

CONCRETO

& Construções



IBRACON
Instituto Brasileiro de Concreto

Ano XLI

72

OUT-DEZ • 2013

ISSN 1809-7197
www.ibracon.org.br

INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

PROJETO, TECNOLOGIA E EXECUÇÃO DE OBRAS COM PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO E SEUS DESAFIOS NO CONTEXTO NACIONAL



PERSONALIDADE ENTREVISTADA

PAULO EDUARDO FONSECA:
ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO
INDUSTRIALIZADA

55º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO

DESTAQUES DO MAIOR FÓRUM
NACIONAL DE DEBATES
SOBRE O CONCRETO

OBRAS EMBLEMÁTICAS

ONDA DE CONCRETO
QUE FLUTUA NO M.A.R.

Esta edição é um oferecimento das seguintes Entidades e Empresas

 **Abcic**
Associação Brasileira da Construção
Industrializada de Concreto



 **ENGEMIX**
Votorantim
Cimentos



GRACE
RheoSet

 **Holcim**

 **ITAMBÉ**
Cimento para toda vida

LENTON

 **MEGA** concreto

 **CIMENTO NACIONAL**

 **SCHWING Stetter**



 **SNIC**
SINDICATO NACIONAL DA
INDÚSTRIA DO CIMENTO

 **T & A**
PRÉ-FABRICADOS

 **Yiapol**
Impregnações
Nessa marca e proteger sua obra.

 **WCH**
Consultoria, Equipamentos para Pré-Moldados

Adote concretamente

a revista **CONCRETO & Construções**



Instituto Brasileiro do Concreto


Organização técnico-científica nacional de defesa e valorização da engenharia civil

Fundada 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

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

ADITIVOS



ADIÇÕES



EQUIPAMENTOS



Equipamentos e Sistemas de Estrada



RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL



Clavel Reinforcement Brasil

ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO



Escola Politécnica - USP



Sua Universidade Completa. Sua Carreira

JUNTAS



ARMADURA



ESCRITÓRIOS DE PROJETOS



JUNTE-SE A ELAS

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

PRÉ-FABRICADOS



FORMAS



CONSTRUTORAS



CIMENTO



AGREGADOS



GOVERNO



CONCRETO





INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO
Fundado em 1972
Declarado de Utilidade Pública Estadual | Lei 2538 de 11/11/1980
Declarado de Utilidade Pública Federal | Decreto 86871 de 25/01/1982

DIRETOR PRESIDENTE
Túlio Nogueira Bittencourt

DIRETOR 1º VICE-PRESIDENTE
José Marques Filho

DIRETOR 2º VICE-PRESIDENTE
Julio Timerman

DIRETOR 1º SECRETÁRIO
Antonio Domingues de Figueiredo

DIRETOR 2º SECRETÁRIO
José Tadeu Balbo

DIRETOR 1º TESOUREIRO
Claudio Sbrighi Neto

DIRETOR 2º TESOUREIRO
Carlos José Massucato

DIRETOR TÉCNICO
Inês Laranjeira da Silva Battagin

DIRETOR DE EVENTOS
Luiz Prado Vieira Júnior

DIRETOR DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO
Ana Elisabete Paganelli Guimaraes A. Jacintho

DIRETOR DE PUBLICAÇÕES E DIVULGAÇÃO TÉCNICA
Hugo da Costa Rodrigues Filho

DIRETOR DE MARKETING
Ricardo Lessa

DIRETOR DE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS
Arcindo Vaquero Y Mayor

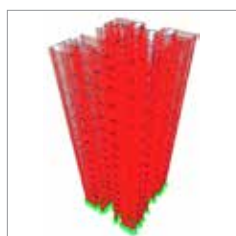
DIRETOR DE CURSOS
Iria Licia Oliva Doniak

DIRETOR DE CERTIFICAÇÃO DE MÃO DE OBRA
Roseni Cezimbra



CRÉDITOS CAPA

VISTA AÉREA DO COMPLEXO VIÁRIO CONSTRUÍDO COM MEGAVIGAS PRÉ-FABRICADAS DE ATÉ 36M, NO RIO DE JANEIRO. EBTE E CASSOL PRÉ-FABRICADOS. FOTOGRAFIA: FRANCISCO TARDIOLI/FRATELLI



seções

- 7 Editorial
- 8 Coluna Institucional
- 10 Converse com IBRACON
- 12 Encontros e Notícias
- 19 Personalidade Entrevistada:
Paulo Eduardo Fonseca
- 69 Mercado Nacional
- 142 Acontece nas Regionais



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:
5.500 exemplares
Publicação Trimestral distribuída gratuitamente aos associados

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

PUBLICIDADE E PROMOÇÃO
Arlene Regnier de Lima Ferreira
arlene@ibracon.org.br
Hugo Rodrigues
hugo.rodrigues@abcp.org.br

PROJETO GRÁFICO E DTP
Gill Pereira
gill@ellemmento-arte.com

ASSINATURA E ATENDIMENTO
office@ibracon.org.br

Gráfica: Ipsis Gráfica e Editora
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 2013 IBRACON.
Todos os direitos de reprodução reservados. Esta revista e suas partes não podem ser reproduzidas nem copiadas, em nenhuma forma de impressão mecânica, eletrônica, ou qualquer outra, sem o consentimento por escrito dos autores e editores.

PRESIDENTE DO COMITÊ EDITORIAL
■ Paulo Helene
(PhD, ALCONPAT, EPUSP)

COMITÊ EDITORIAL - MEMBROS
■ Arnaldo Forti Battagin
(cimento & sustentabilidade)
■ Eduardo Barros Millen
(protendido)
■ Guilherme Parsekian
(alvenaria estrutural)
■ Inês Laranjeira da Silva Battagin
(normalização)
■ Iria Licia Oliva Doniak
(prefabricados)
■ José Tadeu Balbo
(ensino)
■ Julio Timerman
(pontes)
■ Nelson Covas
(informática no projeto estrutural)
■ Ronaldo Vizzoni
(pavimentação)
■ Setmo Chapira Kuperman
(barragens)
■ Suely Bueno
(projeto estrutural)



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

INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

31 Os desafios da industrialização em concreto

35 Projeto, tecnologia, produção e montagem de megavigas pré-fabricadas

46 O uso de pré-moldados na alvenaria estrutural

53 Utilização de aplicativos BIM em projetos com elementos pré-fabricados

59 O controle tecnológico na indústria de concreto pré-fabricado

55º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO

74 Comunidade da construção se reúne para conhecer e debater o concreto

84 Profissionais de destaque em 2013

87 Resultados dos concursos técnicos do IBRACON

94 Eleição do Conselho Diretor do IBRACON para a gestão 2013/2015

96 Programa quer melhorar a qualidade no processo construtivo brasileiro

OBRAS EMBLEMÁTICAS

100 A onda de concreto que flutua no M.A.R.

NORMALIZAÇÃO TÉCNICA

111 A norma brasileira de lajes alveolares – ABNT NBR 14861

119 Normas de pré-fabricados de concreto

ESTRUTURAS EM DETALHES

122 Pré-dimensionamento de paredes de concreto armado de edifício habitacional

PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

134 Concreto leve estrutural com pérolas de EPS



A importância da capacitação

Recente pesquisa da Confederação Nacional da Indústria, CNI, divulgada nos principais jornais do país, revelou as dificuldades de encontrar pessoal qualificado para os postos disponíveis e as consequências dessa dificuldade para as empresas, inclusive as de construção civil, cada dia mais impactadas pela necessidade de alta produtividade de modo a seguirem competitivas.

