brasil entre os anos de 1724 e 2017. Para melhor compreensão da atividade sísmica no Brasil, neste trabalho os sismos são divididos em duas categorias: sismos com magnitude maior ou igual a 2,0

► Tabela 1 – Frequência de sismos ocorridos no Brasil de 1724 a 2017

Estado	Magnitude	
	Sismos I	Sismos II
Acre – AC	31	6
Alagoas – AL	17	0
Amazonas – AM	33	3
Amapá – AP	2	3
Bahia – BA	103	0
Ceará – CE	358	1
Distrito Federal – DF	1	0
Espírito Santo – ES	9	1
Goiás – GO	97	1
Maranhão – MA	19	0
Minas Gerais – MG	423	0
Mato Grosso do Sul – MS	31	1
Mato Grosso – MT	184	3
Pará – PA	62	0
Paraíba – PB	7	0
Pernambuco – PE	147	0
Piauí – PI	6	0
Paraná – PR	46	0
Rio de Janeiro – RJ	99	0
Rio Grande do Norte – RN	290	2
Roraima – RR	11	0
Rio Grande do Sul – RS	29	1
Santa Catarina – SC	30	1
Sergipe – SE	7	0
São Paulo – SP	267	2
Tocantins – TO	43	0

graus e menor que 5,0 graus na escala Richter, classificados como Sismos I, e sismos com magnitude maior ou igual a 5,0 graus na escala Richter, classificados como Sismos II.

Embora os eventos sísmicos ocorridos no Brasil não tenham gerado grandes consequências, em algumas situações foram motivo de preocupação e exigiram maior atenção por parte da comunidade técnica. Destacam-se os eventos ocorridos no Nordeste brasileiro, em especial os sismos de magnitude 5,1 e 5,0 graus na escala Richter ocorridos em 1986 na cidade de João Câmara, no estado do Rio Grande do Norte. Nesta ocasião, a falha tectônica de Samambaia aumentou sua extensão de 10 km para quase 30 km, sendo esta a origem dos sismos citados, além de vários outros eventos de menor magnitude que fizeram a terra tremer por cerca de 7 anos. Se a seção desta falha tivesse quebrado de uma única vez, um sismo da ordem de 7,0 graus na escala Richter poderia ter sido gerado [2]. Por conta desses eventos, paredes e telhados desabaram total ou parcialmente, 4.348 edificações tiveram que ser reconstruídas ou recuperadas, 26.200 pessoas ficaram desabrigadas e mais de 10.000 pessoas abandonaram a

cidade [2]. Após os sismos, procedimentos de reforço estrutural foram executados nas edificações.

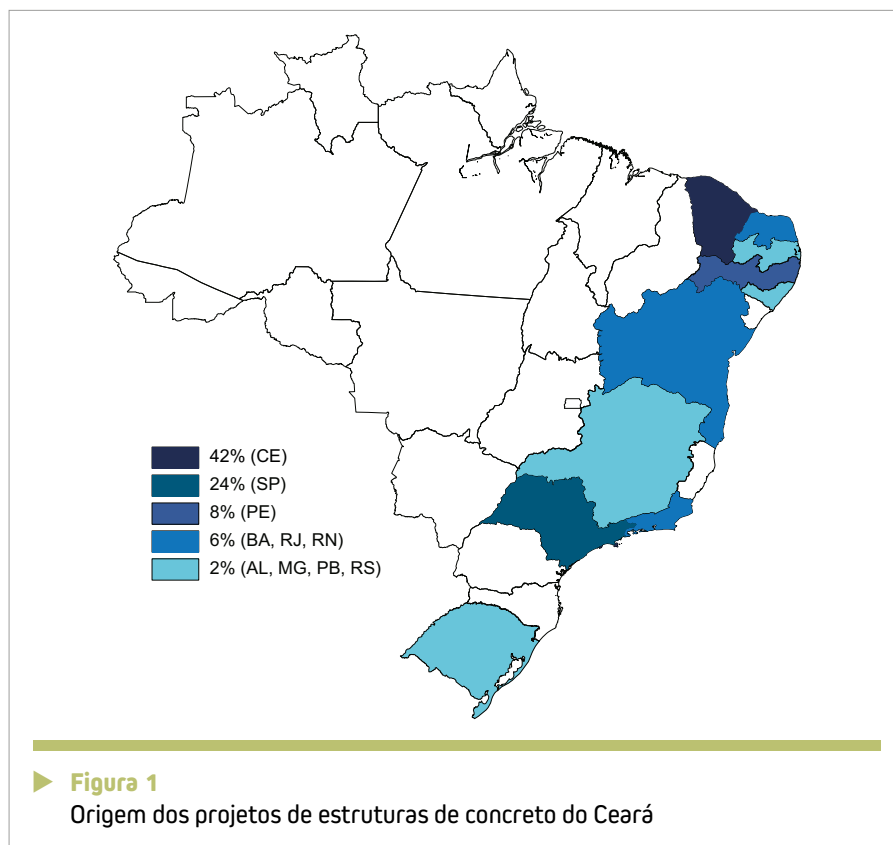
Dependendo da profundidade do foco, do tipo de solo, das características do parque edificado e da exposição de pessoas, sismos de magnitude da ordem de 5,0 graus na escala Richter podem causar grandes tragédias, como o sismo de magnitude 5,2 graus na escala Richter que aconteceu em 1966 no Uzbequistão, matando 1.800 pessoas, deixando mais de 69.000 pessoas desabrigadas e causando a destruição ou sérios danos em mais de 85.000 edificações [2].

2. PANORAMA ATUAL: ENSINO, PESQUISA E REGULAMENTAÇÃO

2.1 Ensino e pesquisa

Devido à condição de baixa sismicidade, no Brasil não é comum a oferta de cursos na área de Engenharia Sísmica. Os brasileiros que querem obter conhecimentos específicos na área precisam buscar a especialização fora do país, sendo os Estados Unidos e Portugal os destinos mais procurados. No Brasil, alguns poucos cursos de graduação e pós-graduação em Engenharia Civil, como os ofertados pela UFC – Universidade Federal do Ceará e pela UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro, apresentam na grade curricular disciplinas relacionadas à Engenharia Sísmica.

Como instrumento para levantamento de dados em um trabalho de Doutorado na FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, entre os dias 03 de maio e 14 de outubro de 2018, um questionário sobre a Avaliação Sísmica das Estruturas de Concreto Brasileiras foi aplicado. Participaram 374 Engenheiros projetistas de estruturas de concreto



de todos os estados brasileiros através do preenchimento do questionário, cuja divulgação e distribuição contaram com a importante colaboração do IBRACON – Instituto Brasileiro do Concreto e da ABECE – Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural.

Embora a maior parte do território brasileiro esteja classificado, segundo a norma sísmica brasileira, em zona sísmica 0, onde nenhum requisito de resistência sísmica é exigido, muitos projetistas desta região prestam serviços para regiões de maior ameaça sísmica, como o estado do Ceará, um dos estados de maior sismicidade no Brasil.

O mapa da Figura 1, com informações obtidas a partir do questionário, indica a participação de projetistas de diferentes partes do país na elaboração de projetos de estruturas de concreto para o estado do Ceará.

Além disso, com a globalização técnica, os Engenheiros brasileiros devem

receber formação que permita a fácil adaptação e inserção em mercados de trabalho de todo o mundo.

Em termos de pesquisas, poucos são os grupos e trabalhos publicados na área. De acordo com o censo 2016 publicado pelo CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, existem no Brasil, 37.640 grupos de pesquisa cadastrados na plataforma Lattes e 199.566 pesquisadores envolvidos. Os grupos ligados diretamente à área sísmica, independente da área predominante de atuação, são apenas 49 (0,13% do total), com 310 pesquisadores envolvidos (0,16% do total). Considerando as Engenharias como área predominante do estudo sísmico, o número de grupos resume-se a apenas 10. Sabe-se também que existem alguns poucos pesquisadores atuando nesta área sem que façam parte de nenhum grupo de pesquisa cadastrado no CNPq.

2.2 Norma sísmica brasileira

No ano de 2006, a ABNT publicou a ABNT NBR 15421 [3], que trata da obrigatoriedade da consideração das ações sísmicas nos projetos de novas estruturas, não fazendo nenhuma referência à avaliação de segurança sísmica das estruturas existentes.

Dados obtidos a partir do questionário citado mostram que 25,23% dos respondentes possuem nenhum nível de conhecimento da norma sísmica brasileira, 44,95% possuem um conhecimento superficial, 23,85% possuem um conhecimento intermediário e apenas 5,97% afirmaram possuir conhecimento profundo.

De uma forma geral, estima-se que aproximadamente 11,87% dos projetistas que participaram da pesquisa adotam as recomendações da norma sísmica em seus projetos. Avaliando os respondentes que já atuaram no estado do Ceará, este número sobe para 20,63%.

Quando perguntados por qual motivo não adotam as recomendações da ABNT NBR 15421:2006, 10,96% responderam não conhecer a norma, 8,22% consideram que os esforços

devido ao vento superam os esforços sísmicos e 60,27% afirmam não ser necessário adotar tais procedimentos, uma vez que o Brasil não possui sismos de elevada magnitude. Além dessas situações indicadas no questionário, 20,55% responderam não adotar os procedimentos, por conta de outros motivos diversos, destacando-se entre eles: atuação unicamente em áreas de zona sísmica 0, elaboração de projetos de pequeno porte, falta de informações sobre dimensionamento e detalhamento sísmico na ABNT NBR 6118:2014 [4], ausência de trabalhos que comprovem a necessidade de uso das recomendações da norma sísmica, resistência imposta pelos clientes devido ao aumento no consumo de materiais e a consideração de que os procedimentos adotados na ABNT NBR 6118:2014 levam à confecção de estruturas superdimensionadas.

A ABNT NBR 8681:2003 [5] estabelece a condição de não simultaneidade das ações sísmicas e de vento. A Tabela 2 expõe o resultado da pesquisa sobre a consideração das ações sísmicas e de vento por parte dos respondentes.

Em edificações com menos de 5 pavimentos, 30,25% dos respondentes não consideram ações de vento e 93,28% não consideram ações sísmicas. Ainda que levando em consideração a não simultaneidade das ações, os resultados da pesquisa indicam que são dimensionadas estruturas sem nenhum carregamento horizontal, mesmo havendo obrigatoriedade por parte das normas vigentes no país.

Trabalhos desenvolvidos por Santos e Lima, 2006 [6] e Parisenti, 2011 [7] indicam que em geral, para edifícios baixos, menores que 10 pavimentos, os efeitos dos sismos são maiores que os efeitos do vento, com cargas obe-

decendo a ABNT NBR 6123:1988 [8]. Esta situação é ainda mais evidente em edifícios de até 5 pavimentos, onde geralmente tem-se menores cuidados com projetos, materiais e critérios construtivos.

Em edifícios acima de 13 pavimentos, 100% dos respondentes consideram as ações de vento em seus projetos e apenas 15,96% consideram as ações sísmicas.

Em trabalhos desenvolvidos por Santos e Lima, 2006 [6], Parisenti, 2011 [7], Galvão, 2013 [9] e Dantas, 2013 [10], em que são simulados edifícios entre 12 e 30 pavimentos em algumas cidades brasileiras, como Rio Branco e Cruzeiro do Sul-AC, Porto Velho-RO e Natal-RN, em determinadas situações, as ações sísmicas também demonstram-se superiores às ações do vento.

Mesmo em situações em que as ações de vento são consideradas, a resposta da estrutura de concreto quando submetida às ações sísmicas exige a adoção de alguns cuidados de detalhamento, como ancoragens e traspasses que venham garantir um padrão mínimo de ductilidade necessário.

3. ESTUDOS PARA A ATUALIZAÇÃO DA ABNT NBR 15421

A norma sísmica brasileira assume valores das acelerações sísmicas horizontais correspondentes a um período de retorno de 475 anos. O estudo das acelerações sísmicas horizontais no Brasil teve como base inicial, entre outros, um estudo de perigo sísmico a nível mundial realizado pelo GFZ-Potsdam, o *GSHM – Global Seismic Hazard Maps* [11].

O território nacional é dividido em 5 zonas sísmicas, apresentando diferentes acelerações horizontais, sendo essas acelerações normalizadas para

▶ Tabela 2 – Consideração das ações sísmicas e de vento

Estruturas	Ações	
	Vento	Sismos
Em todas	69,75%	6,72%
Apenas naquelas acima de 5 pavimentos	26,47%	7,14%
Apenas naquelas acima de 9 pavimentos	2,52%	0,84%
Apenas naquelas acima de 13 pavimentos	1,26%	1,26%
Apenas naquelas acima de 21 pavimentos	0,00%	5,47%
Em nenhuma	0,00%	78,57%



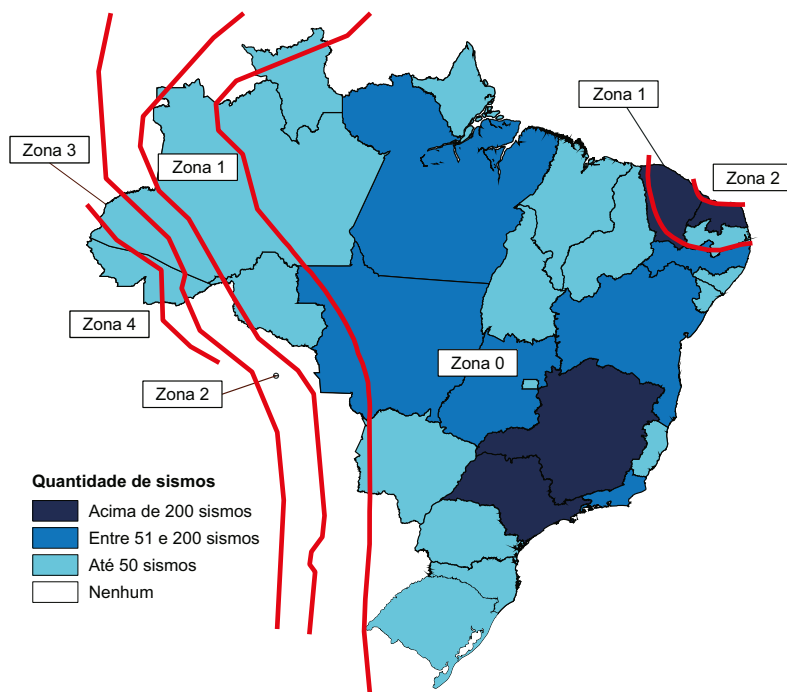
► Tabela 3 – Zonas sísmicas brasileiras

Zona sísmica	Valores de a_g
Zona 0	$a_g = 0,025g$
Zona 1	$0,025g \leq a_g \leq 0,05g$
Zona 2	$0,05g \leq a_g \leq 0,10g$
Zona 3	$0,10g \leq a_g \leq 0,15g$
Zona 4	$a_g = 0,15g$

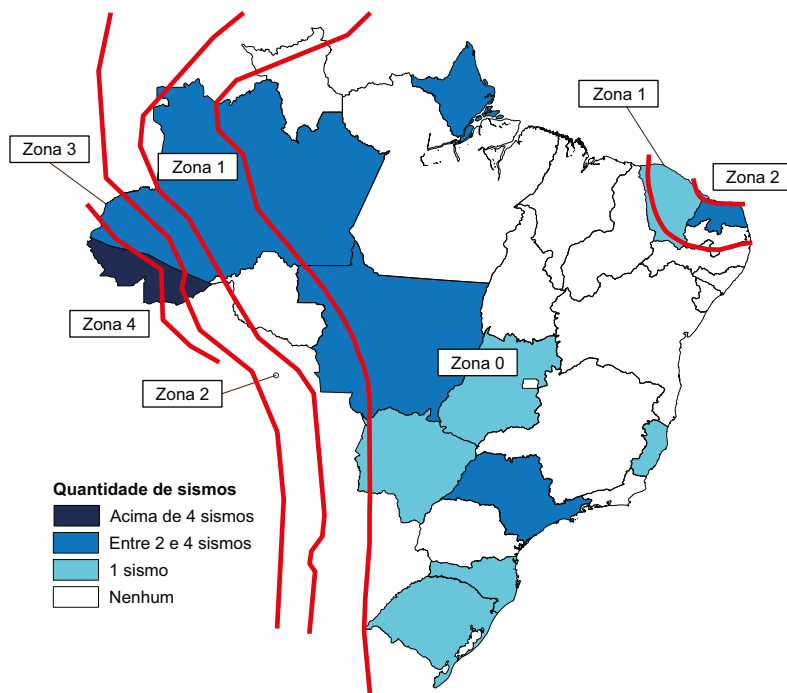
terrenos de classe B, conforme apresentado na Tabela 3.

Analisando a sobreposição do mapa de zoneamento sísmico da ABNT NBR 15421:2006 com os mapas de frequência de sismos no Brasil confeccionados a partir dos dados da Tabela 1, conforme exposto nas Figuras 2 e 3, percebe-se a considerável presença de Sismos I e II nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte, justificando a sismicidade desses estados no mapa da ABNT NBR 15421:2006. No entanto, algumas regiões que, segundo o mapa da ABNT NBR 15421:2006, estão localizadas na Zona 0 apresentam considerável sismicidade. Além dos estados do Ceará e Rio Grande do Norte, em termos de ocorrência de Sismos I, destacam-se os estados do Pará, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Pernambuco, Bahia, Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro, todos eles com a ocorrência de mais de cinquenta sismos no período estudado. Em termos de ocorrência de Sismos II, destacam-se os estados do Amapá, Amazonas, Acre, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Espírito Santo, São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, todos eles com pelo menos uma ocorrência no mesmo período.

Na confecção desses mapas foram consideradas apenas as frequências de ocorrência de sismos nos estados brasileiros, não considerando exatamente a



► Figura 2
Frequência de Sismos I



► Figura 3
Frequência de Sismos II

► Tabela 4 – Cuidados adicionais e normas de referência

Norma usada como referência	Eurocódigo 8 (Europeia)	ACI-318 (Americana)	NCh 433 (Chilena)	NEC-11 (Equatoriana)	E.030 (Peruana)	Outra norma sísmica
Cuidados adicionais na posição e comprimento dos traspases	36,67%	46,67%	6,67%	0,00%	3,33%	6,67%
Cuidados adicionais na forma e comprimento das ancoragens	39,29%	50,00%	0,00%	0,00%	3,57%	7,14%
Adoção de concentração de estribos para confinamento do concreto	34,62%	50,00%	7,69%	0,00%	0,00%	7,69%
Cuidados adicionais nos nós da estrutura (viga x pilar)	40,00%	40,00%	4,00%	4,00%	4,00%	8,00%

localização dos epicentros e as profundidades dos focos.