Para a CNI, o problema pode se agravar frente a um crescimento mais expressivo da economia. Segundo o levantamento, a dificuldade de encontrar candidatos com capacitação atinge todas as áreas das empresas, dos postos da base aos de nível gerencial. De acordo com a pesquisa, 67% informaram déficit de contratação de engenheiros, 60% para postos gerenciais e 59% para trabalhadores na área de pesquisa e desenvolvimento.

Para superar a escassez de mão de obra qualificada, segundo a CNI, as empresas têm investido na capacitação dos próprios funcionários, 81% delas declarando que desenvolvem programas próprios de treinamento e

próximo de 40% promovendo capacitações em cursos fora das companhias.

Tudo isso reforça o papel fundamental que possuem os treinamentos e suas atividades didáticas teóricas e práticas que são ofertados por entidades e empresas idôneas e sérias, para que os profissionais interessados possam, além de reunir conhecimento, absorver e praticar pela aplicação, tecnologias inovadoras, produtivas e competitivas.

A vigorosa retomada neste ano do programa Master PEC de cursos do IBRACON pela Diretoria de Cursos do Instituto, conduzida pela engenheira Iria Doniak, presidente executiva da Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto, ABCIC, aconteceu em momento altamente propício, em face da necessidade e conseqüente demanda do mercado. A edição 69 – jan/mar 2013, primeira deste ano – da *CONCRETO & Construções* trazia, nada mais nada menos, que a oferta de 10 cursos do programa, alguns promovidos por entidades parceiras, como ABCP e a própria ABCIC. Também participaram institutos privados, como o IDD. Posteriormente, o Programa ganhou a adesão da ABECE.

Não bastasse essa oferta, o 55º Congresso Brasileiro do Concreto, recém-concluído com grande êxito – mais de 1000 participantes e perto de 600 trabalhos apresentados – e realizado na charmosa Gramado, no Rio Grande do Sul (veja cobertura completa nesta edição), promoveu, com salas cheias, 3 outros cursos – Estruturas Pré-Fabricadas de Concreto, Projeto e Execução de Radier e Fibre Reinforced Concrete, este último com presença de renomado professor e especialista internacional.

A capacitação dos profissionais da construção civil que utilizam o concreto é um desafio que exige esforços de governo, empresas, universidades e, assim como de entidades de classe, como o IBRACON.

Isso reforça que, a exemplo dos concursos estudantis promovidos pelo Instituto que a cada ano crescem em diversidade e participação de escolas e estudantes, os cursos devem também crescer em frequência e tipologia dentro do próprio congresso.

Mas, não é só isso!

Somem-se aos cursos os livros produzidos, patrocinados e lançados pelo Instituto, os próprios Congressos, os Comitês Técnicos, 5 deles reativados com grande vigor este ano e que gerarão práticas recomendadas de extrema relevância na capacitação do profissionais, sem contar com as edições desta revista e seus artigos técnicos de qualidade.

São todos ativos e auxílios inequívocos para a capacitação mencionada.

Os próximos anos exigirão inovações tecnológicas e aumento da produtividade. E tudo isso será alcançado com profissionais qualificados, que encontrarão no IBRACON o que procuram para suas capacitações e conseqüente evolução.

As festas natalinas do final do ano e a proximidade de um novo ano, nos leva a agradecer por tudo que nos foi conferido por Aquele que nos conduz e protege, e desejar a todos nós que – junto aos familiares e amigos – sejamos invadidos por muita felicidade, paz, amor e união, nos renovando e fortalecendo para os novos dias de 2014.

Um Feliz Natal, um Próspero Ano Novo e uma excelente leitura.

Eng. MSc. Hugo Rodrigues Filho

DIRETOR DE PUBLICAÇÕES E DIVULGAÇÃO TÉCNICA DO IBRACON

E DIRETOR DE COMUNICAÇÃO DA ABCP •

Comitês Técnicos – agregando o meio técnico no desenvolvimento e na difusão do conhecimento sobre o concreto e suas aplicações

Essa é a missão básica dos Comitês Técnicos do IBRACON, cada qual dentro de sua especificidade, construindo os alicerces para que o conhecimento sobre o concreto seja ampliado e popularizado.

Do projeto estrutural à escolha dos melhores materiais, passando por exigências do controle da qualidade, da durabilidade das estruturas e da inspeção de estruturas existentes, o escopo dos Comitês Técnicos se completa e integra na intenção de cobrir as principais áreas de interesse da construção civil brasileira e fortalecer a normalização técnica no País.

A receita não é nova, pois organizações de pesquisa e desenvolvimento de outros países têm investido nesse modelo e obtido bons resultados. A novidade no caso brasileiro é forma como se estruturou a parceria entre o IBRACON e entidades afins, possibilitando a participação dos sócios dessas entidades nos trabalhos dos Comitês Técnicos, na intenção de somar esforços e convergir para objetivos comuns com a colaboração de todos os interessados.

Os congressos anuais do IBRACON, que percorrem o Brasil integrando os profissionais e estudantes de todas as regiões do País, promovem o ambiente ideal para deliberações e programações de trabalhos.

Assim, em 2012 (54^o. Congresso Brasileiro do Concreto, realizado em Maceió/AL) foram lançadas as bases para estruturação do CTA – Comitê Técnico de Atividades, que res-



ponde pelo acompanhamento e gerenciamento dos diversos Comitês Técnicos, com base no novo Regulamento, já disponível no site do IBRACON.

Consolidando essa proposta, no 55^o. Congresso Brasileiro do Concreto (55^o CBC), realizado pelo IBRACON este ano em Gramado/RS, quatro reuniões de Comitês Técnicos, já instalados durante o ano de 2013, possibilitaram a participação de parcela expressiva do meio técnico, na discussão dos trabalhos realizados até aquele momento e na definição das

metas para 2014. Essa agenda será informada no site do IBRACON, para que todos os associados do Instituto e das entidades parceiras possam se inscrever e participar.

O primeiro dia do 55^o. CBC foi marcado pelo tema Durabilidade, iniciando com as palestras magnas, proferidas no período da manhã pelos especialistas convidados internacionais, e culminando com a instalação do Comitê Técnico de Durabilidade e Vida Útil (CT 302), cujas metas estão já estabelecidas e serão disponibilizadas também no site do IBRACON.

A reunião realizada pelo CTA aproveitou a presença dos Coordenadores dos Comitês Técnicos para uma avaliação conjunta dos trabalhos realizados e a definição das metas para o próximo ano, com base nas propostas recebidas para a abertura de novos Comitês Técnicos e reativação do Comitê de Pré-Fabricados.

Após cinco anos de publicação da Norma Brasileira de reação álcali-agregado (ABNT NBR 15577), o Comitê Técnico do IBRACON que trata desse tema (CT201) discute propostas

a serem apresentadas para sua revisão e outras ações, visando ampliar o conhecimento para prevenir a ocorrência do fenômeno e controlar casos já existentes. A reunião realizada durante o 55º. CBC foi marcada pela expressiva participação e pela qualidade dos debates.

O CT 701, de Inspeção de Estruturas de Concreto, apresentou um relato dos trabalhos em desenvolvimento, especialmente direcionados no momento à elaboração de propostas para melhoria da Norma Brasileira de Prova de Carga em Estruturas de Concreto (ABNT NBR 9607) e informou sobre as metas previstas para os próximos anos, relacionando temas como a inspeção de estruturas enterradas sujeitas a ambientes altamente agressivos e a inspeção de estruturas subaquáticas.

O CT401, de Ensaios de Concreto, por sua vez, estuda a possibilidade de realização do controle da resistência à compressão do concreto a partir da moldagem e ruptura de corpos de prova cúbicos, a exemplo do que já se pratica em alguns países. Essa iniciativa tem apelo ambiental, na medida em que elimina a necessidade de capeamento dos corpos de prova, além de diminuir a variabilidade dos resultados. A mudança de cultura para o uso dessa possibilidade deve ser gradativa e certamente facilitará o controle interno de produção das indústrias de pré-fabricados e das centrais de preparação de concreto.

Vale destacar a importância da construção das bases para o crescimento organizado, especialmente em um País com as dimensões e diversidades brasileiras. A normalização técnica, como forte indutora da qualidade e da difusão do conhecimento, auxilia nesse processo e é ponto focal dos

Comitês Técnicos do IBRACON. Dessa forma, o Instituto colabora com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), incentivando o estudo e o debate dos temas relativos ao concreto e suas aplicações, amadurecendo conceitos e auxiliando no registro da tecnologia consolidada nessa área de atuação.

Deve ser evidenciada também a presença brasileira nos foros internacionais de normalização, reconhecida pela valorosa contribuição de nossos especialistas, seja na análise dos projetos, em suas diversas fases, seja pela participação nas reuniões anuais do ISO/TC71 (International Technical Committee of Concrete, Reinforced Concrete and Pre-Stressed Concrete), quando são tomadas as decisões sobre os rumos da normalização em concreto no âmbito da ISO (International Organization for Standardization).

O IBRACON já colabora com essa iniciativa há anos, tendo conseguido, em parceria com a ABNT, trazer para o Brasil a reunião do ISO/TC71 em 2006 (realizada em Salvador/BA) e tendo sido protagonista, com os trabalhos do CT301, no desenvolvimento das bases para o registro da ABNT NBR 6118 como documento internacional pelo ISO/TC71/SC4 (Performance requirements for structural concrete).

Fazer parte dessa história é motivo de orgulho e muita satisfação para o IBRACON, que abre suas portas para a estruturação de novos Comitês Técnicos e convida a todos para que tragam seu conhecimento e venham participar deste trabalho!

Inês Laranjeira da Silva Battagin

DIRETORA TÉCNICA DO IBRACON E SUPERINTENDENTE DO ABNT/CB-18 –
COMITÊ BRASILEIRO DE CIMENTO, CONCRETO E AGREGADOS DA ABNT ●

A INDÚSTRIA DE ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS NO BRASIL TEM VIABILIZADO IMPORTANTES PROJETOS.



As vantagens deste sistema construtivo, presente no Brasil há mais de 50 anos:

- Eficiência Estrutural;
- Flexibilidade Arquitetônica;
- Versatilidade no uso;
- Conformidade com requisitos estabelecidos em normas técnicas ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas);
- Velocidade de Construção;
- Uso racional de recursos e menor impacto ambiental.

CONHEÇA NOSSAS AÇÕES INSTITUCIONAIS E AS EMPRESAS ASSOCIADAS.

www.abcic.org.br

Abcic
Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto

CONVERSE COM O IBRACON

PERGUNTAS TÉCNICAS

QUAL A DIFERENÇA ENTRE PRÉ-MOLDADOS E PRÉ-FABRICADOS?

PRÉ-MOLDAGEM – Processo de construção em que os elementos estruturais ou parte da estrutura de uma obra são moldados fora do local de sua utilização definitiva.

PRÉ-FABRICAÇÃO – Processo de construção em que os elementos estruturais ou parte da estrutura de uma obra são moldados em instalações industriais.

OBS. – A diferença entre as definições de pré-moldagem e de pré-fabricação tem como origem a norma ABNT NBR 9062. Embora os elementos pré-fabricados sejam submetidos a exigências mais rigorosas de execução e controle, tal fato não indica necessariamente que a qualidade dos elementos pré-moldados (em canteiro de obras) seja inferior aos pré-fabricados. O importante é que haja a conformidade com todos os requisitos estabelecidos em norma para ambos os casos.

PODERIA COMENTAR SOBRE AS LIGAÇÕES NAS ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS/ PRÉ-FABRICADAS, QUAL A SUA IMPORTÂNCIA E CUIDADOS NA EXECUÇÃO?

As ligações, elementos de conexão entre as peças, devem possuir, além de eficiência estrutural, construtibilidade (facilidade de executar), aspectos fundamentais, bem como os materiais a serem utilizados devem estar em conformidade com o projeto.

O projetista deve levar em consideração inclusive o grau de agressividade do meio, pois a durabilidade e a segurança da estrutura pré-moldada passa não somente pelo concreto, mas também pelas ligações. Existem também as ligações que tem etapas específicas que estão propostas apenas para garantir segurança na montagem, ou seja, não tem finalidade na estrutura montada e devem ser integralmente atendidas.

Um projetista de estruturas com experiência em pré-fabricação é fundamental. Às vezes se gasta menos em projeto, mas a falta de experiência pode levar a uma ligação eficiente, mas de difícil execução, gastando muito mais horas de montagem, por exemplo. Um sistema de ligação eficiente, produzido industrialmente, às vezes, custa mais, mas permite menos horas de guindaste para execução, caso de emendas de pilares, por exemplo. A viabilidade técnica e econômica da estrutura pré-moldada está também relacionada com a eficiência técnica e custo das ligações. O custo, por sua vez, com a construtibilidade. É uma questão de custo x benefício. A experiência dos profissionais envolvidos em projeto e montagem é fundamental.

A norma fixa critérios de desempenho e os tipos de ligações a serem adotados. Temos boas referências nos manuais de ligações da fib (Federação Internacional do Concreto) e do PCI (Instituto do Concreto Pré-Moldado).

A NBR 12655 - CONTROLE, PREPARO E RECEBIMENTO É APLICÁVEL AO CONCRETO PRÉ-MOLDADO?