Um trabalho conjunto vem sendo feito pela comunidade sismológica do Brasil, envolvendo USP, UnB, UNESP, ON, UFRN, IPT e PUC-RJ, para atualizar o mapa de sismicidade brasileira. Os pesquisadores do IAG/USP, analisando os dados da Rede Sismográfica Brasileira e a localização das falhas tectônicas, divulgaram recentemente o estudo para publicação do novo mapa sismológico brasileiro, incluindo novas regiões onde os tremores de terra podem ser mais frequentes. No novo mapa de sismicidade, além da confirmação da sismicidade dos

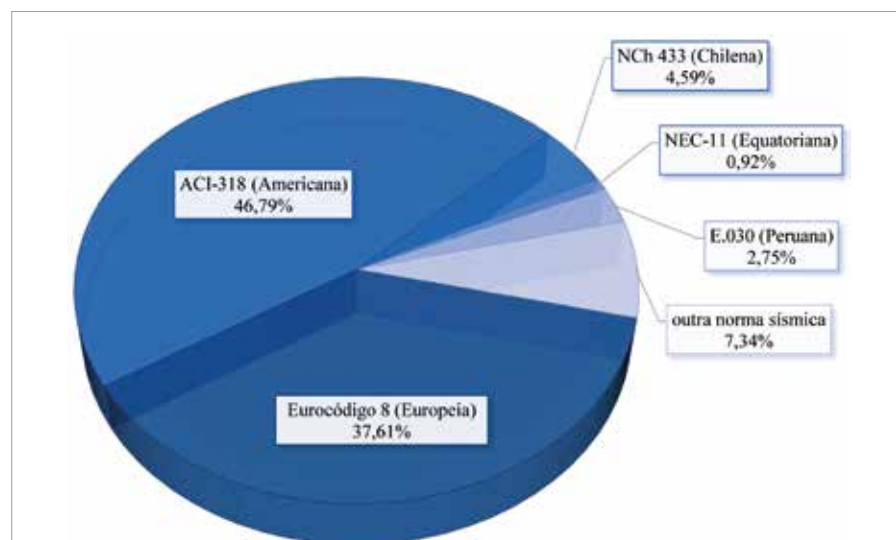
estados do Ceará e Rio Grande do Norte, foram inseridas como regiões de atividades sísmicas importantes regiões que não constam na ABNT NBR 15421:2006, como a região do Pantanal, região central de Goiás, região sul de Minas Gerais, região nordeste do estado de São Paulo e parte da Amazônia. Este mapa ainda passará por estudos conclusivos, principalmente no que se refere aos possíveis efeitos da sismicidade Andina exposta no mapa GSHM [11].

Na proposta do novo mapa, regiões dos estados da Paraíba, Pará, Amazonas, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Minas Gerais, São Paulo e Paraná pas-

sariam a apresentar acelerações sísmicas horizontais características de 0,04g a 0,08g. Regiões dos estados do Ceará, Pernambuco, Mato Grosso e Goiás passariam a apresentar acelerações variando de 0,04g a 0,16g, situações que, dependendo da fragilidade das edificações, podem causar consideráveis danos. No estado do Rio Grande do Norte são apresentadas regiões com acelerações variando de 0,08g a 0,24g [11].

A ABNT NBR 15421:2006, embora faça referência a diferentes níveis de detalhamento para determinação de coeficientes que interferem nas ações sísmicas, como o coeficiente de modificação de resposta R, não faz nenhuma recomendação quanto aos níveis de detalhamento. Mesmo assim, segundo respostas do questionário, 74,51% dos projetistas que consideram as ações sísmicas em seus projetos estruturais afirmaram adotar cuidados específicos no detalhamento. Esses cuidados são baseados em normas estrangeiras, uma vez que nenhuma norma brasileira aborda detalhamentos sísmicos específicos. Na elaboração do questionário foram selecionados, para efeito de consulta, 4 cuidados específicos. A Tabela 4 apresenta o resultado da pesquisa e as normas usadas como referência pelos projetistas.

A norma sísmica mais referenciada sobre detalhamento foi o ACI-318,



► Figura 4 Normas sísmicas estrangeiras usadas como referência para detalhamentos



sendo citado em 46,79% das respostas, seguida pelo Eurocódigo 8, citado em 37,61% das respostas, como indicado no gráfico da Figura 4.

Cuidados adicionais com a posição e comprimento dos traspasses foram os mais destacados entre os respondentes, como mostra o gráfico da Figura 5.

4. RISCO SÍSMICO DAS ESTRUTURAS BRASILEIRAS

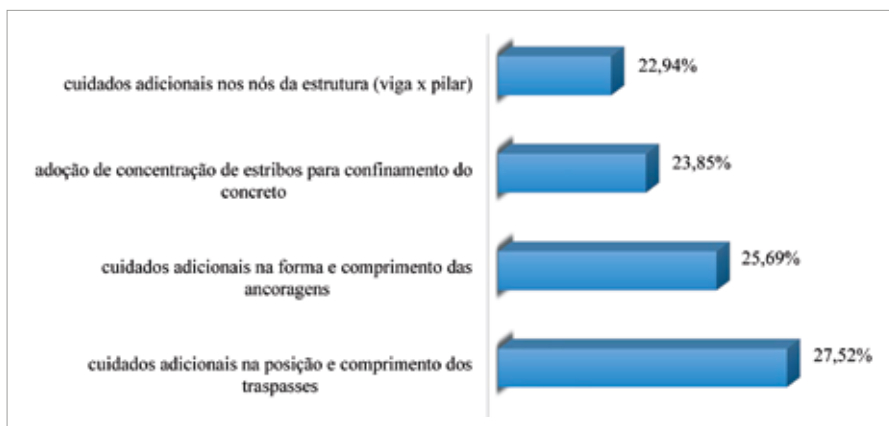
A estimativa do risco sísmico de uma região depende dos seguintes fatores: da ameaça sísmica diretamente relacionada à maior ou menor probabilidade de ocorrência de sismos; da vulnerabilidade das edificações relacionada à capacidade das estruturas de resistirem aos esforços sísmicos com o mínimo de danos; e da exposição de pessoas relacionada à densidade populacional da região em estudo.

4.1 A cidade de Fortaleza – CE

A cidade de Fortaleza, capital do estado do Ceará, representa uma das cidades brasileiras que requerem maior atenção do ponto de vista sísmico. Na região Norte, embora existam áreas situadas em zona sísmica 3 e 4, são regiões muito pouco habitadas, com baixa exposição de pessoas, se comparadas à Fortaleza.

A ameaça sísmica é baseada nos mapas de sismicidade já apresentados. Fortaleza está localizada em zona sísmica 1 do mapa vigente da ABNT NBR 15421:2006 (78km do limite para a zona sísmica 2) sendo a capital brasileira mais próxima de uma manifestação sísmica da ordem de 5,0 graus na escala Richter (sismo de magnitude 5,2 graus na escala Richter ocorrido em Pacajus-CE, no ano de 1980).

O trabalho de Barros [12] apresenta ensaios de sondagens desenvolvidos em



► **Figura 5**
Cuidados adicionais



► **Figura 6**
Edifícios de Fortaleza – CE

vários bairros de Fortaleza, tendo sido utilizado para caracterizar como D e E, segundo os parâmetros da norma sísmica brasileira, as classes de terreno, informação necessária para determinar as ações sísmicas na base dos edifícios.

Em termos de exposição de pessoas, a cidade contava com 2.452.185 habitantes segundo o censo de 2010, com expectativa, segundo o IBGE, de 2.643.247 habitantes em 2018.

4.1.1 PARQUE EDIFICADO

O gráfico apresentado na Figura 7

indica o crescimento da cidade de Fortaleza, tanto em termos de aumento de unidades habitacionais como em termos de verticalização.

Um levantamento preliminar realizado junto à Prefeitura Municipal de Fortaleza indica a presença de aproximadamente 560.000 unidades residenciais oficialmente cadastradas em 2017, incluindo mais de 800 edifícios acima de 13 pavimentos.

Em 1988, 72% das unidades habitacionais eram térreas, 20% correspondiam às unidades habitacionais localizadas entre o 2º e o 4º pavimento, e 8%

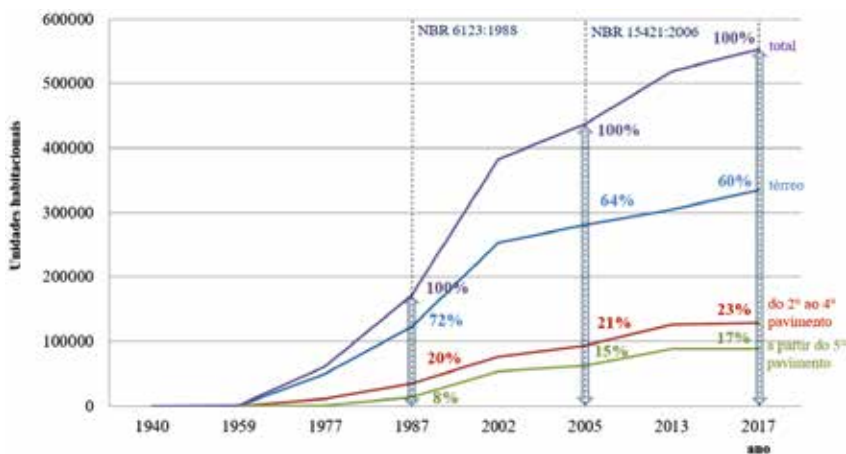


Figura 7
Evolução das unidades habitacionais de Fortaleza-CE, considerando posição nos pavimentos

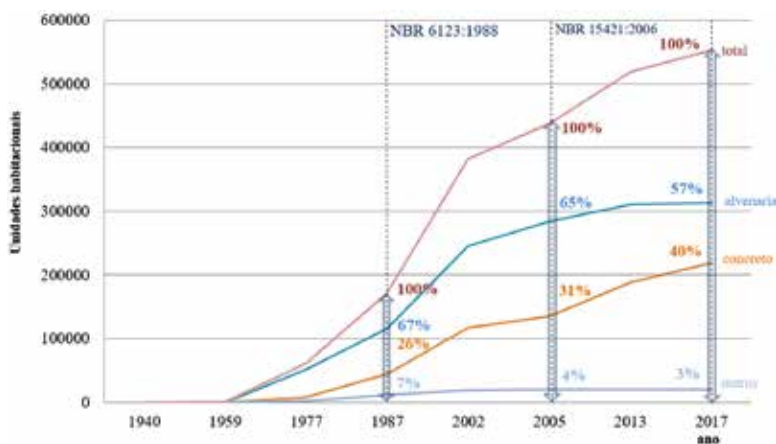


Figura 8
Evolução das unidades habitacionais de Fortaleza – CE, materiais estruturais

Tabela 5 – Normas técnicas brasileiras

Período	Norma regulamentadora		
	Projeto de estruturas de concreto	Forças devidas ao vento em edificações	Projetos de estruturas resistentes a sismos
1940 a 1959	NB-1:1940	—	—
1960 a 1977	NB-1:1960	—	—
1978 a 1987	NB-1:1978	—	—
1988 a 2002	ABNT NBR 6118:1980	ABNT NBR 6123:1988	—
2003 a 2005	ABNT NBR 6118:2003	ABNT NBR 6123:1988	—
2006 a 2013	ABNT NBR 6118:2003	ABNT NBR 6123:1988	ABNT NBR 15421:2006
2014 a 2017	ABNT NBR 6118:2014	ABNT NBR 6123:1988	ABNT NBR 15421:2006

correspondiam às unidades habitacionais localizadas acima do 5º pavimento. Em 2017, essas porcentagens passaram para 60%, 23% e 17%, respectivamente.

Em termos de materiais estruturais, percebe-se no gráfico da Figura 8 a importância do concreto na execução das estruturas, bem como o aumento da utilização deste sistema ao longo dos anos na cidade de Fortaleza. Em 1988, as estruturas de concreto correspondiam a 26% das unidades habitacionais; em 2006, este número já correspondia a 31% e, em 2017, as estruturas de concreto já correspondiam a 40% das unidades habitacionais.

Considerando que as estruturas de concreto obedecem às recomendações normativas, conforme exposto na Tabela 5, pode-se dividir o histórico das construções em 7 períodos em função da publicação e evolução das normas de projeto de estruturas de concreto, da norma de forças devidas ao vento em edificações e da norma de projeto de estruturas resistentes a sismos.

Constatação importante que influencia na vulnerabilidade das edificações é que 31% das unidades habitacionais da cidade de Fortaleza foram construídas antes da publicação da norma de vento brasileira, a ABNT NBR 6123:1988, e que 79% das unidades habitacionais foram construídas antes da publicação da norma sísmica brasileira, a ABNT NBR 15421:2006.

4.1.2 VULNERABILIDADE SÍSMICA

As avaliações de vulnerabilidade sísmica em grandes escalas geográficas foram inicialmente desenvolvidas nos anos 70. Os métodos de avaliação são classificados em 3 grupos: qualitativos, quantitativos e experimentais. Os métodos qualitativos são aqueles concebidos para uma avaliação



generalizada da vulnerabilidade sísmica de um conjunto de edifícios. Esses métodos não permitem identificar claramente a distribuição de danos na estrutura, impossibilitando o desenvolvimento de projeto de reforço sísmico. São sobretudo úteis numa fase preliminar de verificação, podendo em seguida levar à avaliação da vulnerabilidade sísmica estrutural por métodos quantitativos. Os métodos quantitativos são mais rigorosos e podem ser utilizados quando se pretende estudar detalhadamente uma determinada edificação ou quando os métodos qualitativos conduzem a resultados inconclusivos. A aplicação desses métodos envolve a elaboração de um modelo numérico específico. Os métodos experimentais, em geral, possuem custo elevado e envolvem a simulação da aplicação das ações sísmicas em estruturas com modelo de escala reduzida ou em escala real.

Em uma análise preliminar do comportamento das edificações da cidade de Fortaleza submetidas às ações sísmicas, o Método de Avaliação de Vulnerabilidade Sísmica de Hirosawa, adaptado à realidade brasileira como proposto por Miranda [13], é aplicado em uma estrutura modelo. O método de Hirosawa é mundialmente reconhecido e aplicado



em outros países por atender à necessidade de uma avaliação preliminar do parque edificado e por ser um método de rápida aplicação. Esta avaliação sísmica é realizada comparando-se 2 índices: o índice de desempenho sísmico e o índice de solicitação sísmica.

Se o índice de desempenho sísmico for maior ou igual ao índice de solicitação sísmica, o edifício tem segurança face a um evento sísmico; caso contrário, o edifício tem um comportamento incerto.

A estrutura modelo usada para a aplicação do método, cujo pórtico está representado na Figura 9, possui uma área de 1.053,36 m², distribuída em 4 pavimentos, contando com as seguintes características: f_{ck} de 20 MPa, pilares com seção 20x40 cm, vigas com seção 15x40 cm, lajes maciças com 10 centímetros de espessura, painéis de alvenaria de vedação sobre todas as vigas; carga distribuída permanente de 1 kN/m² em cada pavimento, altura entre pavimentos de 2,80 m e vãos livres de 4 m. A estrutura modelo representa uma edificação de uso essencial da ABNT NBR 15421:2006.

O resultado do índice de desempenho sísmico da estrutura modelo é 0,16 e os valores dos índices de solicitação sísmica estão apresentados na Tabela 6. São consideradas classes de terreno D e E e zonas sísmicas 1, 2 e 3.

De acordo com o mapa de sismicidade da norma brasileira, a cidade de Fortaleza localiza-se na zona sísmica 1 a uma distância de 78km do limite para a zona sísmica 2, e considerando os estudos para a elaboração do novo mapa, Fortaleza estaria localizada em uma região de aceleração sísmica horizontal da ordem de 0,15g, sendo esta a aceleração sísmica da zona sísmica 3 da atual norma brasileira.

Sendo considerada a classe de terreno E, na zona sísmica 1, o índice de

solicitação sísmica é igual ao índice de desempenho sísmico e superior nas demais zonas sísmicas. Em classe de terreno D, somente em zona sísmica 1, o índice de solicitação sísmica é inferior ao índice de desempenho sísmico.

Importante observar que a estrutura modelo não apresenta irregularidades estruturais e geométricas, nem em planta nem em elevação, situações agravantes do ponto de vista de vulnerabilidade sísmica.

Nas situações em que as estruturas são consideradas vulneráveis pelo método adaptado, faz-se necessário submetê-las a avaliações mais complexas através de métodos quantitativos e, caso confirmada a insegurança, aplicar procedimentos de reforço estrutural.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

As informações apresentadas neste trabalho justificam a análise quantitativa mais cuidadosa das estruturas de concreto brasileiras. Estas análises estão sendo realizadas especificamente na cidade de Fortaleza-CE. Foi realizado um levantamento detalhado do parque edificado de forma a gerar estruturas modelo representativas das estruturas de concreto de uso residencial da cidade de Fortaleza. Este levantamento apresenta informações sobre as áreas dos edifícios, forma geométrica em planta, número de pavimentos e idade das edificações. O conhecimento da idade das edificações

► **Tabela 6 – Índices de solicitação sísmica**

Zona sísmica	Classe do terreno	
	D	E
Zona 1	0,10	0,16*
Zona 2	0,20	0,31
Zona 3	0,28	0,39

permitirá a adoção dos critérios das normas vigentes no país quando da elaboração do projeto. Além disso, foram levantados dados sobre as características do solo e topografia de todos os bairros, além da quantificação da exposição de pes-

soas em cada bairro e tipo de edificação. Resultados de trabalhos como este, somados à elaboração do novo mapa de sismicidade brasileira, podem indicar a necessidade de revisão da ABNT NBR 15421:2006, além de

respaldarem o governo nacional, estadual ou municipal na implantação de leis, objetivando a redução do risco sísmico ao exigir a adequada construção de novas edificações e o reforço sísmico de edificações vulneráveis. ➤

▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] USGS. Science for a changing world. [Online] Available at: <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/usp000a8ds#impact> [Acesso em 26/01/2016].
- [2] VELOSO, J. A. O terremoto que mexeu com o Brasil. Brasília: Thesaurus, 2012.
- [3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15421: Projetos de estruturas resistentes a sismos: procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.
- [4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto: procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.
- [5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8681: Ações e segurança nas estruturas: procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.
- [6] SANTOS, S. H. C. E LIMA, S. D. S. Evaluation of the impact in the design of buildings of the proposed Brazilian seismic standard. s.l.: Anais do 48º Congresso Brasileiro do Concreto, 2006.
- [7] PARISENTI, R. Estudo de análise dinâmica e métodos da NBR 15421 para projeto de edifícios submetidos a sismos.. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.
- [8] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 1988.
- [9] GALVÃO, P. I. I. Definição de requisitos mínimos necessários para o detalhamento sismo-resistente de edifícios em concreto armado no Brasil. Rio de Janeiro: UFRJ, 2013.
- [10] DANTAS, R. O. L. Subsídios para o projeto de estruturas sismo resistentes. Natal: UFRN, 2013.
- [11] ASSUMPÇÃO, M. *et al.*. Terremotos no Brasil: Preparando-se pra eventos raros. Boletim SBGf – Publicação da Sociedade Brasileira de Geofísica n. 96, 2016, p. 25-29. ISSN 2177-9090.
- [12] BARROS, D. O. Mapeamento Geotécnico do Subsolo da Cidade de Fortaleza em Análise de Perfis de Sondagem à Percussão – SPT. Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia Civil. FANOR. Fortaleza, 2017.
- [13] MIRANDA, P. S. T. Avaliação da vulnerabilidade sísmica na realidade predial brasileira. 1a. ed. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2013.