Integralmente, inclusive é referenciada na NBR 9062 - Projeto e Execução de Estruturas Pré-moldadas de Concreto. Apesar de que as indústrias do pré-fabricado possuam centrais dosadoras de concreto próprias, as frentes de concretagem recebem o concreto como de um fornecedor interno. Atualmente, a NBR 12655 não trata uma questão fundamental para o pré-moldado que, complementarmente em termos de controle tecnológico do concreto, está na NBR 9062, por ser uma especificidade do sistema os controles das resistências iniciais, tão ou mais importantes do que a resistência aos 28 dias, que são as resistências em baixas idades, correspondentes as idades de manuseio, transporte e montagem dos elementos estruturais. No caso da protensão, só podemos liberar a desprotensão após o atingimento de uma resistência mínima de 21Mpa, por exemplo. O controle das resistências iniciais é de fundamental importância e o não atendimento implicará em patologias que terão sua origem nas etapas iniciais.

QUAL A DIFERENÇA ENTRE RACIONALIZAÇÃO E INDUSTRIALIZAÇÃO, PODERIA EXEMPLIFICAR?

Estes conceitos estão na literatura nacional e internacional. Os Professores Sabattini e Rosso, da Poli e FAU (USP) respectivamente, especialistas em

HOMENAGENS PÓSTUMAS

A engenharia brasileira se ressentiu da perda de três notáveis profissionais neste ano, dois deles sócios-fundadores do Instituto Brasileiro do Concreto – IBRACON.

Sérgio Simondi era engenheiro civil formado na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo em 1959, tendo se especializado em tecnologia do concreto na França e na Bélgica.

Trabalhou no Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT), onde com outros colegas do Laboratório de Concreto, fundou o Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON), em 1972, por conta de discussões técnicas sobre a permeabilidade e a durabilidade de obras de saneamento feitas de concreto.

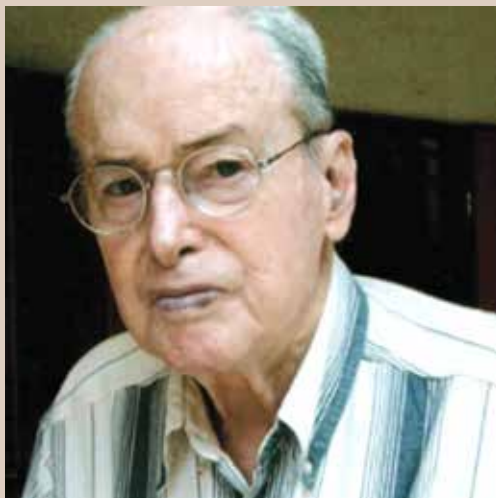
No IBRACON foi diretor-tesoureiro da primeira Diretoria. Recebeu do Instituto, em 1985, o Prêmio Ary Frederico Torres, de destaque do ano como tecnólogo de concreto.

Em 1973, entrou para a Sabesp, onde chegaria a chefe de departamento. Aposentou-se na empresa em 1991.

Faleceu no último dia 9 de setembro.

Arthur Luiz Pitta estava presente também na data de fundação do IBRACON, em 23 de junho de 1972. Formado em Engenharia Civil em 1947 pela Universidade Mackenzie, onde foi professor titular da disciplina de concreto armado, de 1949 a 1970, ele esteve à frente, desde a década de 50, do Etalp – Escritório Técnico Arthur Luiz Pitta Engenheiros Associados.

No Etalp, Pitta foi responsável por diversos projetos estruturais de obras que fazem parte do cenário de Brasília, como o Supremo Tribunal Militar (com 12 andares e vão livre de 27m, em concreto armado, cons-



Arthur Luiz Pitta

truído em 1966), o Ministério da Justiça (obra também de 1966, mas que foi reformulada em 1985, por exigência de Oscar Niemeyer, em razão dos arcos de fachada não estarem de acordo com o projeto original), o Ginásio de Esportes “Mané Garrincha” (atualizado para a Copa e os Jogos Olímpicos no país) e o Autódromo de Brasília (construído em 1972, com sua passarela de quase 50m de vão em arco atirantado).

Pelo conjunto de sua obra – Pitta foi autor de mais de 2000 projetos – recebeu, em 1989, o Prêmio Emílio Baumgart, concedido pelo IBRACON ao destaque do ano em engenharia estrutural. Em 2002, recebeu o título de sócio-honorário da Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural (Abece), em 2002.

Falecido também em abril, Maurício Gertsenchtein formou-se na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo na turma de 59, junto com Simondi. Logo após sua formação, trabalhou por um ano no escritório Figueiredo Ferraz.

Na década de 60, fundou a Maubertec Engenharia de Projetos, empresa com larga experiência nas áreas de Engenharia de Transportes, Saneamento Básico, Recursos Hídricos, Meio Ambiente, Obras hidráulicas, Industrial e de Edificações, da qual se desligou há alguns anos por sua saúde frágil.

Gerstsenchtein marcou presença, como palestrante, na 30ª Reunião Anual do IBRACON, denominação do atual Congresso Brasileiro do Concreto, como autor do trabalho “Comentários sobre o Dimensionamento de Peças de Concreto com Microsilica”, apresentado em 1988.

sistemas e metodologias construtivas, os definem em suas teses e publicações. Um exemplo prático clássico seria o de uma parede de alvenaria de vedação: posso executá-la no sistema tradicional blocos, chapisco, emboço e reboco. Se eu executar a mesma parede com blocos, mas aplicar um revestimento monocamada projetado com argamassa industrializada, eu racionalizei o processo. Poderia também racionalizar utilizando outro sistema construtivo executado no local para a mesma parede. A industrialização, um estágio avançado da racionalização pressupõe eu trazer esta parede pron-

ta de uma unidade industrial.

PERGUNTAS RESPONDIDAS POR ÍRIA DONIAK, PRESIDENTE-EXECUTIVA DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA EM CONCRETO (ABCI), MEMBRO DO COMITÊ EDITORIAL E DIRETORA DE CURSOS DO IBRACON.

MESTRADO EM SISTEMAS DE INFRAESTRUTURA URBANA DA PUC-CAMPINAS

Boa tarde Fábio,

A PUC-Campinas recebeu a aprovação da CAPES para a implantação do Programa de Pós-Graduação – Mestrado em Engenharia Civil. O nome do programa aprovado é Sistemas de Infraestrutura Urbana. Gostaria de contar

com seu apoio para divulgação na Revista Concreto & Construções.

Att.

Lia Lorena Pimentel
Professora da PUC-Campinas

PARABENIZAÇÃO

Prezado Túlio,

Li o último número e achei que a revista já deu um salto de qualidade. Parabéns! Espero que você continue na Presidência para dar um upgrade nessa instituição.

Maria Alba Cincotto
Professora da Escola Politécnica da USP •

↗ Livros

Concreto Protendido: teoria e prática

➔ Autores: Luiz Cholfe e Luciana Bonilha ➔ Editora: Pini

Voltada aos estudantes dos cursos de graduação em Engenharia Civil, o livro traz informações básicas conceituais de como projetar estruturas de concreto protendido, com base nas recomendações da Norma ABNT NBR 6118 – Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento.

A obra traz exemplos de aplicações numéricas da prática profissional dos autores.

➔ Informações: www.pini.com.br



Qualidade na indústria da construção: manual de processos, materiais e indicadores

➔ Autor: Paulo Henrique Laporte Ambrozewicz ➔ Editoria Mackenzie

O livro tem como propósito facilitar a compreensão de acadêmicos e profissionais da engenharia e arquitetura a respeito da qualidade na indústria da construção, apresentando aos leitores o conceito de qualidade e as transformações por que passou ao longo do tempo.

Dividido em cinco capítulos, o livro apresenta 25 processos construtivos, detalhando o serviço executado, os materiais necessários, os equipamentos, os indicadores e o registro de inspeção adequado a cada processo. A edição aborda de forma teórica o conceito de qualidade e demonstra de maneira prática os processos de controle de materiais e os indicadores aplicados na construção civil.

➔ Informações: www.livraria.mackenzie.br



35 anos de trabalho, dedicação e desenvolvimento nos serviços de concretagem

As associadas da ABESC oferecem serviços de concretagem diferenciados, químicos para construção, equipamentos para transporte, mistura e lançamento de concreto, sempre com foco na:

- Rígida observância das Normas Técnicas
- Garantia e Certificação da Resistência do Concreto
- Economia e produtividade resultante da prestação de Serviços em grande escala
- Preparação de concretos especiais, bombeáveis, auto adensáveis sem mão de obra, para paredes de concreto, fundações, hélice contínua, pisos industriais, permeáveis e sustentáveis, urbanos, rodoviários e muito mais, inclusive com a instalação de Centrais em canteiros de obra.

Consulte nossas associadas: www.abesc.org.br
abesc@abesc.org.br - tel. 11 - 3709-3466



Estudo Sobratema do Mercado Brasileiro de Equipamentos para Construção – 7ª edição

→ Realização: Insight Consultoria Econômica, MiniMaxi Editoria Especializada e Sobratema

A publicação fornece informações e dados estatísticos referentes ao mercado de equipamentos para construção no Brasil, com projeções econométricas sobre a comercialização das principais máquinas em uso no país para este ano e para o ano de 2014, por tipo de equipamento, além de apresentar um panorama geral sobre o setor para os próximos cinco anos e divulgar o cenário vigente do mercado de equipamentos em cinco países da América do Sul.

Voltada aos executivos e profissionais responsáveis pela área de equipamentos nos setores da construção e mineração, a publicação compila as informações estatísticas de pesquisas realizadas com fabricantes, investidores e usuários, contribuindo para o planejamento das empresas.

→ Informações: www.sobratema.org.br



Vantagens das lajes de continuidade nas pontes pré-fabricadas

→ Autores: Nelson Araujo Lima e Sérgio Marques Ferreira de Almeida

→ Editora: Rio Books

O livro mostra a importância da utilização das lajes de continuidade nos tabuleiros das passarelas, pontes e viadutos construídos com vigas de concreto pré-moldadas ou pré-fabricadas, em função da economia de custos de construção, do maior conforto para os usuários e da maior durabilidade das obras, pela diminuição do número de juntas.

Traz exemplos da aplicação da solução estrutural, como o projeto do tabuleiro com vigas pré-moldadas do Elevado da Avenida 31 de Março, ligando 3 a 3 seus 12 vãos de 40m, formando 4 trechos contínuos de tabuleiro com 120m de comprimento cada.

→ Informações: www.riobooks.com.br

Soluções completas que constroem o Brasil do futuro

A Votorantim Cimentos oferece soluções completas para todas as etapas de sua obra!

Com o maior portfólio de produtos e serviços para construção civil, a Votorantim Cimentos oferece cimento, concreto, argamassas, britas e areia, atendendo com excelência às mais exigentes obras e clientes espalhados pelo Brasil.

CONSTRUIR É REALIZAR.

 **Votorantim**
Cimentos

0800 7019898
www.mapadaobra.com.br


ENGEMIX

↗ Livros

Estruturas de betão: bases de cálculo

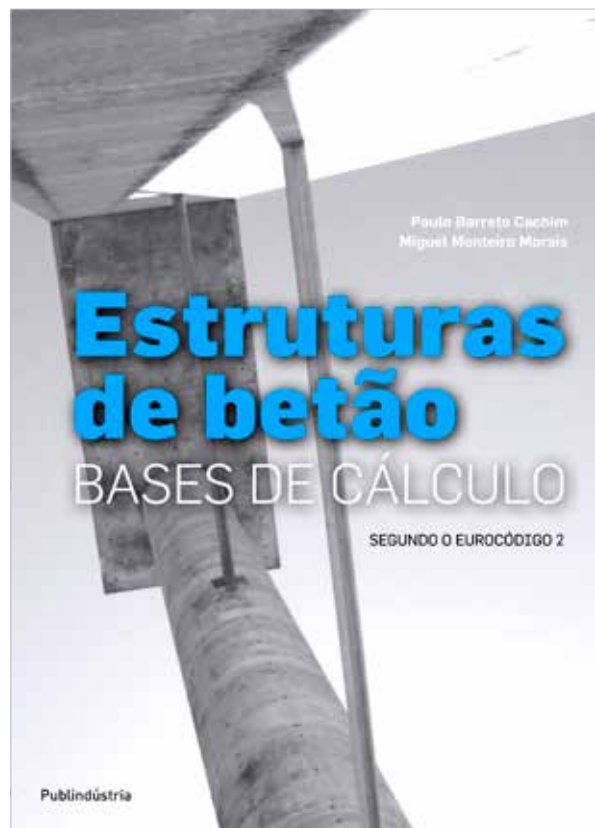
→ Autores: Paulo Barreto Cachim e Miguel Monteiro Morais

→ Editora: Publinústria

Nos últimos anos, a regulamentação de estruturas foi uniformizada na Europa com a introdução dos Eurocódigos Estruturais. O livro apresenta as bases de dimensionamento de estruturas de betão de acordo com o Eurocódigo 2.

Começa por apresentar as regras gerais de verificação da segurança em estrutura. Apresenta as propriedades dos materiais, betão e aço, bem como a sua interação. Mostra as regras de dimensionamento em estado limite último de elementos de betão armado para o esforço axial, de flexão, transversa, punção e torção. Finalmente, aborda o dimensionamento de elementos de betão para estados limites de utilização, cada vez mais condicionantes para uma construção mais durável e sustentável.

→ Informações: www.engebook.com



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) 3656.9289



Anuário ABCIC 2013

Com um total de 106 páginas e dividido em três capítulos, foi lançado, no dia 5 de dezembro, o Anuário 2013 da Abcic – Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto. Em sua terceira edição, a publicação faz uma retrospectiva das principais realizações da entidade, destacando importantes temas da agenda setorial, tais como: normalização, certificação, capacitação profissional, sustentabilidade e a questão tributária. A principal novidade da edição que chega aos associados, autoridades e a toda a comunidade ligada a concreto de maneira geral é a inclusão de uma sondagem que trata das expectativas das indústrias do pré-fabricado de concreto, um trabalho realizado pela Fundação Getúlio Vargas (FGV).