PRÁTICA RECOMENDADA IBRACON/ABECE

Macrofibras de vidro álcali resistentes (AR) para concreto destinado a aplicações estruturais: definições, especificações e conformidade

Elaborada pelo CT 303 – Comitê Técnico IBRACON/ABECE sobre *Uso de Materiais não Convencionais para Estruturas de Concreto, Fibras e Concreto Reforçado com Fibras*, a Prática Recomendada especifica os requisitos técnicos das macrofibras de vidro álcali resistentes para uso estrutural em concreto.

A Prática Recomendada abrange macrofibras para uso em todos os tipos de concreto, incluindo concreto projetado, para pavimentos, pré-moldados, moldados no local e concretos de reparo.

AQUISIÇÃO

www.ibracon.org.br (Loja Virtual)

DADOS TÉCNICOS

ISBN: 978-85-98576-28-2

Edição: 1ª edição

Formato: eletrônico

Páginas: 26

Acabamento: digital

Ano da publicação: 2017

Coordenador: Eng. Marco Antonio Carnio

PRÁTICA RECOMENDADA IBRACON/ABECE MACROFIBRAS DE VIDRO ÁLCALI RESISTENTE (AR) PARA CONCRETO DESTINADO A APLICAÇÕES ESTRUTURAIS



COMITÊ 303: Materiais não convencionais para Estruturas de Concreto, Fibras e Concreto Reforçado com Fibras

GT4: Caracterização de materiais não convencionais e fibras para reforço estrutural

Coordenador: Eng. Marco Antonio Carnio
Representante CTA: Sônia Maria Carrato Diniz

Patrocínio



Estudo sobre a viabilidade do uso da modelagem numérica em estruturas civis validadas por parâmetros modais obtidos em campo

FABIANO EDUARDO MORAES MATOS – MSc, ASSESSOR DE ENGENHARIA

BANCO DO BRASIL
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS (CEFET-MG)

CLÁUDIO JOSÉ MARTINS – PROFESSOR DOUTOR

DIEGO GOULART DE LUCENA – MESTRANDO

MARINA FERNANDES MONTEIRO CAMPOS – MESTRANDA

NATHALIA ALVES DORNELLAS FONSECA – MESTRE

CEFET – MG

I. INTRODUÇÃO

O processo de manutenção e acompanhamento da integridade de uma estrutura ainda é um desafio para os engenheiros. O monitoramento contínuo do desempenho das estruturas não é comum, mesmo com o número crescente de eventos de colapso estrutural em segmentos como rodoviários, residenciais e até mesmo industriais.

Mas este cenário pode estar com os dias contados. Novos equipamentos e tecnologias já permitem a combinação de técnicas de análises dinâmicas e modelagem computacional para gerar mo-

delos numéricos que representam bem o comportamento dinâmico das estruturas, permitindo um monitoramento mais preciso das estruturas.

Uma das combinações mais promissoras para gerar um modelo numérico validado é a utilização do Método de Elementos Finitos – MEF – com a técnica denominada análise modal operacional, na qual as propriedades modais da estrutura são captadas por medições em campo para ajuste do modelo computacional.

Alguns estudos utilizando esta combinação vêm sendo realizados em obras civis que apresentam significativos carregamentos dinâmi-

cos, apontando bons resultados. Análises de pontes, como realizadas por LARDIES (2011), e estruturas esbeltas, como chaminés analisadas por MINGUINI (2014), demonstram o potencial desta técnica.

Embora pesquisas sobre esse assunto tenham sido desenvolvidas, percebe-se ainda uma carência de dados de análise de edificações de grande porte que possuam características essencialmente estáticas. Com foco nesta lacuna, foi planejado um estudo de edifícios em alvenaria estrutural de grandes dimensões para avaliar a viabilidade do uso da modelagem numérica em estruturas civis validadas por

parâmetros modais obtidos em campo para representar o comportamento dinâmico da edificação real.

2. MÉTODO DE PESQUISA

Para avaliação da aplicabilidade da combinação das técnicas de análise modal e MEF, foi escolhido um condomínio residencial formado por 4 torres idênticas de alvenaria estrutural, com 44 metros de altura, distribuídos por 17 andares, sendo 15 pavimentos-tipo de mais de 570 m² cada e fachada com área superior a 1619 m². A vizinhança constituída de casas em região com ventos em abundância torna as torres de alvenaria sujeitas às ações dos ventos e, com isso, vibrações operacionais na estrutura.

Definido o objeto do estudo, foram planejados dois levantamentos para captação dos dados de vibração, em duas torres, para verificação e validação das formas propostas para aquisição de dados.

A concepção do modelo numérico baseou-se nos projetos executivos, tanto para disposição geométrica dos elementos como para caracterização dos materiais, que neste caso, foi complementada com revisão bibliográfica para obtenção dos seus parâmetros constitutivos.

E, finalmente, foi realizada a calibração do modelo através de alteração de valores dos parâmetros disponíveis no software baseado em MEF. Esta etapa ocorre de forma iterativa, com ajustes e verificações de forma cíclica, até a obtenção do



► **Figura 1**
Disposição das torres no empreendimento

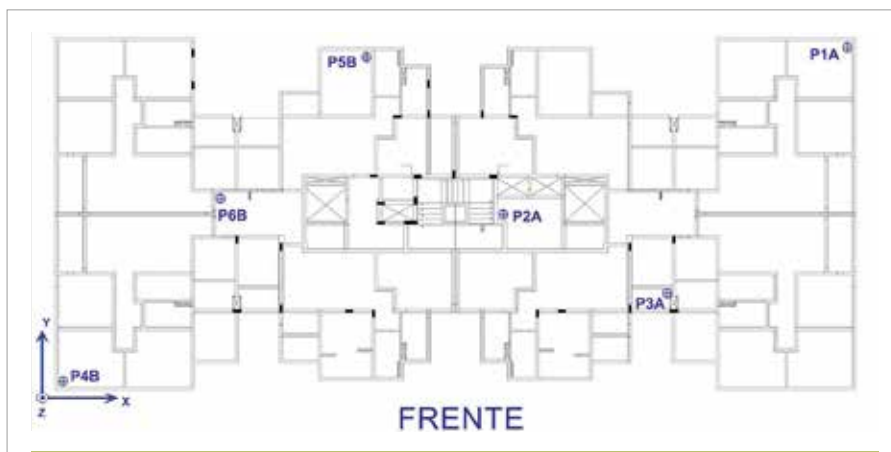
modelo final, que demonstre uma convergência dos seus parâmetros modais com os obtidos no experimento de campo.

3. EXPERIMENTO DE CAMPO

A preocupação inicial do estudo foi com a qualidade dos dados que seriam obtidos nos levantamentos em campo. As grandes medidas da estrutura e as cargas dinâmicas

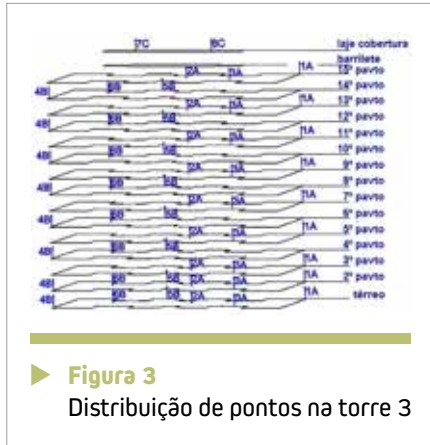
aleatórias, impulsivas e geralmente menos expressivas, geradas principalmente pelos ventos, poderiam constituir num ambiente que não permitisse captação adequada para o registro das vibrações.

Neste cenário, o levantamento da estrutura tornou-se um grande desafio da pesquisa, justificando a execução dos dois experimentos para validação do formato proposto para



► **Figura 2**
Distribuição de pontos no pavimento-tipo

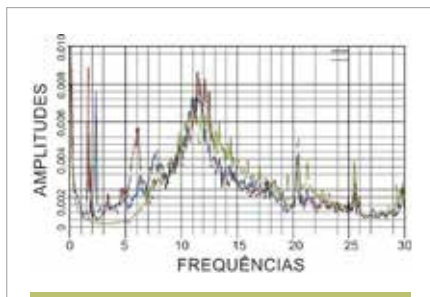




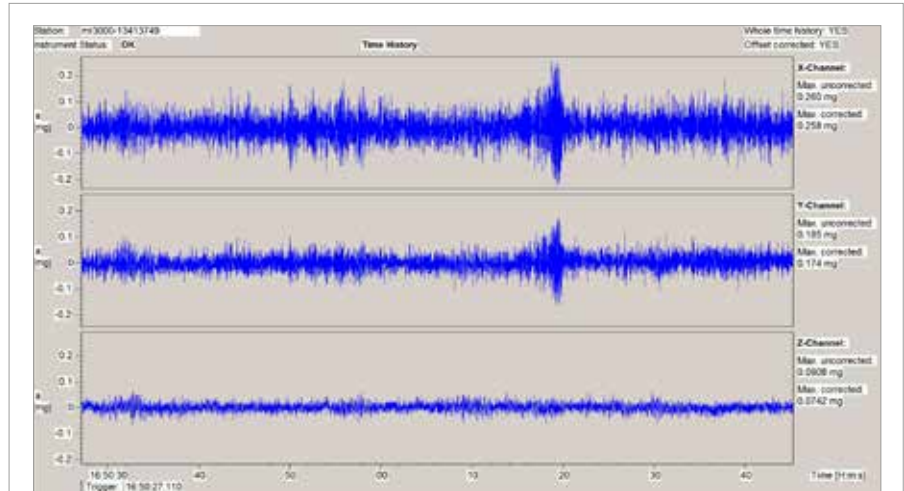
► **Figura 3**
Distribuição de pontos na torre 3

captação dos sinais. No primeiro, mais conservador, houve uma maior preocupação de garantir a obtenção de registros de boa qualidade das vibrações e captar todos os modos de vibração existentes.

Para realizar esse experimento, foi selecionada a torre 3 (Figura 1), onde foi programada uma distribuição de 53 pontos de leitura em locais previamente demarcados horizontalmente nos pavimentos (Figura 2) e verticalmente nos andares de forma alternada (Figura 3). Para captação dos sinais, foram utilizados dois conjuntos triaxiais de aquisição de dados, cada um com 3 acelerômetros. Para cada local, foi configurada a captação de duas



► **Figura 5**
Resultado do processamento de sinais obtido pelo método FDD para a torre 3



► **Figura 4**
Registro das vibrações captadas nos 3 eixos realizado simultaneamente

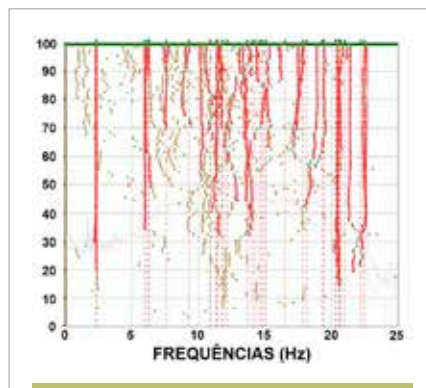
horas de gravação dos sinais, totalizando 106 horas, para garantir que todos os modos de vibração fossem registrados.

Outro aspecto importante na configuração dos equipamentos foi a adoção da taxa amostral de 100 Hz, garantindo assim uma boa cobertura do espectro de vibrações presentes na estrutura.

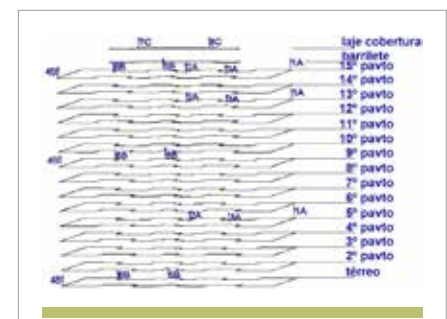
Os registros das vibrações operacionais aleatórias (Figura 4) foram

contaminadas de ruídos provenientes do próprio equipamento e de fontes externas. Nesta fase, com a leitura direta das respostas no tempo, não foi possível obter os parâmetros modais, sendo necessário então um tratamento do sinal.

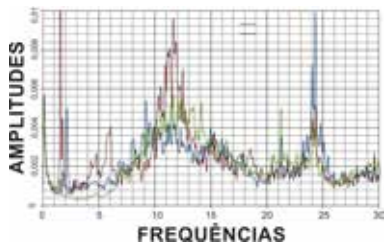
Para realização dos tratamentos dos sinais, várias técnicas podem ser aplicadas como demonstra BRINCKER (2014). Dentre os procedimentos mais utilizados, dois métodos destacam-se: a decomposição no domínio da frequência (FDD) e a identificação estocástica em subespaço (SSI), que,



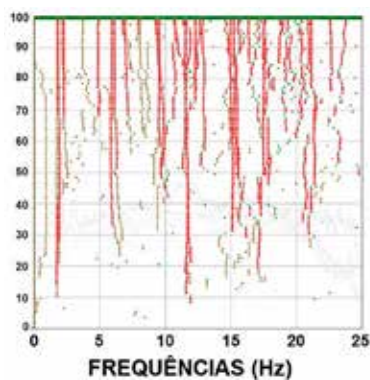
► **Figura 6**
Resultado do processamento de sinais obtido pelo método SSI para a torre 3



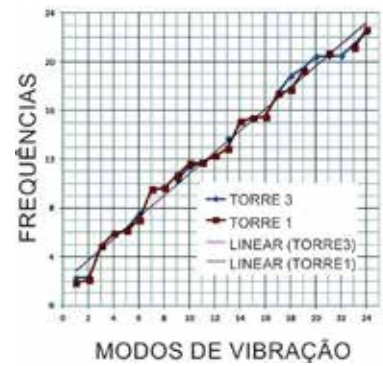
► **Figura 7**
Distribuição de pontos na torre 1



► **Figura 8**
Resultado do processamento de sinais obtido pelo método FDD para a torre 1



► **Figura 9**
Resultado do processamento de sinais obtido pelo método SSI para a torre 1



► **Figura 10**
Gráfico de regressão linear dos resultados obtidos nos experimentos da torre 3 e da torre 1

devido as suas vantagens, foram selecionadas para utilização no tratamento dos sinais.

A decomposição no domínio da frequência extrai parâmetros modais a partir das funções de densidade espectral das séries temporais e destaca-se pela agilidade no seu processamento. (Figura 5).

A identificação estocástica em subespaço, que se baseia nas funções de correlação das respostas no tempo, tem grande utilidade para dissociação de frequências muito próximas entre si. No entanto, o seu processamento é mais robusto e exige maior tempo para obtenção do seu resultado (Figura 6).

Concluído o primeiro experimento, verificou-se que as condições da edificação permitiam o registro com qualidade das suas vibrações. Porém, o registro, por ser muito longo, demandou um elevado tempo para o seu processamento. Com essas informações, foi planejado o segundo levantamento, ocorrido na torre 1, de forma mais simplificada e otimizada.

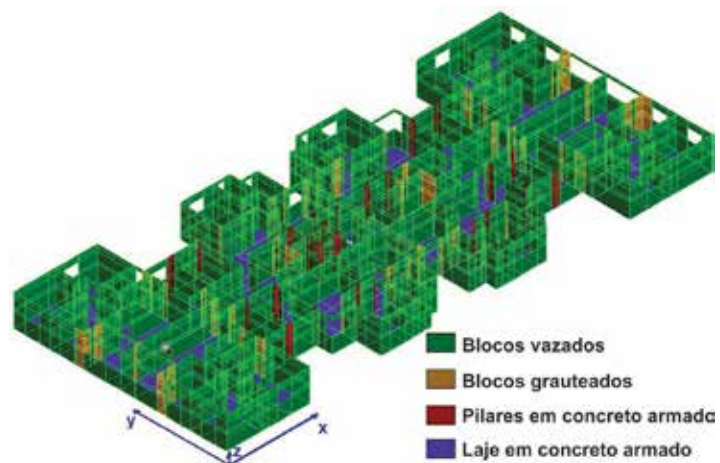
A distribuição horizontal dos pontos de leitura foi mantida com as mesmas demarcações utilizadas na torre 3. Entretanto, a distribuição vertical foi redimensionada para 18 pontos, de forma mais espaçada (Figura 7).

A duração da captação dos sinais em cada ponto foi revista, pois foi observado que os sinais muito longos não contribuíram de forma significativa nos resultados obtidos. A captação dos sinais foi então redu-

zida para uma hora em cada ponto, totalizando 18 horas de dados registrados no segundo experimento.

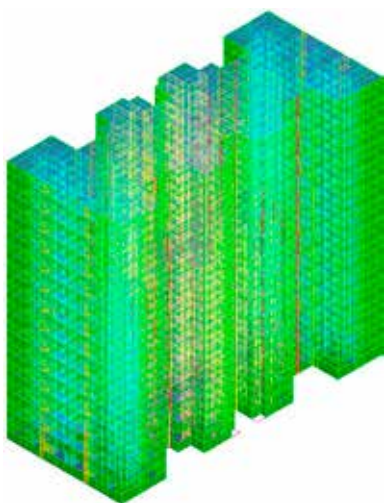
Os demais procedimentos de configuração do conjunto de acelerômetros e de tratamento dos sinais foram rigorosamente os mesmos adotados para a torre 3, alcançando os resultados apontados nas Figuras 8 e 9.