Na mensagem principal destinada ao segmento, o presidente do Conselho Estratégico da Abcic, Aguinaldo Mafra Júnior, e a presidente-executiva da entidade, Íria Doniak, salientam que “ao contrário de várias cadeias produtivas, que sofre um preocupante processo de desindustrialização, a construção civil brasileira vive um momento inverso e extremamente dinâmico de industrialização”. Nesse sentido, enfatizam que a construção industrializada tem muito a contribuir com os desafios do Brasil. “A solução estruturante para demandas de infraestrutura, logística, mobilidade urbana e a diminuição consistente do déficit habitacional passa necessariamente pela industrialização”, atestam os principais dirigentes da Abcic.



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

GRACE
RheoSet



ESPECIALISTA em produtos e materiais químicos, a Grace RheoSet produz soluções e tecnologias inovadoras para mercados globais.



Nossas **inovações** concretizam projetos pelo mundo todo



www.grace.com

LINHA DE PRODUTOS

- Aditivos para Concreto
- Aditivos para Cimento
- Sist. para Impermeabilizações
- Barreiras de Ar e Vapor



↗ Eventos

9ª Conferência Internacional sobre Alvenaria

Fórum de discussão e troca de ideias sobre as possibilidades e os desafios da alvenaria estrutural, o evento é organizado pela Universidade do Minho, pelo Instituto para Sustentabilidade em Engenharia Estrutural (ISISE) e pela Sociedade Internacional de Alvenaria (IMS), e será realizado em Guimarães, Portugal, de 7 a 9 de julho de 2014. A conferência recebeu 750 resumos de mais de 50 países distintos, em temas diversos como Inovação e Sustentabilidade, Novos Materiais e Técnicas Construtivas, Arquitetura,

Edificações Históricas, Construções Sismo-Resistentes, Reforço e Reabilitação, Resistência ao Fogo, Treinamento e Educação, Normas e outros.

Entre as Palestras Técnicas, haverá a apresentação do membro do comitê editorial da revista Concreto & Construções, Prof. Guilherme Parsekian, com tema “O Sucesso da Alvenaria Estrutural no Brasil: Prática, Pesquisa e Desafios”.

→ **Informações:** 9imc@civil.uminho.pt – www.9imc.civil.uminho.pt

1º Congresso Brasileiro de Patologia das Construções – CBPAT

Promovido pela Associação Brasileira de Patologia das Construções (Alconpat Brasil), o 1º Congresso de Patologia das Construções acontecerá na Fundação Parque Tecnológico Itaipu, em Foz do Iguaçu, no Paraná, de 21 a 23 de maio de 2014.

Os autores interessados em participar do evento têm até 27 de dezembro para enviar seus trabalhos científicos e tecnológicos sobre os temas a serem discutidos.

O evento vai debater o controle da qualidade, a patologia e a recuperação de estruturas de edificações convencionais (residenciais, comerciais, industriais e mistas) e de grandes obras (rodovias, portos, aeroportos, centrais hidrelétricas, pontes, viadutos, estádios esportivos etc.).

→ **Informações:** www.patologiadadasconstrucoes.com.br



Holcim. Paixão pelo desenvolvimento urbano e pelo futuro do Brasil.

A Holcim promove o desenvolvimento urbano em todo o mundo, investindo na mais avançada tecnologia. No Brasil, a Holcim também leva a qualidade dos produtos e serviços às mais importantes obras, que fazem parte da construção do País. Com um portfólio amplo e diversificado, a Holcim está à sua disposição, nas pequenas construções e nos grandes empreendimentos.

20ª reunião plenária do ISO/TC71

O ISO/TC 71 – *Concrete, reinforced concrete and pre-stressed concrete*, da *International Organization for Standardization*, reunirá o meio técnico internacional em janeiro de 2014, em Sidney, na Austrália, para realizar sua 20ª. Reunião Plenária e, como de costume, promoverá também reuniões de cada um de seus Subcomitês Técnicos.

O Brasil tem já sua participação confirmada em todos esses foros, onde é membro participante (P) desde 2006, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), e será representado por especialistas de renome internacional, ligados ao IBRACON e fortemente atuantes nos trabalhos de desenvolvimento da normalização nacional e internacional.

Desse encontro devem resultar decisões importantes a respeito dos rumos da normalização técnica no âmbito do concreto e espera-se ter a aprovação de alguns projetos internacionais, que, sem dúvida, influenciarão as normas nacionais dos países membros.

Composto pelos organismos de normalização de 90 (noventa) países, que se dividem entre membros participantes (P) e membros observadores (O), o ISO/TC 71 congrega, sob um mesmo objetivo, especialistas do mundo todo, que se organizam na tarefa de levar a realidade dos países que representam para os foros internacionais de discussão, buscando embasamento para o consenso internacional. Vale lembrar que esse trabalho ganha expressão pelo reconhecimento da Organização Mundial do Comércio (OMC), que utiliza as Normas Internacionais da ISO para aprovação do intercâmbio de bens e serviços entre países.

Gerenciando o desenvolvimento dos trabalhos do ISO/TC 71, o ACI (*American Concrete Institute*), atua em nome da ANSI (*American National Standards Institute*), como Secretaria Técnica Geral, e Organismos Nacionais de Países Membros realizam essa tarefa em cada um dos seus sete subcomitês, a seguir relacionados:

- ISO/TC 71/SC 1 *Test methods for concrete* (SII – Israel)
- ISO/TC 71/SC 3 *Concrete production and execution of concrete structures* (SN – Noruega)
- ISO/TC 71/SC 4 *Performance requirements for structural concrete* (ACI – Estados Unidos)
- ISO/TC 71/SC 5 *Simplified design standard for concrete structures* (ICONTEC – Colômbia)
- ISO/TC 71/SC 6 *Non-traditional reinforcing materials for concrete structures* (JISC – Japão)
- ISO/TC 71/SC 7 *Maintenance and repair of concrete structures* (KATS – Coreia)
- ISO/TC 71/SC 8 *Environmental management for concrete and concrete structures* (JISC – Japão)

A grade dos trabalhos para janeiro de 2014 pode ser conhecida em detalhes no site da ISO (www.iso.org) e, como a ABNT representa o Brasil nessa entidade, as regras para participação de profissionais devem ser verificadas diretamente com o ABNT/CB-18 (cb18@abnt.org.br ou cb18@abcp.org.br).

Traga seu conhecimento e faça parte desta iniciativa!



MASSA CINZENTA.
TUDO SOBRE O MERCADO
DA CONSTRUÇÃO CIVIL,
AGORA NAS REDES SOCIAIS.



Curta, compartilhe, siga e acompanhe.



Massa
Cinzenta

cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta



cimentoitambe.com.br

↗ Eventos

13ª Conferência Internacional sobre Durabilidade de Materiais e Componentes de Construção – DBMC

Com o objetivo de discutir temas, como a durabilidade de materiais, componentes e sistemas construtivos, metodologias de predição do ciclo de vida, patologias e sustentabilidade na construção, a Conferência vai acontecer na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, de 2 a 5 de setembro de 2014.