Analisadas as campanhas realizadas para as torres 3 e 1, observou-se



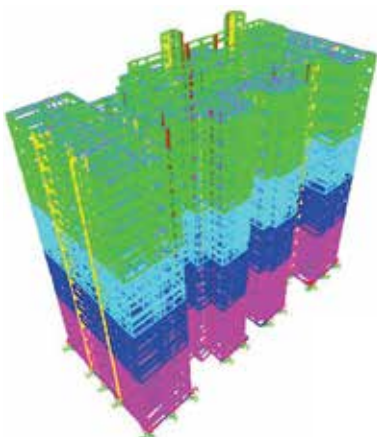
► **Figura 11**
Tipos de elementos estruturais encontrados no pavimento-tipo





► **Figura 12**
Modelo numérico da torre em estudo

uma correlação de 99,82% entre as frequências naturais experimentais (Figura 10), indicando assim que a preocupação na forma de obtenção dos parâmetros modais em uma estrutura de grande porte havia sido superada.



- Alvenaria projetada para resistência de 3,6 Mpa
- Alvenaria projetada para resistência de 6 Mpa
- Alvenaria projetada para resistência de 8 Mpa
- Alvenaria projetada para resistência de 10 Mpa

► **Figura 13**
Distribuição dos prismas segundo sua resistência à compressão

► **Tabela 1 – Características das propriedades utilizadas no modelo inicial**

	Resistência dos materiais MPa	Modulo de elasticidade GPa	Peso específico kN/m ³	Coefficiente de Poisson
Prismas de alvenarias de 10 MPa	10	8	14	0,2
Prismas de alvenarias de 8 MPa	8	6,4	14	0,2
Prismas de alvenarias de 6 MPa	6	4,8	14	0,2
Prismas de alvenarias de 3,6 MPa	3,6	2,9	14	0,2
Prismas de alvenaria grauteada	17,5	19,9	24	0,2
Pilares	30	31	25	0,2
Lajes	30	31	25	0,2
Cintas	30	31	25	0,2

4. DESENVOLVIMENTO DO MODELO NUMÉRICO

Para o desenvolvimento do modelo numérico, houve a preocupação de dispor todos os elementos estruturais que, neste caso, são predominados por alvenarias em blocos de concreto, sendo em alguns trechos reforçados com graute e barras de aço.

A representação da alvenaria ao nível dos blocos exige um alto custo computacional e tornou-se inadequada para o estudo. Sendo assim, a solução adotada para este problema foi a utilização de prismas de alvenarias com propriedades de material equivalente, como foi proposto por Lourenço (1996).

Pilares, lajes, cintas e estacas de concreto armado complementam o arranjo estrutural com função importante na transmissão das cargas e, dessa forma, devem ser caracterizadas no modelo.

Consideradas a diversidade de materiais, a disposição dos elementos (Figura 11) e seus acoplamentos, o modelo teve que ser executado

com especial atenção na consideração dos vãos de portas, passagens, janelas baixas e altas. O desenvolvimento detalhado do modelo mostrou-se complexo devido à obrigatoriedade do nível de discretização mínima para representação da estrutura, diferenciando os elementos pelo tipo de material que os constituíam, sem prejuízo na representatividade das medidas de projeto.

Finalizada a confecção do modelo, realizado em software baseado em MEF, foi verificada uma totalidade de 45297 nós, sendo 84 com restrição tipo “string” para simulação das estacas, 767 elementos lineares dispostos como cintas e 47846 elementos de casca para representação das alvenarias, lajes e pilares (Figura 12).

Definida a geometria da estrutura, a cada elemento disposto no modelo foram atribuídos os parâmetros constitutivos de cada material de que é formado. Por tratar-se de uma construção desenvolvida em alvenaria estrutural,



► **Figura 14**
Gráfico de regressão linear dos resultados obtidos no modelo inicial e no experimento da torre 3

torna-se fundamental considerar a variação de resistência à compressão dos prismas de acordo com a disposição dos pavimentos (Figura 13) para a obtenção dos respectivos módulos de elasticidade.

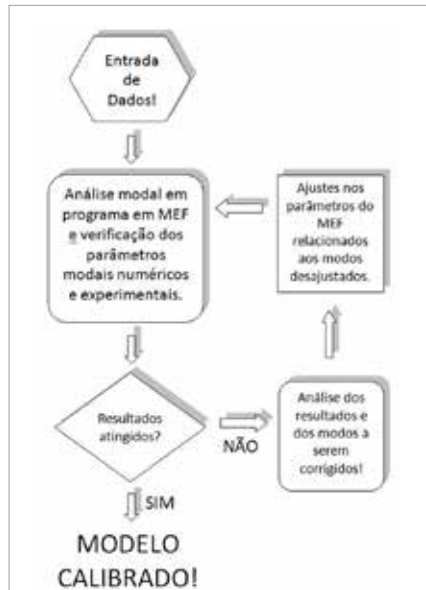
Conhecidas as resistências dos prismas projetados para a edificação, foram realizados os cálculos dos respectivos módulos de elasticidade, utilizando a equação (1) prevista na norma ABNT NBR 15961-1:2011, e, para o módulo de elasticidade do bloco grauteado, foi adotada a equação (2) da norma ABNT NBR 6118:2014.

$$E_{alv} = 800 f_{pk} \quad 1$$

Onde f_{pk} é a resistência característica do prisma de alvenaria expressa em MPa e E_{alv} , o módulo da alvenaria expressa em GPa.

$$E = \alpha E \times 5600 \sqrt{f_{ck}} \text{ para } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa} \quad 2$$

onde αE é o parâmetro em função da natureza do agregado e f_{ck} é a resistência característica a compressão do concreto.



► **Figura 15**
Ciclos de ajustes para calibração do modelo numérico

As propriedades de peso específico e coeficiente de Poisson das alvenarias foram retirados da ABNT NBR 15961-1:2011, enquanto que as propriedades dos elementos de concreto foram obtidas da ABNT NBR 6118:2014. A Tabela 1 apresenta os dados utilizados no modelo inicial.

Com a atribuição dos parâmetros constitutivos dos materiais aos elementos, a modelagem foi concluída com a aplicação de elementos tipo mola para representação das estações de fundação como condições de contorno. Colocada as restrições, o modelo se mostrou habilitado para o processamento da análise modal e realização dos devidos ajustes.

5. PROCESSAMENTO E CALIBRAÇÃO DO MODELO

O processamento da análise modal foi desenvolvido em software ba-



► **Figura 16**
Gráfico de regressão linear dos resultados obtidos no modelo final e no experimento da torre 3

seado em MEF para obtenção dos principais modos de vibração e as respectivas frequências naturais. No primeiro processamento, o modelo mostrou-se robusto e exigindo o cálculo 271.782 equações de equilíbrio em cada etapa de calibração, sugerindo que os ajustes deviam ser bem planejados para diminuir o número de ciclos para a sua calibração final.

As principais mobilizações de massa ocorreram nos primeiros quatorze modos de vibração iniciais. No entanto, a baixa mobilização de massa nesses modos indicou que o modelo inicial não teve uma adequada representatividade da estrutura real. A comprovação desta constatação pode ser verificada no gráfico com os dados obtidos no modelo numérico e dos experimentais extraídos da torre 3 (Figura 14).

Verificada a necessidade de calibração do modelo, foram selecionados os parâmetros do software cujas alterações seriam mais significativas



no ajuste das frequências naturais. Entretanto, os ajustes não poderiam ser realizados de forma aleatória, pois os parâmetros a serem modificados representavam aspectos físicos do comportamento dos materiais e deveriam respeitar os valores previstos em normas.

Definidos os parâmetros para efetivação das alterações, o processo de calibração foi realizado de forma iterativa, com ciclos de ajustes (Figura 15) dos parâmetros dos materiais, focando na convergência das frequências naturais do modelo com os valores encontrados no experimento realizado para torre 3.

Os resultados finais apresentaram um erro médio de 8,2% e correlação de 93,74% em relação aos dados experimentais (Figura 16).

6. CONCLUSÃO

O estudo proposto apresentou alguns desafios. Dentre eles, destaca-se o levantamento dos modos de vibração e as respectivas frequências em campo, visto que o edifício tem uma estrutura robusta,

com característica essencialmente estática. A predominância de cargas dinâmicas aleatórias, sem o conhecimento da sua capacidade de gerar vibrações significativas que pudessem ser captadas, gerou um grande questionamento inicial.


Outro aspecto a ser superado foi a representação numérica da estrutura num nível de detalhamento que permitisse uma boa aproximação do comportamento global do edifício modelado com o da estrutura real. Para isso, foi exigido uma discretização com grande número de elementos, formados por materiais diversos e uma atenção extra no acoplamento desses, a fim de minimizar ao máximo a ocorrência de erros.

Analisando os resultados, foi possível observar a viabilidade do uso da modelagem numérica calibrada e validada por parâmetros modais obtidas em campo para caracterizar uma estrutura de engenharia civil. Essa técnica, com apoio de outros métodos de investigação, pode contribuir significativamente tanto na entrega da obra para registro da sua situação

estrutural inicial, quanto no cadastro e monitoramento das intervenções estruturais futuras, e ainda, de forma corretiva, no auxílio na identificação de eventuais danos.

Em conclusão do estudo apresentado neste artigo, nota-se que já há disponibilidade de tecnologia e recursos suficientes e economicamente viáveis que permitem a produção de modelos numéricos calibrados de estruturas civis, que venham a representar de forma precisa o seu comportamento global. O aumento da utilização desse processo poderá contribuir para análise, verificação e monitoramento da estrutura, garantindo de forma eficaz a sua integridade e representando um avanço no segmento de manutenção de obras, com a abertura de mais um campo de atuação na engenharia.

7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CEFET-MG e as equipes de engenharia do Banco do Brasil de Salvador e BH pelo incentivo ao desenvolvimento da pesquisa. 

▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] LARDIES, Joseph; MINH-NGI, Ta. Modal parameter identification of stay cables from output-only measurements. *Mechanical systems and signal processing*, v. 25, n. 1, p. 133-150, 2011
- [2] MINGHINI, Fabio; MILANI, Gabriele; TRALLI, Antonio. Seismic risk assessment of a 50m high masonry chimney using advanced analysis techniques. *Engineering Structures*, v. 69, p. 255-270, 2014.
- [3] ÇAKIR, F.; SEKER, B.S.; DUMUS, A.; DOĞANGÜN, A.; ULYSAL, H.. Seismic assessment of a historical masonry mosque by experimental tests and finite element analyses. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 19 (1), 2015, p. 158-164.
- [4] BRINCKER, Rune. Some elements of operational modal analysis. *Shock and Vibration*, v. 2014, 2014.
- [5] LOURENÇO, PAULO B. Computational strategies for masonry structures. TU Delft, Delft University of Technology, 1996.
- [6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto. Rio de Janeiro, 2014.
- [7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15961 – Alvenaria Estrutural – Blocos de Concreto Parte 1. Rio de Janeiro, 2011.

Controle da resistência à compressão do concreto: análise comparativa entre os procedimentos propostos pela ABNT, ACI e EN

RICARDO BONI

CARLOS BRITZ

PhD ENGENHARIA

PAULO HELENE

PhD ENGENHARIA,
ALCONPAT Int.

I. INTRODUÇÃO

No Brasil, atualmente, o controle da resistência à compressão do concreto é realizado de acordo com as prescrições da norma ABNT NBR 12655:2015 “Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento”, que apresenta, no subitem 6.2 “Ensaio de resistência à compressão”, os limites máximos para a formação de lotes de concreto, critérios de amostragem e os dois tipos de controle considerados: controle estatístico por amostragem parcial e controle por amostragem total.

No controle por amostragem parcial as amostras são coletadas aleatoriamente de betonadas distintas, respeitando a quantidade mínima de exemplares (conforme os grupos e classes de resistência do concreto), para posterior determinação do $f_{ck,est}$ por meio de expressões matemáticas (com fundamento estatístico) denominadas estimadores, formulados para o caso

mais comum de amostras, com número de exemplares compreendidos entre $6 \leq n < 20$, e, para amostras com vinte ou mais exemplares ($n \geq 20$). Neste caso leva em conta a resistência média (f_{cm}) e o desvio padrão de produção e ensaio efetivo, denominado na norma como s_d .

Ressalta-se que, no Brasil, o controle por amostragem parcial é comumente empregado em fábricas de pré-moldados de concreto (lajes alveolares, vigas, pilares, dormentes, etc.), devido, principalmente, à dinâmica de produção que usa betoneiras de pequeno volume ($< 1m^3$). Nos casos de obras de arte ou de edificações, construídas por concretagem in loco e caminhões betoneira de $8 m^3$, a amostragem é preponderantemente total, a 100%.

Quanto ao controle por amostragem total (100%), todas as betonadas são amostradas e a resistência característica à compressão do concreto estimada ($f_{ck,est}$) é dada pelo valor da resistência à compressão do exemplar de cada be-

tonada, uma vez que a amostra, neste caso de 100%, confunde-se com a população. Trata-se de um controle largamente utilizado no Brasil em obras de edifícios comerciais e residenciais de múltiplos pavimentos desde a vigência da ABNT NB-1 de 1978.

Conforme estabelecido no subitem 6.2.2 “Amostragem” da norma ABNT NBR 12655:2015, cada exemplar deve ser constituído por, no mínimo, dois corpos de prova da mesma amassada e moldados no mesmo ato. A resistência do exemplar (ou seja, daquela betonada), para uma determinada idade de ruptura, é a maior dentre os dois valores obtidos no ensaio de resistência à compressão. Outras normas, como ACI 318 e EN 206, adotam a média dos valores, estabelecendo uma tolerância máxima de diferença entre dois ou mais resultados de corpos de prova da mesma amassada/betonada. Em todas as normas uma amassada/betonada, qualquer que seja seu volume, só tem um valor de resistência, ou seja,



► Tabela 1 – Traço do concreto $f_{ck} = 40\text{MPa}$, em massa, materiais secos, para 1m^3 de concreto

Insumos do traço do concreto	$f_{ck} 40\text{MPa}$
Cimento (CP III-40-RS)	380kg
Sílica ativa	20kg
Água	180kg
Areia fina natural	364kg
Areia artificial, areia de brita	546kg
Brita 0 (dimensões de 4,5mm a 9,5mm)	279kg
Brita 1 (dimensões de 9,5mm a 19mm)	651kg
Aditivo polifuncional, 0,6% em massa de cimento	2,3kg
Aditivo superplastificante, 1,2% em massa de cimento	4,6kg
Massa específica do concreto fresco (kg/m^3)	2420
Espalhamento (classe)	SF2
Teor de ar aprisionado (%)	0,8

sempre representam apenas um exemplar, ou seja, uma unidade de produto ou um indivíduo estatístico.

O controle da resistência à compressão do concreto das estruturas de edificação e de obras de arte é parte integrante da introdução da segurança no projeto estrutural, sendo indispensável sua permanente comprovação ao longo da execução da estrutura, bem como a sua respectiva rastreabilidade por meio do adequado mapeamento do lançamento do concreto.

Neste trabalho estão apresentados os resultados obtidos durante o controle de resistência à compressão do concreto realizado por amostragem total à luz da ABNT NBR 12655, bem como análises comparativas com o controle proposto pela norma americana ACI 318-14 “*Building Code Requirements for Structural Concrete*” e pela norma europeia EN-206:2013 “*Concrete – Specification, performance, production and conformity*”.

Para tanto, foi analisado um único traço de concreto $f_{ck} = 40\text{MPa}$, autoadensável com classe de espalha-

mento SF 2 (*slump-flow* de 660mm a 750 mm), conforme classificação da ABNT NBR 15823:2010 “Concreto autoadensável. Parte 1: Classificação, controle e aceitação no estado fresco”, produzido em uma única Central dosadora, durante um período de 2 anos e 9 meses, e aplicado nas estruturas de concreto armado de 1 (uma) torre comercial e 2 (duas) torres corporativas, com 24 e 36 pavimentos, de um empreendimento de grande porte localizado na cidade de São Paulo.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO E PREMISSAS

2.1 Características do concreto e particularidades da produção

Com base nas diretrizes do método de dosagem IBRACON (Tutikian & Heleine, 2011), nas especificações de projeto, nos insumos disponíveis, nas condições e particularidades do canteiro de obras do empreendimento, foi realizado um extenso estudo de dosagem racional e experimental para elaboração de um traço de concreto autoadensável com $f_{ck} = 40\text{MPa}$. Este estudo foi desenvolvido em conformidade com as normas ABNT NBR 12655 e ABNT NBR 15823.

Considerando todos os aspectos mencionados, obteve-se o traço detalhado na Tabela 1.

Também foi realizado um evento de concretagem protótipo para avaliar o comportamento do concreto estudado em laboratório, nas condições de obra. Na oportunidade, observou-se em campo que a quantidade de aditivo superplastificante seria variável, da ordem de 30%, em virtude das condições climáticas, mantendo-se constantes as demais variáveis.

A Fig. 1 apresenta o aspecto visual



► **Figura 1**
Aspecto visual do concreto autoadensável observado durante o ensaio de espalhamento (*slumpflow test*)

do concreto em questão, em seu estado fresco, observado durante a execução do ensaio de espalhamento para determinação da fluidez (*slumpflow test*).

Esse traço foi adotado para a produção regular, tendo se mostrado adequado durante todo o período de mais de 2 anos, considerado neste estudo.

A produção do concreto foi realizada em Central dosadora estacionária provida de sistema de carregamento automatizado, baias e ponto de carga cobertos, balanças e hidrômetros aferidos mensalmente (inclusive os hidrômetros localizados nos locais denominados redosadores) e disponibilidade de seis caminhões betoneira. A Central dosadora estacionária de concreto se localizava no interior do canteiro de obras e produziu os vários concretos exclusivamente para o empreendimento em questão, com capacidade de produção de até 70 m³/hora.

Quanto aos procedimentos de carga, as britas, areias, cimento, água e aditivo polifuncional eram adicionados no ponto de carga da Central e a sílica ativa era colocada na esteira rolante diretamente sobre os agregados, visando assegurar melhor homogeneização da mistura final, que era realizada no balão do caminhão betoneira.