O evento recebe trabalhos técnico-científicos até 10 de janeiro de 2014.

Organizado pelo EPUSP, Secovi-SP e Faculdade de Engenharia da

Universidade do Porto, a Conferência é apoiada pela ASTM International (American Society for Testing and Materials), CIB (International Council for Research and Innovation in Building and Construction), Nist (National Institute of Standards and Technology) e Rilem (The International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures), e vai acontecer paralelamente a 69ª Semana RILEM, evento que reunirá os comitês da RILEM.

→ Informações: www.dbmc2014.org

VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

Em comemoração aos 40 anos da Ponte Rio-Niterói, o VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas será realizado de 21 a 23 de maio de 2014, no Hotel Pestana, no Rio de Janeiro.

Pesquisadores, profissionais e estudantes podem enviar resumos de trabalhos que queiram apresentar no evento até o dia 22 de dezembro.

Os trabalhos podem versar desde projeto, construção, recuperação, reforço e manutenção de pontes, estádios, edifícios, portos, barragens, plataforma offshore e fundações até normalização, experimentação, análise e dimensionamento de concreto armado e protendido, alvenaria estrutural, dentre outras..

→ Informações: www.cbpe2014.com.br

LENTON® Concrete Reinforcement Products

A ERICO oferece uma linha completa para conexão de barras para sistemas de concreto armado. Os engenheiros da ERICO possuem experiência e recursos necessários para ajudá-lo a selecionar a solução mais adequada para uma variedade de aplicações.

- **Produtos Desenvolvidos com Alta Qualidade**
- **Desempenho Testado e Aprovado**
- **Suporte Especializado – Projeto e Aplicação**
- **Atende ou Excede Requisitos das Normas Brasileiras e Internacionais**



- 1 LENTON® TERMINATOR
- 2 LENTON® QUICK WEDGE
- 3 CADWELD®
- 4 LENTON® INTERLOK
- 5 LENTON® Taper Threaded Couplers
- 6 LENTON® SPEED SLEEVE
- 7 LENTON® FORM SAVER
- 8 LENTON® LOCK



Paulo Eduardo FONSECA DE CAMPOS

Paulo Eduardo Fonseca de Campos é Professor Doutor da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, desde 2008, onde coordena o Laboratório de Fabricação Digital FAB LAB SP. Foi eleito Superintendente do Comitê Brasileiro da Construção Civil da Associação Brasileira de Normas Técnicas (CB-02/ABNT) no ano passado, o que lhe garante um assento na Comissão do Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (SINAT) do Ministério das Cidades, responsável pela avaliação técnica de sistemas construtivos inovadores.

Formado em Arquitetura e Urbanismo na PUC-Campinas em 1981, Campos esteve sempre voltado para os sistemas construtivos industrializados, como diretor na Pavi do Brasil e, posteriormente, como sócio-diretor da Precast Desenvolvimento de Produto, onde pôde desenvolver desde projetos de grandes edifícios empregando o conceito de arquitetura industrializada até rampas pré-fabricadas de microconcreto de alto desempenho, entre outros projetos voltados para mobiliário urbano. Por esta razão, optou por

fazer seu mestrado na Escola Politécnica da USP, concluído em 1989, com uma dissertação sobre a argamassa armada usada na pré-fabricação leve.

Implantou e coordenou o Centro de Desenvolvimento de Equipamentos Urbanos e Comunitários (CEDEC), da Empresa Municipal de Urbanização (Emurb), de 1989 a 1993, e foi secretário municipal em Santos, sua cidade natal, de 1994 a 1996, onde administrou a região noroeste da cidade e coordenou parte do programa habitacional do município.

Paulo Campos é membro do Programa Iberoamericano de Cooperação CYTED (Ciencia y Tecnología para el Desarrollo) e é membro-correspondente do Grupo de Trabalho da

Comissão 6 da FIB (Federation Internationale du Béton), coordenando projetos relacionados à produção industrializada de habitações de interesse social.

IBRACON – EM SUA FORMAÇÃO PROFISSIONAL, VOCÊ PRIVILEGIOU UMA CERTA MULTIDISCIPLINARIDADE, TENDO SE GRADUADO EM ARQUITETURA, OBTIDO O MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL E O DOUTORADO EM ARQUITETURA E URBANISMO. POR QUE ESTA OPÇÃO PELA FORMAÇÃO TANTO EM ARQUITETURA QUANTO EM ENGENHARIA?

FONSECA DE CAMPOS – Meu interesse pela industrialização da construção teve início ainda durante o curso de graduação.



“ A CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA ESTÁ NO CERNE DA ARQUITETURA MODERNA, ENVOLVENDO O CONHECIMENTO DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS E DE TECNOLOGIA DE MATERIAIS ”

No terceiro ano da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da PUC-Campinas, resolvi que não queria mexer com a construção convencional, por todas as mazelas relacionadas à sua execução na década de 1970. Por outro lado, havia os fatores positivos que me conduziam para a construção industrializada.

A rigor, a construção industrializada está na raiz da própria arquitetura moderna, desde Walter Gropius, da Bauhaus, e, para não buscar um exemplo tão distante, em todos os arquitetos modernistas brasileiros, como Vilanova Artigas, que empresta seu nome ao edifício da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAUUSP). Dessa forma, a construção industrializada está no cerne da arquitetura moderna, envolvendo o conhecimento de sistemas construtivos e de tecnologia de materiais.

O que fiz, ao fazer o mestrado em engenharia civil, foi me preparar, da melhor forma possível, para transitar neste campo, pavimentando as bases para que eu tivesse uma certa desenvoltura, seja em sistemas estruturais, seja em tecnologia dos materiais e, mais especificamente, em tecnologia do concreto. Outra razão que me conduziu para a Escola Politécnica foi a objetividade da Engenharia Civil: a interrelação entre os processos construtivos e o partido arquitetônico. A forma como a engenharia constrói o pensamento, de maneira tão embasada, me atraiu para a Escola Politécnica.

O retorno à Arquitetura e Urbanismo no doutorado foi porque eu realmente gosto da Arquitetura. Minha carreira acadêmica ganhou muito com a Engenharia, eu me sinto como um egresso da Escola Politécnica da USP, tenho grandes amigos lá, mas veio a vontade de regressar com essa bagagem para a Arquitetura.

Não vejo como uma contradição um arquiteto se preparar para trabalhar na indústria, se preocupar com a inserção da arquitetura no ciclo produtivo, até porque, segundo os próprios princípios do modernismo, a arquitetura deve

se constituir como fenômeno cultural que seja reflexo da base material de seu tempo. Hoje, não é coerente seguir executando obras da maneira que fazíamos há vinte anos, já que precisamos tomar conhecimento das tecnologias contemporâneas e aplicá-las nos projetos.