A umidade dos agregados miúdos era determinada 3 vezes ao dia, no mínimo, através da utilização do frasco de Chapman (ABNT NBR 9775:2011 “Agregado Miúdo – Determinação do teor de umidade superficial por meio do frasco de Chapman – Método de ensaio”). A umidade obtida era lançada no software do sistema de balança da Central dosadora, que efetuava automaticamente as correções necessárias.

Após carregamento do concreto, era adicionado, no redosador da Central dosadora, o aditivo superplastificante. Essa adição era procedida em volume por profissional treinado por meio da utilização de baldes graduados.

Importante registrar que, uma vez fora da Central dosadora, não era permitido adicionar água ao concreto, em hipótese alguma. Caso houvesse necessidade de correção do espalhamento, era empregado o aditivo superplastificante (adicionado, eventualmente, em canteiro de obras por profissional treinado após autorização do responsável e somente para correção da fluidez do concreto fresco).

Nesse contexto, o concreto foi fornecido sempre com o mesmo traço, pela mesma Central dosadora, durante

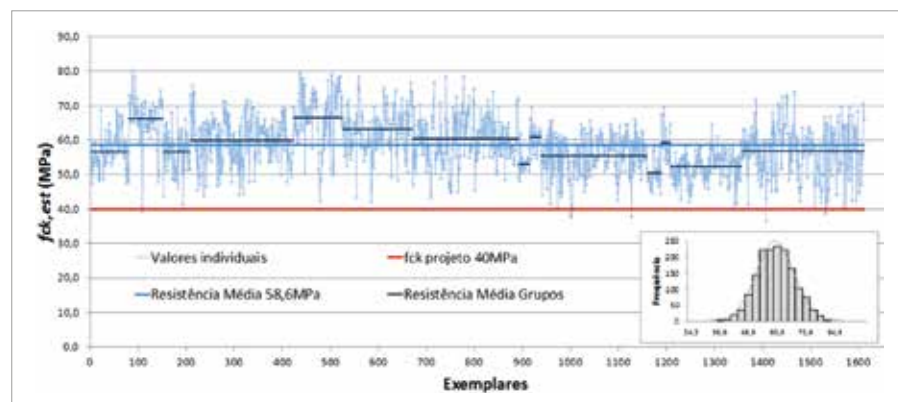
um período de 2 anos e 9 meses. No total, foram gerados, com este traço, aproximadamente 1.600 caminhões betoneira com, no máximo, 8 m³ cada, totalizando cerca de 12.000 m³ de concreto, ou seja, em média 360 m³/mês.

2.2 Plano de controle da resistência adotado

O controle de resistência à compressão do concreto foi realizado por amostragem total, respeitando as prescrições da norma ABNT NBR 12655, por Laboratório acreditado pelo INMETRO, pertencente à Rede Brasileira de Laboratório de Ensaios (RBLE), que utilizou laboratoristas qualificados e certificados pelo IBRACON através de seu Núcleo de Qualificação e Certificação de Pessoal (NQCP).

O plano de controle da resistência do concreto adotado durante todo o processo de produção consistia na moldagem de 4 (quatro) corpos de prova cilíndricos com diâmetro de 10 cm e altura de 20 cm para cada um dos caminhões betoneira, sendo, 1 (um) para ensaio de resistência à compressão aos 7 dias, 2 (dois) para 28 dias e 1 (um) para 63 dias de idade.

Os corpos de prova foram moldados em fôrmas metálicas, em local plano, protegido das intempéries, à sombra e, posteriormente (após desfôrma entre 24 h e 36 h), transportados em caixas de areia seca até a central do Laboratório de controle tecnológico, localizado a uma distância de aproximadamente 15 km do canteiro de obras, para sazonalização e ensaio. Esses corpos de prova foram armazenados em câmara úmida, tiveram seus topos preparados por meio de retificação e foram ensaiados em prensas calibradas periodicamente, em conformidade



▶ **Figura 2**
Carta de valores individuais com base nos resultados de resistência à compressão do concreto aos 28 dias de idade e histograma correspondente



com as normas ABNT NBR 5738:2015 “Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova” e ABNT NBR 5739:2007 “Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos”.

3. RESULTADOS

3.1 Apresentação dos resultados de resistência à compressão à luz da ABNT

A resistência à compressão de cada um dos exemplares foi determinada após ruptura dos corpos de prova, conforme prescrições da norma ABNT NBR 5739.

Na Fig. 2 está apresentada a carta de valores individuais das resistências à compressão do concreto aos 28 dias de idade, o histograma e a distribuição normal correspondente. Nesta carta, o eixo das abscissas apresenta os exemplares em ordem cronológica e o eixo das ordenadas, os valores de resistência à compressão de cada um dos exemplares.

A carta apresenta cerca de 1600 resultados de resistência à compressão, obtidos ao longo de 2 anos e 9 meses. Esses resultados variaram de 36,6 MPa a 80,1 MPa, com média de 58,6 MPa, sendo o menor valor obtido equivalente a $0,91 \cdot f_{ck}$. Foram constatados 11 (onze) resultados abaixo da resistência especificada em projeto ($f_{ck} = 40\text{MPa}$), ou seja, cerca de 0,7% do total de caminhões. Em uma distribuição normal (curva de Gauss), o quantil de defeituosos corresponderia a um coeficiente de 2,46 (ao invés de 1,645 para quantil de 5%).

A variabilidade da resistência à compressão de um mesmo traço de concreto pode oscilar em torno de diferentes valores, pois no decorrer do processo produtivo ocorrem mudanças de centra-

► Tabela 2 – Desvio padrão do processo, ABNT NBR 7212:2012

Local de preparo do concreto	Desvio padrão (MPa)			
	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4
Central	$s < 3,0$	$3,0 < s < 4,0$	$4,0 < s < 5,0$	$s > 5,0$

gem, principalmente devido a diferentes partidas de cimento e agregados.

Considerando o conceito de resistência característica do concreto descrito no subitem 12.2 “Valores característicos” da norma ABNT NBR 6118:2014 “Projeto de estruturas de concreto – Procedimento”, o valor da resistência à compressão desse concreto, obtido diretamente da população, seria de $f_{ck,5\%} = 46,5\text{MPa}$. O desvio padrão das operações de produção e ensaio obtido foi $s_c = 6,6\text{MPa}$ e o coeficiente de variação $V_c = 11,2\%$.

Ainda, a resistência característica desse concreto, adaptada do critério de amostragem parcial da ABNT NBR 12655, seria de $f_{ck,est} = f_{cm} - 1,65 \cdot s_c = 47,7\text{MPa}$, apesar que, neste caso, trata-se apenas de uma especulação matemática, pois o critério efetivo a ser utilizado deve ser o de amostragem total a 100%.

3.2 Avaliação do controle do processo de produção

De acordo com o item 7 “Análise do processo” da ABNT NBR 7212:2012

“Execução de concreto dosado em central – Procedimento”, a avaliação do controle do processo deve ser realizada com base no desvio-padrão, conforme apresentado na Tabela 2.

Dessa forma, por meio da análise do desvio padrão e dos critérios preconizados pela ABNT NBR 7212:2012, trata-se de uma Central Nível 4. De acordo com os parâmetros estabelecidos atualmente pela ABNT NBR 12655, esse desvio padrão da produção é elevado e não compatível com produção de concreto em usina, classe A. Por outro lado, a norma ABNT NB-1 de 1960, considerava que produção de concreto com desvio padrão igual ou inferior a 15% devia ser classificada como produção rigorosa, ou seja, corresponderia à melhor classificação na época.

Segundo o ACI 214 subitem 4.5 “Standards of control”, para concretos de $f_{ck} \geq 35\text{MPa}$ (caso em questão), o coeficiente de variação (v_c) é o parâmetro que deve ser usado para qualificar ou classificar o rigor de produção do concreto, conforme apresentado na Tabela 3, e nesse caso a

► Tabela 3 – Coeficiente de variação das operações de produção e ensaio (v_c), ACI 214

Tipo de serviço	Padrão de controle				
	Excelente	Muito bom	Bom	Razoável	Deficiente
Controle em canteiro de obras	$< 7,0\%$	$7,0\% \text{ a } 9,0\%$	$9,0\% \text{ a } 11,0\%$	$11,0\% \text{ a } 14,0\%$	$> 14,0\%$
Pesquisas em laboratório	$< 3,5\%$	$3,5\% \text{ a } 4,5\%$	$4,5\% \text{ a } 5,0\%$	$5,0\% \text{ a } 7,0\%$	$> 7,0\%$

► Tabela 4 – Coeficientes d_2 para cálculo do desvio padrão das operações de ensaio e controle

Número p de corpos de prova	d_2
2 (dois)	1,128
3 (três)	1,693
4 (quatro)	2,059

produção pode ser classificada com rigor bom/razoável.

Pode-se então concluir que a produção desse traço ao longo de mais de 2 anos apresentou rigor adequado com variabilidade normal ou razoável.

3.3 Influência das operações de ensaio e controle

Os resultados de resistência à compressão aos 28 dias de idade disponibilizados foram analisados, do ponto de vista da influência das operações de ensaio e controle, de acordo com os critérios recomendados pelo American Concrete Institute no ACI-214R-11 “Guide to Evaluation of Strength Test Results of Concrete”, que partem do pressuposto de que cada betonada/amassada apresenta apenas um resultado de resistência e a eventual diferença entre corpos de prova irmãos se deve às operações de ensaio.

► Tabela 5 – Coeficiente de variação das operações de ensaio e controle (v_e), ACI 214

Tipo de serviço	Padrão de controle				
	Excelente	Muito bom	Bom	Razoável	Deficiente
Controle em canteiro de obras	< 3,0%	3,0% a 4,0%	4,0% a 5,0%	5,0% a 6,0%	> 6,0%
Pesquisas em laboratório	< 2,0%	2,0% a 3,0%	3,0% a 4,0%	4,0% a 5,0%	> 5,0%

Os critérios de controles sugeridos no Capítulo 4 “Analysis of Strength Data” do ACI-214R-11 estabelecem o seguinte:

a) Cálculo do desvio padrão das operações de ensaio e controle:

$$s_e = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{n.d.2} \quad 1$$

onde:

s_e : desvio padrão das operações de ensaio em MPa;

n: número de exemplares considerados compostos de p corpos de prova (nunca inferior a 10 exemplares);

A: diferença entre o maior e o menor resultado de corpos de prova que representam um mesmo exemplar;

d_2 : coeficiente que depende do número p de corpos de prova representativos de um mesmo exemplar, conforme Tabela 4.

b) Cálculo do coeficiente de variação ou variabilidade das operações de ensaio e controle:

$$V_e = \left(\frac{s_e}{f_{cmj}} \right) \cdot 100 \quad 2$$

onde:

s_e : desvio padrão das operações de ensaio em MPa (valor obtido no item a);

V_e : coeficiente de variação devido às operações de ensaio e controle (%);

f_{cmj} : média de todos os resultados utilizados, a j dias de idade, em MPa.

c) Padrão de Controle, conforme Tabela 5.

Considerando a diferença de resistência à compressão entre os 2 (dois)

corpos de prova irmãos rompidos aos 28 dias de idade, os resultados obtidos ao longo de todo o período de produção do concreto indicaram desvio padrão das operações de ensaio e controle (s_e) variando de 0,6 MPa a 1,0 MPa e coeficiente de variação devido as operações de ensaio e controle (v_e) entre 1,1% a 1,6%, podendo ser considerado padrão excelente de controle.

3.4 Análise comparativa entre os métodos de controle propostos pela ABNT e ACI

Conforme detalhado anteriormente, o controle da resistência à compressão do concreto foi realizado por amostragem total de acordo com as prescrições da norma ABNT NBR 12655. Entretanto, quando os valores de resistência à compressão dessa mesma produção de concreto são analisados à luz do ACI 318, o julgamento final do processo não coincide. Isso se justifica devido ao fato dos procedimentos de amostragem, bem como os critérios de aceitação prescritos pelo ACI, serem distintos do modelo adotado pela ABNT.

Quanto à amostragem, o ACI 318 no item 26.12 “Concrete evaluation and acceptance” recomenda como critérios mínimos:

- um exemplar por dia de concretagem;
- um exemplar para cada 115 m³ de concreto produzido;
- um exemplar para cada 465 m² de área superficial para lajes ou paredes;
- o controle para volumes inferiores a 38 m³ é dispensado, desde que exista carta de traço aprovada.

Ainda, de acordo com o ACI 318, o valor da resistência à compressão de cada um dos exemplares é determinado pela média aritmética simples dos resultados obtidos. Conforme ASTM



C39-16b “Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens”, caso os valores individuais dos corpos de prova irmãos difiram de mais de 8%, os resultados são inadequados e o ensaio deveria ser repetido. O ACI 318, assim como a ABNT NBR 12655 e a norma europeia EN-206:2013 “Concrete – Specification, performance, production and conformity”, também considera que de cada betonada moldada é obtido apenas 1 (um) valor de resistência à compressão.

O ACI 318 prescreve os seguintes critérios de aceitação e conformidade:

- ▶ para $f_{ck} \leq 35\text{MPa}$, nenhum resultado individual deve ser inferior a $f_{ck} - 3,5\text{MPa}$;
- ▶ para $f_{ck} > 35\text{MPa}$ (caso em questão), nenhum resultado individual pode ser inferior a $0,9 * f_{ck}$;
- ▶ a média móvel de quaisquer 3 (três) resultados consecutivos deve ser igual ou superior a resistência característica definida em projeto (f_{ck}).

Dessa forma, a fim de realizar uma análise comparativa entre os controles efetuados pela ABNT e ACI, todos os valores de resistência à compressão obtidos aos 28 dias de idade também foram tratados e organizados de acordo com os critérios de amostragem e aceitação propostos pelo ACI 318, conforme apresentado adiante.

Considerando o critério mínimo de amostragem proposto pelo ACI de um exemplar a cada 115 m^3 de concreto (ou seja, uma moldagem de corpos de prova a cada 14 caminhões betoneira de 8 m^3), tornou-se possível analisar inúmeras combinações de resultados, uma vez que foram moldados corpos de prova para todos os caminhões betoneira (população). Sendo assim, para estudar todas as possibilidades, foram determinadas as envoltórias dos va-



▶ **Figura 3**
Envoltória de resistência à compressão dos valores médios individuais de cada caminhão betoneira

lores individuais e da média móvel de 3 (três) resultados consecutivos (valores máximos e mínimos assumidos).

Conforme critério preconizado pelo ACI 318, todos os valores individuais devem ser maiores que 36 MPa ($0,9 * f_{ck}$). Observa-se na Fig. 3 (envoltória dos valores individuais) que, diante de todas as possibilidades, nenhum valor é menor que 36 MPa (salienta-se que o menor valor médio individual registrado foi de 36,2 MPa). Logo, este critério de aceitação foi sempre atendido.

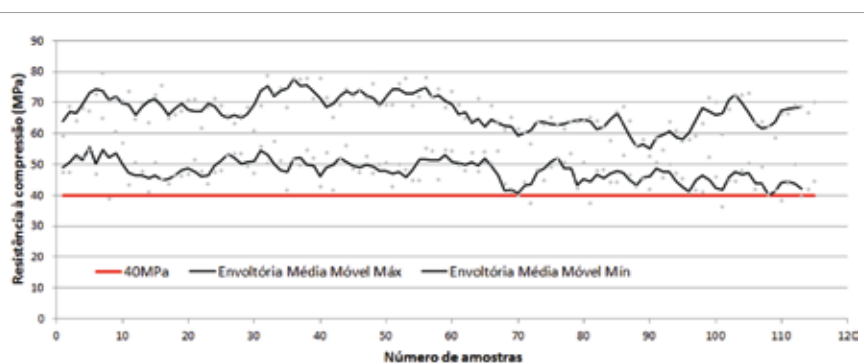
Ainda, de acordo com o ACI, para garantir a aceitação do concreto, deve-se efetuar outro tipo de análise. Na Fig. 4 está apresentada a envoltória da média móvel ao longo de todo o período de produção [valores máximos e mínimos de quaisquer 3 (três) resultados consecutivos]. Nota-se que em nenhum caso a média móvel foi inferior à resistência

característica definida em projeto (40 MPa). O menor valor registrado foi de 40,1 MPa. Sendo assim, seja qual for a combinação de resultados considerada, esse critério de aceitação também foi sempre atendido.

Portanto, considerando o cenário mais desfavorável possível, se o controle tecnológico do concreto fosse realizado à luz do ACI 318 não existiriam não conformidades uma vez que ambos os critérios (valores individuais e média móvel) sempre foram atendidos simultaneamente. Essa constatação difere da ABNT NBR 12655 que encontrou 11 não conformidades!

3.5 Análise comparativa entre os métodos de controle propostos pela ABNT e EN

Assim como a norma americana, a



▶ **Figura 4**
Envoltória da média móvel de 3 valores consecutivos ao longo do período de produção

metodologia europeia EN 206 estabelece 2 (dois) critérios para análise da conformidade da resistência à compressão do concreto: critério para resultados individuais e critério para resultados médios.

No caso da análise por meio do critério individual, cada resultado deve satisfazer a seguinte condição: todo e qualquer valor individual deve ser $\geq f_{ck} - 4$ MPa.

Quanto ao critério para resistências médias, a norma em questão permite que a resistência à compressão seja avaliada por um dos seguintes métodos:

- ▶ método A ou controle da produção inicial. Neste caso, a resistência média de 3 (três) resultados consecutivos deve ser $\geq f_{ck} + 4$ MPa, sendo que os critérios de conformidade foram desenvolvidos com base em resultados de ensaio não sobrepostos. Logo, a aplicação de critérios de sobreposição de resultados (média móvel de resultados consecutivos) aumenta o risco de rejeição;
- ▶ método B ou controle de produção contínua. Trata-se de uma opção quando os critérios de produção contínua são estabelecidos, ou seja, quando pelo menos 35 (trinta e cinco) resultados de ensaios es-

tao disponíveis em um período de 3 (três) meses. De acordo com este método, a média de 15 (quinze) ou mais resultados consecutivos [disponibilizados em um período não superior a 3 (três) meses] deve ser $\geq f_{ck} + 1,48\sigma$ (adotando-se como σ o desvio padrão determinado no final do controle de início de produção).

A EN 206 ainda permite que a conformidade da resistência à compressão do concreto seja avaliada pelo emprego de gráficos de controle (método C), desde que as condições de produção contínua estejam estabelecidas e que esta seja certificada por terceiros, o que não é o caso desse estudo.

Quanto à formação dos lotes, quando a produção contínua é realizada em centrais de concretos com certificação de controle de produção, as amostras devem ser retiradas a cada 200 m³ (ou uma a cada 3 dias de produção). Se a produção de concreto não possuir certificação de controle de produção (caso em questão), as amostras devem ser retiradas a cada 150 m³ (ou uma por dia de produção). Importante: nos primeiros 50 m³ de produção devem ser retiradas 3 (três) amostras, no mínimo.

É válido registrar que esta norma permite como resultado de um exemplar o valor obtido de um único corpo de prova ou, no caso de mais rupturas, o resultado é definido como o valor médio. Os resultados individuais que se afastarem mais de 15% do valor da média devem ser desconsiderados.

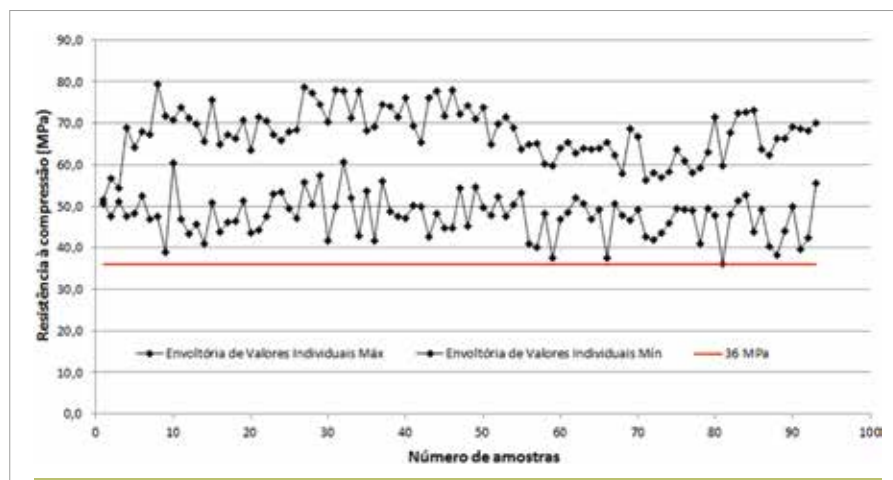
Sendo assim, analogamente ao caso discutido anteriormente (ACI), uma vez que foram moldados corpos de prova para todos os caminhões betoneira (população), no caso da EN também foi possível efetuar uma análise considerando inúmeras combinações de resultados.

De acordo com o critério mínimo de amostragem proposto pela EN de 3 (três) exemplares nos primeiros 50 m³ de produção e, posteriormente, 1 (um) exemplar a cada 150 m³ de concreto (ou seja, uma moldagem de corpos de prova a cada 18 caminhões betoneira de 8 m³), obteve-se a envoltória de valores individuais apresentada na Fig. 5.

Nota-se que, durante o período de produção, o critério de valores individuais preconizado no subitem 8.2.1.3.1 “Criteria for individual results” da EN 206:2013 foi atendido em todos os casos. Novamente, vale lembrar que o menor valor de resistência à compressão obtido nesse período foi de 36,2 MPa, considerando a média dentre 2 (dois) corpos de prova irmãos.

Quanto a análise dos resultados médios, de forma a contemplar todas as possibilidades, considerou-se a envoltória dos valores médios de 3 (três) resultados consecutivos não sobrepostos, conforme evidenciado na Fig. 6.

Assim como no caso da curva dos valores individuais, a curva de valores médios obtida durante todo o período de produção sempre atendeu às exigências estabelecidas no subitem



▶ **Figura 5**
Envoltória de resistência à compressão dos valores individuais



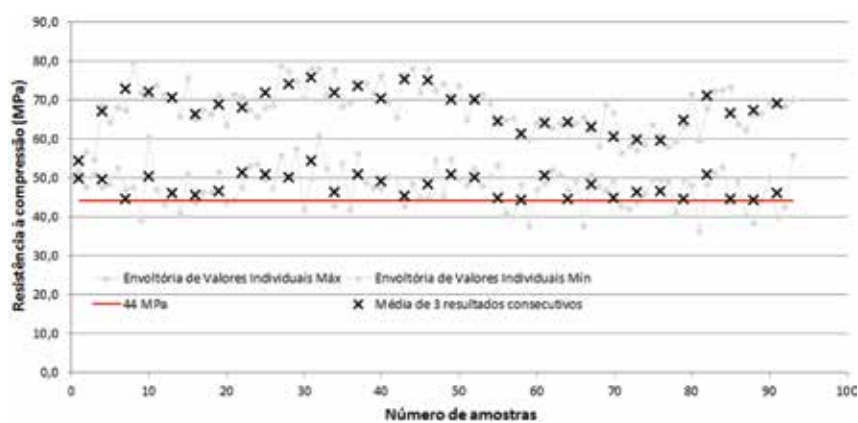
8.2.1.3.2 “Criteria for mean results” da EN 206:2013. Neste caso, o menor valor obtido, para a situação mais desfavorável, com probabilidade de ocorrência de 10^{-8} , foi de 44,1MPa.

4. CONCLUSÕES

O controle de resistência à compressão do concreto preconizado pela normalização brasileira é muito rigoroso e o mais seguro. A amostragem total a 100% (população), os resultados são analisados individualmente, sem tolerâncias, ou seja, todo e qualquer valor de resistência que esteja inferior à especificação de projeto será considerado não conforme, por menor que seja a diferença. Entretanto, apesar de muito seguro, trata-se de um controle oneroso, pois envolve a moldagem, manuseio, transporte, cura, retificação e ruptura de muitos corpos de prova do concreto de todos os caminhões betoneira recebidos em obra (controle por amostragem total).

Neste caso para esta obra o controle via ABNT NBR 12655 implicou na moldagem e ruptura de cerca de 3.200 corpos de prova (96 CPs por mês). Segundo o ACI 318 bastaria moldar e romper 228 CPs (7 CPs por mês) e segundo EN-206, bastaria 88 CPs (nem 3 CPs por mês).

Nota-se que a metodologia de controle prescrita pelo ACI 318 e EN 206 é muito mais branda, quando comparada



► **Figura 6**

Envoltória da média de 3 (três) valores consecutivos não sobrepostos ao longo do período de produção

aos critérios da norma brasileira. Nessas normas, o controle sempre é realizado por amostragem parcial leve, são estabelecidas tolerâncias para os valores individuais de resistência à compressão e, além disso, também se aplica o conceito da média de resultados consecutivos como critério de aceitação.

Na opinião dos autores deste artigo os critérios de aceitação e conformidade preconizados pela ABNT NBR 12655 são muito rigorosos e caberia flexibilizar o valor de resultados individuais dentro de uma margem de até $0,9 f_{ck}$. Por outro lado, o critério de amostragem adotado no Brasil se coloca a favor da segurança e na opinião destes autores, apesar de oneroso, deve ser mantido como está, ou seja, amostragem a 100%.

Neste estudo de caso, os resultados obtidos por meio do controle tecnológico prescrito pela ABNT NBR 12655 apontaram para um índice de não conformidade

de 11 vezes em aproximadamente 1.600 caminhões betoneira (0,7%). Essa não conformidade “insignificante” gerou consultas ao projetista, desgastes entre os intervenientes e revisões de projeto absolutamente desnecessárias. Em contrapartida, os mesmos resultados, quando analisados à luz das metodologias prescritas pelo ACI 318 e EN 206, indicaram um índice de não conformidade nulo ou zero, como de fato deveria ser.

Adotar a flexibilização, aceitando alguns poucos valores individuais de até $0,9 f_{ck}$ como conformes, certamente impactaria de maneira positiva no processo de produção, minimizando possíveis custos, retrabalhos, revisões de projeto, atrasos em cronogramas de obra e desgastes desnecessários entre os intervenientes da cadeia produtiva do concreto, sem comprometimento da segurança, durabilidade e qualidade final das estruturas de concreto.

► REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655. Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento. ABNT, 2015
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118. Projeto de estruturas de concreto – Procedimento, Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT, 2014.
- [3] ACI 214R-11 (2011), Guide to Evaluation of Strength Test Results of Concrete, American Concrete Institute.
- [4] ACI 318-14 (2014), Building Code Requirements for Structural Concrete, American Concrete Institute.
- [5] ASTM 39-16b (2016), Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens, ASTM International.
- [6] EN 206 (2013), Concrete – Specification, performance, production and conformity, European Committee for Standardization.
- [7] PACHECO J. & HELENE P. Controle da resistência do concreto – 1ª Parte, Revista Concreto e Construções, 2013, n. 69, pp 75 - 81.
- [8] PACHECO J. & HELENE, P. Controle da resistência do concreto – 2ª Parte, Revista Concreto e Construções, 2013, n. 70, pp 90 - 98.
- [9] TUTIKIAN, B.; HELENE, P. Dosagem dos Concretos de Cimento Portland. In: Geraldo C. Isaia (Org). Concreto: Ciência e Tecnologia. 1 ed. São Paulo: IBRACON, 2011, v.1, p. 415-451.

O Brasil e os terremotos

FERNANDO REBOUÇAS STUCCHI – HEAD DA DELEGAÇÃO NACIONAL / REPRESENTANTE DA AMÉRICA LATINA

fib / fib MC 2020

Quando, em 1992, começamos a trabalhar na revisão da ABNT NBR 6118, uma questão central eram os carregamentos horizontais. Era preciso requerer com mais firmeza a consideração do efeito do vento, uma vez que estávamos projetando edifícios cada vez mais altos, esbeltos e sem travamentos de alvenaria. Assim foi feito na versão aprovada em 2003, que incluiu também o desaprumo, condicionante nos edifícios que, embora baixos, usavam tam-

bém vãos maiores sem travamentos de alvenaria.

A introdução desses dois requisitos tinha por traz também uma outra ideia. Embora os sismos no Brasil sejam pequenos, eles existem e as construções precisam estar preparadas para enfrentá-los. Esses dois requisitos ajudam a proteger nossas construções, tornando-as mais robustas, especialmente os edifícios baixos através do desaprumo.

Logo em seguida à aprovação da ABNT NBR6118, foi preparada e

aprovada e ABNT NBR15421 – Projeto de estruturas resistentes a sismos. A maior parte do Brasil, Zona 0, não é sísmica e aqueles dois requisitos acima nos garantem a robustez necessária, mas existem áreas, Zona 1, onde um carregamento horizontal pré-definido é requerido, e outras, Zonas 2 a 4, onde não se pode escapar de um projeto sismo-resistente.

Com essa norma, o projeto de edifícios sismo-resistentes fica definido, mas infelizmente ainda não o de pontes sismo-resistentes. Como



Ponte sobre o Rio Daule, em Guayaquil, no Equador

elas têm uma relação peso/rigidez e uma exposição ao vento bem diferentes dos edifícios, critérios específicos devem ser estabelecidos.

Com a ABNT NBR15421 já vigente há mais de dez anos, os engenheiros precisam de bibliografia de apoio e desenvolvimento. Além do ótimo livro “Análise Dinâmica de Estruturas”, de Sergio Hampshire dos Santos (coordenador da ABNT NBR15421) e Silvio S. Lima, que estuda o assunto no quarto capítulo, existem muitas publicações internacionais originárias dos países muito sísmicos, e certamente as publicações da *fib* (*International Federation For Structural Concrete*), que enfrentam o assunto de forma ajustada a de nossas normas.

Existe uma série de publicações da *fib* que merecem destaque:

- ▶ *Bull 24 – Seismic design and assessment of Reinforced Concrete Buildings;*
- ▶ *Bull 25 – Displacement-based seismic design of Reinforced Concrete Buildings;*
- ▶ *Bull 27 – Seismic design of precast Reinforced Concrete Buildings;*
- ▶ *Bull 39 – Seismic bridge design and retrofit;*
- ▶ *Bull 68 – Probabilistic Performance-based seismic design;*
- ▶ *Bull 69 – Critical comparison of major seismic codes for buildings;*
- ▶ *Bull 78 – Precast concrete buildings in seismic areas.*

Essas publicações são muito interessantes e úteis, com destaque para as duas últimas.

O *Bull 69* faz uma comparação das mais reconhecidas normas internacionais, num trabalho muito interessante iniciado por Park e Paulay, desde a publicação da norma sísmica da Nova Zelândia.

O *Bull 78* é uma evolução do 27 no ataque ao problema do projeto sísmico-resistente de edifícios pré-moldados. Esse boletim é internacionalmente reconhecido no campo dos pré-moldados.

O assunto sísmico votou à baila no Workshop *fib* MC 2020 realizado em São Paulo ano passado. O Código Modelo da *fib* é um importante documento em constante desenvolvimento para a Engenharia Estrutural no Mundo todo e inclusive para o Brasil, país que integra a federação através do Grupo Nacional formado pelas entidades, ABECE, ABCIC e IBRACON.

Através da expressiva atuação brasileira na federação, pretende-se promover uma maior integração na América Latina. Um tema, considerado vital e de interesse de todos para esta integração, é a questão dos sismos. Os países situados no lado do Pacífico têm larga experiência no assunto e podem participar do MC 2020, sugerindo novidades com base no *Bull 69* ou trabalhos equivalentes, como o em curso no IABSE (*International Association for Bridge and Structural Engineering*), sob a coordenação do Sergio Hampshire dos Santos. A primeira reunião virtual, que marcou o início dos trabalhos visando estruturar o texto-base de contribuição da América Latina, coordenada desde o Brasil, foi realizada recentemente, no dia 23 de novembro e contou com “experts” dos seguintes países: México, Chile, Colômbia e Brasil. Foi realizada com êxito e será seguramente uma referência futura neste tema.

Função da ABNT NBR15421, os projetistas brasileiros deverão estar

preparados para projetos sísmo-resistentes, mas não só para isso. Oportunidades aparecem no mercado internacional onde essa capacitação é exigida.

É o caso, por exemplo, do Porto de Nacala para exportação de carvão de Moçambique. A mina, a ferrovia e o porto foram projetados e construídos pela Vale e já estão hoje operando.

Da mesma forma ocorreu com o Porto de Astialba, na Venezuela, onde a análise se complica por conta da significativa interação solo estrutura decorrente da solução em cais estaqueado, e na duplicação da Ponte sobre o Rio Daule, em Guayaquil, no Equador.

Mesmo aqui no Brasil aparecem problemas especiais de projeto sísmico mais exigente. É o caso da Usina de Angra 3 e das instalações para fabricação e manutenção do nosso Submarino Nuclear. Por razões de segurança da população, na região dessas instalações nucleares, o período médio de retorno do valor característico do sismo sobe dos usuais 475 anos para até 10 mil anos. Vale lembrar que o período médio de retorno das cargas acidentais usuais, com o TB450 para rodovias, é de 140 anos.

Assim sendo e considerando este tema ser um desafio global, como a maior parte dos assuntos que envolvem as transformações do nosso planeta, estar fazendo parte de um federação como a *fib*, que integra 45 países, e levando a contribuição brasileira com uma maior integração com a América Latina, é de fundamental importância para o desenvolvimento contínuo dos trabalhos, inclusive da normalização brasileira. 📧

Os vergalhões e o concreto armado no Brasil

FERNANDO REBOUÇAS STUCCHI – PROFESSOR TITULAR, DIRETOR E MEMBRO

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP) – EGT ENGENHARIA – COMITÊ BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO CIVIL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT/CB2)

I. INTRODUÇÃO

Na procura de dados da evolução do aço para concreto armado no Brasil, nos deparamos com grande quantidade de informações da História do Concreto Armado. De fato, a evolução do Concreto Armado acompanhou a evolução do concreto e do aço nele utilizados, bem como toda a normalização correspondente.

2. ENTRADA DA NORMALIZAÇÃO – PRIMEIROS PASSOS

É interessante começar pela NB1-1940. Essa, a primeira norma da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), recém-fundada, veio depois de uma considerável evolução de pequenas obras até edifícios como o “Martinelli”, em São Paulo, e o “A Noite”, no Rio de Janeiro, mas principalmente após a construção da Ferrovia Mairinque-Santos. Vale recordar que esse processo construtivo foi liderado por Humberto Fonseca, que conseguiu, com seus parceiros, convencer os dirigentes da Sorocabana Railway a executar as Obras de Arte em concreto armado, e não em estrutura metálica, como era tradicional na época.

Junto com Fernando Lobo Carneiro e Telêmaco Van Langendonck, Humberto Fonseca ajudou na elaboração da NB1, que, na sua primeira versão publicada em 1940, já continha um critério de cálculo da flexão na ruptura. Nessa época, só duas normas no mundo faziam isso, a NB1 e a Norma Russa!

Justamente um ano antes saía a primeira versão da EB3-1939¹, naquela época definindo apenas os aços 37CA e 50CA, com limite de escoamento² de 24 e 30 kgf/mm², equivalentes a 240 e 300 MPa, respectivamente (naquela época a classe do aço não se definia pelo limite de escoamento, mas pelo limite de resistência³, por isso 37 e 50 em lugar de 24 e 30). Nessa primeira especificação de aços para concreto armado já se tinha preocupação com a ductilidade do aço, especificando um alongamento mínimo na ruptura e um ensaio de dobramento!

A evolução da NB1 passou da versão de 1940 para a de 1950 e 1960, quando evoluiu o critério de cálculo na ruptura, caminhando na direção do que temos hoje e atingindo inclusive os pilares!

Foi um pouco depois, no ano de 1967, que saiu a segunda versão da EB3. Nessa versão, bastante ambicio-

sa, apareciam 5 tipos de aço (CA24, 32, 40, 50 e 60). A Tabela 1 mostra, para cada um desses aços, a tensão de escoamento, a relação ruptura/escoamento, o alongamento de ruptura, o diâmetro de dobramento e, pela primeira vez, o coeficiente de conformação superficial.

Esse coeficiente era muito importante para a ancoragem das barras no concreto, bem como emendas por transpasse, especialmente no caso de aço de alta resistência, como CA50 e 60, que exigiram barras de alta aderência de forma a evitar comprimentos muito grandes de ancoragem. Essa segunda versão da EB3 já trazia critérios para o cálculo dos comprimentos de ancoragem (com ou sem gancho) e de emenda.

Por outro lado, as mossas e saliências correspondentes agravavam o problema da fadiga, pouco importante nas barras lisas, mas importante nas de alta aderência, por conta da concentração de tensão que as saliências criavam. De novo, preocupados em evitar rupturas frágeis, agora por fadiga, nossos mestres da época introduziram, com as barras de alta aderência, os critérios para verificação da fadiga.

¹ NB-3 PASSOU A SER NBR 7480 POR TER SIDO REGISTRADA PELO INMETRO.

² LIMITE DE ESCOAMENTO CORRESPONDE AO PATAMAR QUE SE OBSERVA NO DIAGRAMA TENSÃO-DEFORMAÇÃO, EM QUE AS DEFORMAÇÕES CRESCEM SEM QUALQUER ACRÉSCIMO DE TENSÃO.

³ LIMITE DE RESISTÊNCIA CORRESPONDE AO PONTO MAIS ALTO DO TRECHO DE ENCRUAMENTO DO DIAGRAMA TENSÃO-DEFORMAÇÃO, QUE SE APRESENTA APÓS O PATAMAR DE ESCOAMENTO.

DE FATO, APÓS ESSE PATAMAR A BARRA DE AÇO REQUER MAIS FORÇA PARA SE ALCANÇAR, DIZEMOS QUE ELA ENCRUA, ATÉ QUE ROMPA EFETIVAMENTE NO TOPO DESSE TRECHO, O LIMITE DE RESISTÊNCIA.



► Tabela 1 – Características mecânicas exigíveis das barras e fios de aço destinadas a armaduras de peças de concreto armado, presente na ABNT/EB 3 (ABNT NBR 7480:1967) - Condições de emprego da barras de aço destinadas a armadura de peças de concreto armado

Categoria	Ensaio de tração			Ensaio de dobramento		Aderência	Distintivo da categoria
	Tensão de escoamento δ_e mínima kgf / mm ²	Tensão de ruptura δ_r mínima	Alongamento em 10 ϕ mínimo ¹	Diâmetro do pino (ângulo de 180°)		Coeficiente η mínimo ($\phi = 10$ mm)	Cor
				$\phi < 25$ mm	$\phi \leq 25$ mm		
CA 24	24	1,5 δ_e	18 %	1 ϕ	2 ϕ	1,0	–
CA 32	32	1,3 δ_e	14 %	2 ϕ	3 ϕ	1,0	verde
CA 40	40	1,1 δ_e	10 %	3 ϕ	4 ϕ	1,2	vermelha
CA 50	50	1,1 δ_e	8 %	4 ϕ	5 ϕ	1,5	branca
CA 60	60	1,1 δ_e	7 %	5 ϕ	6 ϕ	1,8	azul

¹ Os fios de diâmetro igual ou menor que 5,0 mm poderão apresentar alongamento mínimo, de ruptura, em 10 ϕ , de 6%.

3. CONTÍNUA PREOCUPAÇÃO DO BRASIL COM A DUCTILIDADE

Aqui vale a pena contar uma história que mostra quão diferenciada era a nossa preocupação com ductilidade, desde o início. Num curso de Concreto Armado na França apareceu um problema de uma viga muito baixa, onde a tensão no concreto resultava muito alta. Um aluno sugeriu que se aumentasse a armadura de tração, aumentando a penetração da linha neutra (x)⁴ e resolvendo o problema. Um pouco sem jeito intervi dizendo que isso não era permitido no Brasil, porque a peça resultaria superarmada, apresentando uma ruptura frágil pelo concreto à compressão, e não uma dúctil pelo aço escoando.

Esse exemplo mostra como no Brasil, por causa do modelo na ruptura, acabamos nos preocupando mais com a ductilidade a ponto de definir e evitar peças superarmadas (veja que até hoje não verificamos tensões no concreto em serviço). Note-se que isso não aconteceu na França, um país muito adiantado em Concreto

Armado, até porque foi lá que ele foi inventado, talvez porque lá só se usassem modelos de tensões admissíveis.

É lógico que hoje o Eurocode EC2, que usa modelos de cálculo nos Estados Limites, limita a penetração da linha neutra de forma a evitar peças superarmadas. Por outro lado, o EC2 requer verificação de tensões no concreto em serviço, o que leva a peças mais espessas. A experiência tem mostrado que, evitando peças superarmadas, não é necessária tal verificação.

4. CONSTANTE BUSCA DA MODERNIZAÇÃO E EVOLUÇÃO TÉCNICA FRENTE AO MERCADO

Da NB1 de 1960, a norma de projeto evoluiu bastante ao introduzir o Método dos Estados Limites em 1978. Mais uma vez os nossos mestres da época, aqui especialmente Péricles Brasiliense Fusco, ao introduzirem esse novo modelo, ajustaram seus critérios aos resultados dos nossos modelos na ruptura que já tinham quase 40 anos!

Foi desse ajuste que surgiu o $\gamma_c = 1,4$, e não 1,5, como proposto pelo Código Modelo de CEB de 1978.

Nesse período a EB3 evoluiu com a versão de 1972, que incluía as características geométricas das barras, para cada diâmetro, e definia pela primeira vez aços tipo A (laminados) e tipo B (encruados a frio). Logo em seguida, passou a ABNT NBR 7480*, nas versões de 1980, 1982 e 1985. Nessas versões uma boa evolução ocorreu na definição dos lotes e amostras de controle do aço, bem como na definição dos ensaios de aderência, ancoragem, emenda e fadiga. Nesse período se percebeu uma tendência ao CA60 liso, com indefinição do η_b .

Após um árduo período de convencimento, com justificativas de que, embora com barras mais finas, o CA60 tinha muita resistência e deveria ter aderência melhorada sob pena de podermos ter ruínas frágeis com perda de aderência, conseguiu-se que a versão de 1996 dessa norma redefinissem o η_b .

⁴ NO DIMENSIONAMENTO DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO À FLEXÃO, O BINÁRIO A SER EQUILIBRADO É FORMADO PELA COMPRESSÃO NO CONCRETO E PELA TRAÇÃO NA ARMADURA. O BLOCO DE COMPRESSÃO NO CONCRETO, QUE EQUILIBRA A TRAÇÃO NA ARMADURA, OCUPA UMA PARTE DA ALTURA DA VIGA QUE SE CONVENCIONOU CHAMAR DE "X" – PENETRAÇÃO DA LINHA NEUTRA, MEDIDA A PARTIR DA FIBRA MAIS COMPRIMIDA DO CONCRETO, EM DIREÇÃO À ARMADURA.

► Tabela 2 – Características mecânicas exigíveis dos aços destinados a armaduras de peças de concreto armado, presentes na ABNT NBR 7480:2007

Categoria	Valores mínimos de tração				Ensaio de dobramento a 180°		Aderência	
	Resistência característica de escoamento ¹ f_{yk} MPa	Limite de resistência ² f_{st} MPa	Alongamento após ruptura em 10 Φ^3 A %	Alongamento total na força máxima ⁵ A_{gt} %	Diâmetro de pino mm		Coeficiente de conformação superficial mínimo η	
					$\phi < 20$ m	$\phi \geq 20$	$\Phi < 10$ mm	$\Phi \geq 10$ mm
CA-25	250	1,20 f_y	18	–	2 ϕ	4 ϕ	1,0	1,0
CA-50	500	1,08 f_y	8	5	3 ϕ	6 ϕ	1,0	1,5
CA-60	600	1,05 f_y^4	5	–	5 ϕ	–	1,0	1,5

¹ Valor característico do limite superior de escoamento f_{yk} da ABNT NBR 6118 obtido a partir do LE ou δ_2 da ABNT NBR ISO 6892;

² O mesmo que resistência convencional à ruptura ou resistência convencional à tração (LR ou δ_1 da ABNT NBR ISO 6892);

³ Φ é o diâmetro nominal, conforme 3.4;

⁴ f_{st} mínimo para 660 MPa;

⁵ O alongamento deve ser atendido através do critério de alongamento após ruptura (A) ou alongamento total na força máxima A_{gt} .

do CA60 em 1,5. Nessa mesma versão, reduziu-se a quantidade de aços especificados, mantendo-se apenas CA25 (que havia substituído o CA24 em 1980), e os CA50 e CA60, sendo os dois primeiros laminados e o CA60 o único encruado a frio. Essa modificação foi boa porque, em primeiro lugar, não são necessários tantos tipos de aço e, em segundo lugar, eliminou-se a possibilidade de confusão entre tipos A e B dos aços CA40 ou 50.

Depois de um longo processo de revisão, que começou em 1992 e terminou em 2003, foi publicada a revisão da ABNT NBR 6118, que em 1980 passou de NB1-78 para ABNT NBR 6118:1980.

Essa mudança foi expressiva e se estendeu à revisão da ABNT NBR 8681 – Ações e segurança nas estruturas, de forma a atualizar o Método dos Estados Limites em diversos aspectos:

► ELS e ELU como estabilidade glo-

bal, fadiga e sismos (saiu em seguida a ABNT NBR 15421:2004);

- exigência da consideração do vento ou do desaprumo, onde vale ressaltar o objetivo de proteger as edificações altas e baixas, inclusive de um terremoto, que embora pequeno, requer uma capacidade mínima para evitar ruínas frágeis e catastróficas;
- combinações de ações correspondentes a cada Estado Limite;
- diferenciação dos coeficientes de ponderação, dependendo da combinação e da ação;
- durabilidade; etc.

Grande preocupação em evitar ruínas frágeis, requerendo ductilidade das estruturas, foi introduzida, não só em condições extremas como acima referido, mas especialmente com novas limitações para cálculos elásticos (limitando x/d na flexão), para redistribuição de momentos em vigas e para cálculos plásticos onde

foi introduzida a exigência de capacidade de adaptação plástica, definida pela capacidade de rotação plástica.

5. CONCLUSÃO

Dessa forma, muitas prescrições que antes estavam na ABNT NBR 7480 passaram à ABNT NBR 6118 e a normas específicas de ensaio indicadas na própria ABNT NBR 7480, focada nas especificações para os aços. A Tabela 2 mostra o que está definido na ABNT NBR 7480 atualmente, classificando apenas os três tipos de aço, reduzindo um pouco a exigência relativa ao CA50 (da relação $f_{st}/f_{yk} > 1,08$, em lugar de 1,1). Na verdade, como o CA50 respeita com folga o 1,1, esse limite bem que poderia voltar.

Manter uma boa relação f_{st}/f_{yk} e um bom alongamento de ruptura garante uma boa robustez, capacidade de suportar melhor eventos extremos, limitando eventuais catástrofes. ◀

► REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] EB-3: 1939 Barras laminadas de aço comum para concreto armado.
- [2] EB-3: 1967 Condições de emprego das barras de aço destinadas a armadura de peças de concreto armado.
- [3] EB-3: 1972 Barras e fios de aço destinados a armaduras de concreto armado.
- [4] ABNT NBR 7480: 1980 Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado.
- [5] ABNT NBR 7480: 1982 Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado.
- [6] ABNT NBR 7480: 1985 Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado.
- [7] ABNT NBR 7480: 1996 Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado.
- [8] ABNT NBR 7480: 2007 Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação.



Concreto dos pilares e vigas que suspendem a Capela Santa Luzia na Cidade Matarazzo

LUANA SCHEIFER – GERENTE DE TECNOLOGIA DO CONCRETO

ANDRÉ TAVARES SIMONI – COORDENADOR DE TECNOLOGIA DO CONCRETO

MARIA FERNANDA ALONSO OLIVEIRA – COORDENADORA DE TECNOLOGIA DO CONCRETO

ALEXANDRE MENARES BENITO – COORDENADOR DE TECNOLOGIA DO CONCRETO

VOTORANTIM CIMENTOS

I. INTRODUÇÃO

Plural. Eis uma palavra que pode ser aplicada à cidade de São Paulo. Multicultural, megalópole, centro econômico do Brasil, a cidade não pode ser resumida em um único símbolo, apesar de alguns reunirem capacidade suficiente para ajudar a contar a história do município. Quer um exemplo? Conde Francisco Matarazzo.

Imigrante de origem italiana, Matarazzo desembarcou no Brasil em 1881 e construiu a Indústrias Reunidas Francisco Matarazzo (IRFM), um conglomerado que chegou a reunir mais de 200 fábricas.

Mas além da atividade industrial, Matarazzo mantinha a poucos quilômetros de sua mansão na avenida Paulista – outro símbolo de São Paulo – o Hospital Umberto I, inaugurado no início do século XX em homenagem ao Rei Umberto I da Itália. No complexo, também havia a Materni-

dade Condessa Filomena Matarazzo, alusão ao nome de sua esposa, e a Capela Santa Luzia.

Hoje, todo esse conjunto de 30 mil metros quadrados, localizado entre as ruas São Carlos do Pinhal, Itapeva, Pamplona e Alameda Rio Claro, foi arrematado pelo grupo multinacional francês Allard, que pretende inaugurar a Cidade Matarazzo em 2019. O projeto mantém o legado arquitetônico e o patrimônio cultural do complexo, e vai abrigar um hotel seis estrelas, shopping e uma torre de 22 andares assinada pelo arquiteto francês Jean Nouvel.

Para manter todo esse legado intacto, conforme estabeleceu o Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico do Estado de São Paulo (Condephaat) na liberação da obra, a Capela Santa Luzia foi literalmente suspensa. E a maternidade também passa pelo mesmo processo. A sen-

sação para quem vislumbra ambas construções é uma só: elas parecem flutuar, escoradas por meio de uma reunião de vigas e pilares, repletas



► **Figura 1**
Vigas no entorno da Capela Santa Luzia



► **Figura 2**
Intersecção das vigas na parte interna da estrutura

de concreto. Uma tarefa nada fácil porque o grande desafio no ato de concretagem foi executar a estrutura de concreto armado sob uma armadura já existente, sem que houvesse qualquer tipo de movimentação da estrutura da capela, tombada pelo Condephaat.

Participar desse desafio de engenharia e da obra Cidade Matarazzo foi um presente de aniversário. A Engemix completa 50 anos em 2018 e obras desse porte só engrandecem a sua trajetória. Desde que passou a fazer parte da Votorantim Cimentos em 2002, o objetivo da empresa é se firmar como referência nacional em tecnologia no concreto.

Em linha com esse propósito, colocar a Capela Santa Luzia como se estivesse suspensa no ar, impulsionou a equipe a desenvolver um traço de concreto bastante diferente do convencional. Dentre todos os desafios na especificação deste concreto, dois deles eram contraditórios. O primeiro se referia à ne-

cessidade de garantir a manutenção da fluidez do concreto durante toda aplicação, considerando como tempo médio de percurso do caminhão betoneira algo próximo a uma hora e 30 minutos. O segundo desafio: era necessário atender a uma elevada resistência à compressão já nas primeiras 24 horas, para o enrijecimento da estrutura, dada a complexidade da concretagem e a impossibilidade

de movimentação da estrutura já existente.

Mas não foi só. Existiam desafios adicionais que deixaram a dosagem do traço ainda mais complexa. Foi necessário, por exemplo, um concreto com fluidez suficiente para que regiões “enterradas” fossem atingidas. Ao mesmo tempo era necessário um concreto que não exercesse uma grande pressão nas formas, devido ao pequeno espaço para sua montagem e seu travamento. Assim, o concreto foi lançado em alguns pontos específicos, cujo objetivo era alcançar todos os cantos dos elementos estruturais com a capacidade de autoadensar (Figura 4).

As Figuras 1 a 4 mostram o tamanho do desafio. Primeiro, a Capela Santa Luzia passou por concretagens nos pilares (estacas), depois nas vigas de coroamento (Figura 1). Essas vigas ficavam no entorno da estrutura já existente e também passavam por dentro da capela (Figuras 2 e 3).



► **Figura 3**
Montagem das vigas na parte interior



▶ **Figura 4**
Local de lançamento do concreto do lado de fora

2. ESPECIFICAÇÃO DO PRODUTO

O desafio para fazer a Capela Santa Luzia “flutuar” em meio a uma área de 30 mil metros quadrados passou pela correta especificação do produto, que só foi possível com a participação de todos os envolvidos no processo: calculistas, tecnologistas de concreto, serviço de bombeamento, aplicadores e operação de serviço de concretagem.

O primeiro movimento foi identificar as necessidades da obra, sendo a primeira especificação definida a resistência característica à compressão de 50 MPa. Porém, devido a outras exigências, como a elevada resistência inicial, por exemplo, o desenho do traço foi finalizado para um atendimento de 70 MPa com 28 dias de idade. Muito superior à resistência característica à compressão inicialmente definida e acima da média empregada no setor da construção civil no Brasil.

A solução encontrada para atender a todas essas especificações foi a do concreto presente da família Hi-Mix, o Adensamix. Um dos pontos centrais para a escolha desse concreto autoadensável estava na impossibilidade de se utilizar o processo de vibração na obra, dado o tipo de estrutura a ser preenchida com concreto. Além disso, como a Cidade Matarazzo está no coração da cidade de São Paulo, em uma área bastante urbanizada, com residências, a vibração e a consequente geração de barulho poderiam provocar transtornos.

Outro ponto foi o complexo estudo logístico realizado para o atendimento da obra, sendo necessário garantir uma sincronia entre os caminhões no percurso, no lançamento do concreto e na saída da obra, para garantir que não haveria intervalos entre os caminhões. Assim, a concretagem terminaria no tempo inicialmente previsto. Portanto, o caminhão betoneira precisava chegar ao ponto da concretagem com o produto pronto, ou seja, o concreto produzido na base também precisaria sair pronto da central.

Esse é um dos pontos críticos do desafio na concretagem na Cidade Matarazzo: manter a fluidez do concreto por um longo período de tempo. Um detalhe: a princípio, os componentes químicos usados para manter a fluidez desse concreto causariam prejuízo à resistência inicial do produto. Esses eram aspectos quase excludentes e que consumiram horas de pesquisa.

O fato é que, além da especificação

da resistência característica à compressão aos 28 dias de idade e do módulo de deformação, exigidos pelo cálculo estrutural, que se baseia no que preconiza a ABNT NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto, existiam, para esta complexa operação, outras especificações demandadas pela própria equipe de construção e serviço de concretagem e bombeamento. Para tanto, foram definidos os seguintes pontos:

- a) Necessidade de abertura de *slump flow test* para a classe SF1, segundo a ABNT NBR 15823 – 1 – Concreto autoadensável, para atingir todas as regiões das peças a concretar;
- b) Necessidade de manutenção desta fluidez por 2 horas e 30 minutos, considerando um tempo de transporte médio de 1 hora e 30 minutos e um tempo médio entre a chegada na obra e o fim de lançamento de 1 hora;
- c) Necessidade de redução da fluidez do concreto após 2 horas do

▶ **Tabela 1 – Materiais usados na dosagem do concreto**

Material	Tipo
Cimento	CP II E 40
Adição	sílica ativa
Brita	1 / 19mm
Brita	0 / 12,5mm
Areia	natural fina
Areia	artificial média
Água	
Aditivo	Polifuncional
Aditivo	Hiperplastificante
Aditivo	Modificador de viscosidade

► Tabela 2 – Resultados dos ensaios da ABNT NBR 15823

Ensaio	Classe	Resultado
Classe de espalhamento (<i>Slump Flow</i>)	SF1	650 mm
Classe de habilidade passante pelo anel “J”	PJ2	30 mm
Classe de habilidade passante pela caixa “L”	PL2	0,97
Viscosidade plástica aparente pelo funil “V”	VF1	6,5 s

lançamento, para redução da pressão nas formas;

- d) Necessidade de atingimento de uma resistência inicial de 25 MPa com 24 horas após o lançamento;
- e) Necessidade de um módulo de deformação, aos 28 dias de idade, de 35 GPa.

Com a exigência de um módulo de deformação elevado, de 35 GPa, houve um novo desafio. O módulo de deformação do concreto cresce à medida que adicionamos maior proporção de agregados graúdos na mistura. Mas, o concreto em estudo tinha elevados teores de argamassa e de brita 12,5mm, que reduzem o módulo de deformação do concreto.

3. DOSAGEM RACIONAL

O esforço para atender à obra da Cidade Matarazzo teria sido em vão se não se reproduzisse em obra o concreto previamente dosado em laboratório. Para a dosagem desse concreto, foram utilizadas as normas vigentes de dosagem, controle e produção ABNT NBR 12655 Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação, e ABNT NBR 7212 - Execução de concreto dosado em central. Foi levado em conta também o método do empacotamento granulométrico de agregados, com o objetivo de se utilizar a menor demanda de água possível em sua dosagem.

Na Tabela 1, estão os mate-

► Tabela 3 – Resultados para o módulo de deformação do concreto

Idade	Módulo de deformação em GPa
7 dias	33,9
28 dias	36,8

riais utilizados para a dosagem do concreto.

O traço final, portanto, conta com uma demanda de água de 185 litros por metro cúbico e uma relação água/aglomerantes de 0,46.

A classe de espalhamento, ou *Slump Flow Test*, também fez parte do controle de dosagem, definindo a abertura do concreto em milímetros. Outros ensaios foram realizados para garantir o perfeito preenchimento das peças, como a classe de habilidade passante pelo anel “J” e pela caixa “L”, e a classe de viscosidade plástica aparente pelo funil “V”. Os resultados obtidos para o concreto em estudo estão na Tabela 2 e foram obtidos com os ensaios da norma ABNT NBR 15823.

Evolução da resistência à compressão (MPa) x idade (dias)



► Gráfico 1

Evolução da resistência à compressão do concreto no tempo

► Tabela 4 – Resultados de perda de abatimento do concreto

Tempo após a mistura	Resultado em mm
tempo zero	650
30 minutos	650
1 hora	630
1 hora e 30 minutos	600
2 horas	590
2 horas e 30 minutos	580
3 horas	500





ser feita em escala industrial, é uma ação que guarda movimento com o cuidado artesanal. A escolha dos materiais constituintes e sua adição são decisivas para a homogeneidade do produto e naturalmente influenciam no desempenho na obra. A Figura 5 ajuda a entender os processos adotados pela Engemix. Eles consistem de:

1. Procedimento de recebimento técnico, seja visual, seja através de ensaios, da matéria-prima para a produção do concreto, com sua caracterização. Toda matéria-prima recebida passa por um procedimento quanto à sua granulometria, densidade, entre outros aspectos;
2. Estoque dos materiais de acordo com a ABNT NBR 7212;
3. Ordem de carregamento extremamente fiel ao traço elaborado em laboratório, com balanças calibradas mensalmente e as tolerâncias de desvios de pesagens que atendem ao que diz a ABNT NBR 7212;
4. Mistura realizada no dosador das centrais: quando se trata de um concreto convencional, a dosagem final é realizada pelos próprios motoristas, que recebem treinamento técnico para desempenhar a função; no caso de concretos com alta taxa de especialidade (caso do concreto em estudo), uma equipe técnica faz o acompanhamento de dosagem do concreto até a saída da central;
5. Lançamento do concreto atendendo a todas as especificações

Os resultados obtidos nos ensaios de habilidade passante e viscosidade de plástica aparente mostraram que o traço tinha condições de transpor obstáculos durante a concretagem (barras de aço, por exemplo) e tinha velocidade e viscosidade suficiente para conseguir se autoadensar por toda a superfície desejada, mesmo fazendo parte da classe SF1 de espalhamento, que permite um espalhamento entre 550 e 650 mm. Diante de todas as especificações citadas, mesmo com a necessidade estrutural de 50 MPa, o concreto desenvolvido atingiu uma resistência média, aos 28 dias de idade, de 70 MPa.

Para o traço dosado em laboratório, foi obtida a curva de crescimento de resistência entre 1 e 28 dias de idade do Gráfico 1.

Foram obtidos os resultados de módulo de deformação da Tabela 3, para o traço desenvolvido em laboratório.

Por fim, para o atendimento de

manutenção da fluidez do concreto, foi realizado o ensaio de perda de abatimento, mantendo o concreto teste em caminhão betoneira por três horas, sendo medido o seu espalhamento a cada 30 minutos decorridos após a mistura. Os resultados do ensaio de perda de abatimento estão na Tabela 4.

Portanto, é possível verificar que, até o tempo limite de 2 horas e 30 minutos, o concreto se manteve dentro dos limites de especificação da classe SF1 desejada na demanda da obra. E somente após esse período começa a perder significativamente a fluidez.

A dosagem foi um ponto de atenção em todo processo, não só no desenvolvimento: houve o estudo de todos os elementos e de sua combinação, para garantir na obra os resultados obtidos em laboratório.

4. MISTURA DO CONCRETO NA CENTRAL DOSADORA

A mistura do concreto, apesar de

pré-definidas para o traço, com divisão de responsabilidade com os clientes, que fazem o recebimento do material;

6. Controle de qualidade realizado com a coleta de material e moldagem de corpos de prova de um a cada três caminhões produzidos (com esse método, é possível garantir estatisticamente o controle de 100% do concreto produzido; para concretos especiais, além dos testes corriqueiros de resistência à compressão, são realizados outros ensaios no concreto fresco e endurecido, como módulo de deformação, por exemplo).

Sendo, assim, controle de qualidade já começa na etapa inicial, ou seja, na escolha do produto fornecido. Mas ele se dá efetivamente na moldagem do concreto.

5. APLICAÇÃO

A aplicação do concreto na obra Cidade Matarazzo, além das características naturais de qualquer obra, possui um sistema logístico que exigiu grande diferencial na entrega do produto.

A qualidade do concreto está intimamente ligada ao tempo em que o material fica no caminhão betoneira. Por exemplo, se um caminhão fica preso no tráfego das grandes cidades, a qualidade desse concreto já fica em alerta. Ou seja, pontualidade e uma boa programação importam, e muito, no aspecto da aplicação.

A entrega é tão importante e impacta tanto a aplicação do concreto, que a Engemix adota algumas me-

didadas para manter a pontualidade. Uma delas é que 100% da frota dos caminhões betoneiras são rastreadas pelo sistema GPS, apesar do trajeto ainda estar sob o comando dos motoristas desses veículos. Eles são os responsáveis por escolher o melhor trajeto, dentro de um parâmetro, na entrega do concreto em cada obra atendida pela Engemix.

As concretagens da Capela tiveram situações específicas como:

- ▶ Concretagem de aproximadamente 300 m³ lançados entre 8 hs e 16 hs, durante dois dias de lançamento;
- ▶ Aproximadamente 50 betoneiras;
- ▶ Aproximadamente entre 25 e 30 pessoas da Engemix envolvidas, sem contar os motoristas de caminhão betoneira;
- ▶ Todo serviço de concretagem foi monitorado em tempo real por sistema de GPS;
- ▶ Sistema de aplicativos via celular permitiram ao cliente acompanhar este monitoramento em tempo real.


Além disso, o concreto Adensamix da Engemix, desenvolvido para esta obra, deixou a central de produção pronta e isso foi um ganho extraordinário em toda a cadeia da construção civil. Hoje, de maneira geral, as companhias fabricantes de concreto pesam os materiais e fazem a dosagem na central de concreto. Mas somente se termina a dosagem na obra, quando o produto estiver sendo entregue.

Contudo, o sistema descrito acima consome cerca de 15 minutos na obra entre a chegada do caminhão

no destino, a inserção de um aditivo e o ato de novamente realizar a dosagem. Mas, na Cidade Matarazzo, em função do volume e das restrições urbanas naquela localidade da cidade de São Paulo, haveria bastante dificuldade em fazer dessa maneira. Sendo assim, foi necessário desenvolver um sistema de mistura em que o concreto deixasse a central de operação praticamente pronto. O resultado foi que o caminhão betoneira não levou 15 minutos, mas sim perto de 3 a 5 minutos, ou seja, um terço do tempo normalmente gasto, o que aumentou a eficiência e contribuiu significativamente para o sistema logístico.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O grande sucesso da concretagem, que “suspendeu” a Capela na Cidade Matarazzo, foi a excelente interação entre todas as partes envolvidas da cadeia construtiva. É muito comum, ao se falar de especificação de concreto, se ater apenas às especificações do projeto estrutural, como a resistência característica à compressão, por exemplo. No caso desta concretagem, outras propriedades puderam ser exploradas, que resolveram problemas logísticos e de aplicação do concreto na obra, além de atender à especificação primária de resistência.

Concretos de alta tecnologia têm cada vez mais entrado no mercado da construção civil no Brasil. O desafio não é apenas encontrar a melhor solução, mas também buscar o melhor custo/benefício para o bom resultado do empreendimento. 



Envolvimento da Regional de Santa Catarina com os estudantes

De 6 a 8 de setembro foi realizado o II Encontro Regional dos Estudantes de Engenharia Civil do Sul do país (EREEC Sul), no Oceania Park Hotel & Convention Center, em Florianópolis, promovido pela Federação Nacional de Estudantes de Engenharia Civil (FENECC) e com apoio do IBRACON.

Contando com a participação de cerca de 700 estudantes, o evento teve palestra do diretor regional do IBRACON em Santa Catarina, Prof. Joelcio Luiz Stocco, e do professor Luiz Roberto Prudêncio Júnior, que falaram da atuação profissional do engenheiro civil e de temas relacionados ao concreto.

Já, no dia 9 de outubro, a Regional em Santa Catarina, com apoio da Votorantim Cimentos, promoveu o 1º Concurso “Concreto Autoadensável”, durante

a Semana Acadêmica da Universidade Católica de Santa Catarina, em Joinville.

O concurso teve o objetivo de testar a capacidade dos alunos em dosar o concreto autoadensável (CAA). Ele foi composto por palestra teórica sobre o CAA, definição das equipes, apresentação dos materiais para a dosagem do CAA, dosagem do traço

teórico com auxílio de software da Votorantim Cimentos, dosagem de traço em betoneira com a realização de ensaios e avaliação de desempenho. Participaram da competição três equipes com cinco alunos.

Numa preleção durante o concurso, o Prof. Joélcio Stocco e o Eng. Paulo Nibel (Votorantim Cimentos) abordaram teoricamente o concreto autoadensável e auxiliaram as equipes partici-



Adriano Schmidt, Augusto Feron Soares, Camila de Oliveira Alves, Cindimiliane Barreto e Micael Mendes Correia, integrantes da equipe vencedora, recebem livros e revista do diretor regional do IBRACON, Prof. Joélcio Stocco



Prof. Joélcio Stocco palestra no II EREEC Sul

pantes a selecionar os materiais, desenvolver os traços e fazer as misturas para produzir os concretos autoadensáveis. As equipes pontuaram por meio de três critérios (Tabela 1).

A equipe vencedora somou oito pontos, ganhando publicações editadas pelo IBRACON.



Uma das equipes participantes com seu CAA

► Tabela 1 – Critérios de pontuação no Concurso

Classe de Espalhamento (Slump Flow – SF)	Classe de Índice de Estabilidade Visual (IEV)	Necessidade de Redosagem
SF 1 (550 a 650 mm) = 1 ponto	IEV 0 e 1 = 3 pontos	Não foi necessário = 2 pontos
SF 2 (660 a 750 mm) = 3 pontos	IEV 2 = 2 pontos	Foi necessário = 1 ponto
SF 3 (760 a 850 mm) = 2 pontos	IEV 3 = 1 ponto	

Palestra sobre importância do projeto foi realizado no Ceará



Eng. Marcelo Silveira em momento de sua palestra

○ Seminário sobre Durabilidade e Desempenho das Construções foi promovido pelo curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará (UFC), contando com o apoio do IBRACON. Foram cinco palestras realizadas ao longo do segundo semestre de 2018, com participação de 150 estudantes e profissionais.

O encerramento aconteceu no dia 11 de novembro, com palestras dos engenheiros Denise Silveira e Marcelo Silveira, da MD Engenharia, sobre a importância do projeto para uma boa execução. Na palestra foram trazidos casos de inovação tecnológica aplicada ao projeto de estruturas de concreto armado.

Palestras realizadas na Regional MS

No dia 6 de novembro, foi realizado conjuntamente pela Regional IBRACON e pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul o Simpósio em Tecnologia do Concreto, no anfiteatro da UFMS, em Campo Grande. O Simpósio contou com as palestras

de Fernando Dambrauskas sobre aditivos químicos para concreto e de Andrés Batista Cheung sobre análise numérica e experimental de temperatura em bloco de grande porte.

Já no dia 13 de setembro foram realizadas palestras técnicas sobre concreto

autoadensável na Semana Acadêmica da Engenharia Civil da Uniderp, em Campo Grande, que contou com o apoio do IBRACON. As palestras foram ministradas pela diretora regional do IBRACON, Eng^a Sandra Regina Bertocini, e pelo Eng. Camilo Mizumoto.

Regional RS encerrou seu programa de palestras

○ IBRACON na Estrada Gaúcha, ciclo de palestras sobre o concreto que percorreu o Rio Grande do Sul, foi encerrado em 12 de novembro, na cidade de São Leopoldo, com participação de 95 profissionais e estudantes. Na ocasião houve a palestra da Eng^a Jadna Andrade Fuchter sobre cimentos para a construção e a palestra do Prof. Sérgio Gavilan Martinez sobre reforço estrutural.

Anteriormente, em 19 de outubro, em Pelotas, palestraram o Prof. Josué Augusto Arndt (Controle tecnológico do concreto), Prof. Roberto Christ (Desempenho das edificações em concreto armado) e Prof. Paulo Sérgio Lima Souza (Durabilidade das estruturas de

concreto armado). O evento contou com 111 participantes e arrecadou 88 kg de alimentos.

Já no dia 27 de setembro, em Caxias do Sul, foi a vez do Eng. Jefferson Bruschi da Silva (Avanços na tecnologia de aditivos para a indústria do concreto), Prof. Fabrício Longhi Bolina (estruturas de concreto armado em situação de incêndio) e Prof. José Tadeu Balbo (concretos permeáveis para pavimentação e mobilidade urbana). O evento contou com 124 participantes.

No total, foram realizados sete eventos, com a participação total de 1307 profissionais e estudantes, arrecadando 728 quilos de alimentos, que foram distribuídos para instituições de caridade.



Integrantes do evento em São Leopoldo (esq./dir.): Jeferson Bruschi da Silva, Roberto Christ, Sergio Gavilan Martinez, Fábio Viecili, Júlio Timerman, Jadna Andrade Fuchter e Bernardo Tutikian





Instituto Brasileiro do Concreto


Organização técnico-científica nacional de defesa e valorização da engenharia civil

Fundado em 1972, seu objetivo é **promover e divulgar conhecimento sobre a tecnologia do concreto e de seus sistemas construtivos para a cadeia produtiva do concreto**, por meio de publicações técnicas, eventos técnico-científicos, cursos de atualização profissional, certificação de pessoal, reuniões técnicas e premiações.

Associe-se ao IBRACON! Mantenha-se atualizado!

- Receba gratuitamente as quatro edições anuais da **revista CONCRETO & Construções**
- Tenha descontos de até **50%** nas **publicações técnicas do IBRACON** e de até **20%** nas **publicações do American Concrete Institute (ACI)**
- Descontos nos eventos promovidos e apoiados pelo **IBRACON**, inclusive o **Congresso Brasileiro do Concreto**
- Oportunidade de participar de **Comitês Técnicos**, intercambiando conhecimentos e fazendo valer suas **opiniões técnicas**

Fique bem informado!

 www.ibracon.org.br

 facebook.com/ibraconOffice

 twitter.com/ibraconOffice



IBRACON



61°
CONGRESSO
BRASILEIRO
DO CONCRETO
IBRACON
2019

15 A 18 OUT
FORTALEZA - CEARÁ

DURABILIDADE DAS ESTRUTURAS DE
CONCRETO - AVANÇOS TECNOLÓGICOS

MAIOR E MAIS IMPORTANTE FÓRUM TÉCNICO NACIONAL SOBRE A TECNOLOGIA DO CONCRETO E SEUS SISTEMAS CONSTRUTIVOS

TEMAS

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

PROGRAMAÇÃO

- ▶ Conferências Plenárias
- ▶ Sessões Técnico-científicas
- ▶ Seminários e Mesas-Redondas
- ▶ Concursos Técnicos
- ▶ Cursos Master PEC
- ▶ Premiações

COTAS DE PATROCÍNIO E EXPOSIÇÃO

- ▶ Excelentes oportunidades para divulgação, promoção e relacionamento
- ▶ Espaços comerciais na XV FEIBRACON – Feira Brasileira das Construções em Concreto
- ▶ Palestras técnico-comerciais no Seminário de Novas Tecnologias
- ▶ Inscrições gratuitas no evento para seus funcionários

CONTATOS



11 3735-0202



office@ibracon.org.br



www.ibracon.org.br



ibraconOffice



ibraconOffice



IBRACON