IBRACON – DE 1997 A 2007, VOCÊ FOI SÓCIO-DIRETOR DA PRECAST DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, EMPRESA ESPECIALIZADA NO DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS E PRODUTOS CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS. O QUE O MOTIVOU A ENTRAR NESTE MERCADO?

FONSECA DE CAMPOS – Eu vinha de uma trajetória como diretor de projeto e desenvolvimento em uma empresa multinacional na área de pré-fabricação, a Pavi do Brasil, onde pude atuar com inovação em termos de produtos, tais como: painéis arquitetônicos e banheiros prontos. Em termos de tecnologia, esses produtos empregavam o concreto reforçado com fibra de vidro (GFRC – Glass Fiber Reinforced Concrete).

Havia na época, e há até hoje, uma carência por escritórios de projeto dedicados ao desenvolvimento de produto. Atualmente, o país se ressentia muito da falta destes profissionais. Temos uma preocupação grande com a rede laboratorial para ensaiar os sistemas inovadores, mas, é preciso frisar que, antes do ensaio, vem a criação e o desenvolvimento de produtos inovadores. Nas disciplinas que leciono na universidade, “Arquitetura e Indústria”, para os estudantes de Arquitetura, e “Projeto de Produto para o Edifício”, para os estudantes de Design, procuro formar os futuros profissionais para superar essa carência do mercado. Quando arquitetos e designers projetam, ambos têm como foco as necessidades do usuário, que, não por acaso, é também o objetivo fundamental da Norma de Desempenho (ABNT NBR 15.575:2013), buscando compatibilizar as necessidades dos usuários e as tecnologias capazes de responder a essas exigências.



Banheiros
prontos de
GFRC – linha
de produção

IBRACON – QUAIS PRODUTOS FORAM DESENVOLVIDOS POR VOCÊ NA PRECAST?

FONSECA DE CAMPOS – Desde sistemas pré-fabricados para estrutura e fechamento de grandes edifícios habitacionais, comerciais e industriais, passando por banheiros prontos pré-fabricados, até mobiliário urbano (bancos, lixeiras, abrigo de ônibus etc.), produzidos com concretos especiais, ou seja, materiais à base de cimento pertencentes à família dos concretos estruturais. Minha predileção foi trabalhar com materiais inovadores, como o concreto de alto desempenho, os compósitos à base de cimento e o microconcreto de alto desempenho, para aplicação na pré-fabricação leve. Em um tanque de decantação secundária executado para uma companhia produtora de suco de laranja no interior de São Paulo, por exemplo, projetado originalmente com paredes de concreto com 25cm de espessura, foi possível reduzi-las para 3cm de espessura com o uso do microconcreto de alto desempenho. O projeto está registrado no livro recentemente lançado sobre “Microconcreto de alto desempenho”, fruto do trabalho de um grupo de profissionais ibero-americanos surgido em torno da pré-fabricação leve, cuja referência

de destaque na arquitetura brasileira é o arquiteto João Filgueiras Lima, o Lelé, a quem eu considero meu grande mestre na área da industrialização da construção, assim como o Sérgio Ferro e o Rodrigo Lefèvre, esses últimos egressos da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP.

IBRACON – POR QUE VOCÊ DEIXOU A DIREÇÃO DA PRECAST?

FONSECA DE CAMPOS – Deixei a direção da empresa a partir do momento em que vim para a Faculdade de Arquitetura e passei a me dedicar ao ensino, pesquisa e extensão na universidade. A empresa existe ainda hoje, dando apoio a processos de industrialização, principalmente no desenvolvimento de mobiliário urbano.

IBRACON – CONTE-NOS SUA EXPERIÊNCIA COMO SECRETÁRIO MUNICIPAL DE SANTOS, DE 1994 A 1996, ONDE TRABALHOU PRINCIPALMENTE NA ÁREA DE TECNOLOGIAS PARA HABITAÇÃO E MELHORAMENTO DE ASSENTAMENTOS PRECÁRIOS.

FONSECA DE CAMPOS – Seja em termos dos trabalhos desenvolvidos aqui no Brasil, seja em termos dos

“ QUANDO ARQUITETOS E DESIGNERS
PROJETAM, AMBOS TÊM COMO
FOCO AS NECESSIDADES DO
USUÁRIO, QUE É TAMBÉM O
OBJETIVO FUNDAMENTAL
DA NORMA DE DESEMPENHO ”

“ AO SE PROPOR UM SISTEMA CONSTRUTIVO INDUSTRIALIZADO, NÃO IMPORTA SOMENTE A TECNOLOGIA, MAS TAMBÉM A MANEIRA COMO A MESMA VAI SER IMPLANTADA, AS POSSIBILIDADES EM TERMOS DE ARQUITETURA E URBANISMO QUE A TECNOLOGIA PERMITE EXPLORAR, COM QUALIDADE ”

trabalhos desenvolvidos no âmbito de cooperação ibero-americana em torno da industrialização da construção, minha visão sobre construção da habitação foi gradativamente se ampliando. Ao se propor um sistema construtivo industrializado, não importa somente a tecnologia, mas também a maneira como a mesma vai ser implantada, as possibilidades em termos de arquitetura e urbanismo que a tecnologia permite explorar, com qualidade. Em suma: mais do que produzir habitações, nós, arquitetos, urbanistas e engenheiros, produzimos cidades. Num determinado momento da minha vida profissional, eu intensifiquei minha atuação na produção do habitat, por meio de intervenções de

melhoramento e reordenamento de assentamentos precários executadas em São Paulo e Santos, onde tive a oportunidade de implantar programas habitacionais visando fixar as populações nesses locais, mas em condições dignas, com o uso intensivo de tecnologia. A experiência vivenciada em Santos foi muito rica. Eu tinha status de secretário municipal, mas, na verdade, administrei a região noroeste da cidade, com uma população de 150.000 habitantes e onde havia uma concentração enorme de problemas. Ali, tive oportunidade de tocar parte do projeto habitacional do prefeito municipal à época, o médico sanitário David Capistrano Filho, muito reconhecido, dentro e fora do Brasil, por sua atuação nas



Tanque decantador secundário da Citrovita (Araras/SP)



Canalização de córregos em SP – Cedec/Emurb

áreas de saúde, habitação e saneamento. Apliquei em Santos parte das tecnologias para habitação e saneamento que já havia desenvolvido na cidade de São Paulo, quando fui chefe do Departamento de Tecnologia no CEDEC (Centro de Desenvolvimento de Equipamentos Urbanos e Comunitários, da Empresa Municipal de Urbanização – Emurb), na administração de Luíza Erundina, de 1989 a 1993.

IBRACON – VOCÊ TRABALHOU TAMBÉM NA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP)? O QUE VOCÊ FEZ LÁ?

FONSECA DE CAMPOS – Eu me formei em 1981. Após uma curta temporada trabalhando na Wagner S.A. com o desenvolvimento de sistemas leves empregando o painel

WALL, até hoje utilizado pelo mercado, fui para a Munte Construções Industrializadas, onde conheci Gyorgy Troyko, superintendente da empresa de origem alemã no Brasil, e mais um arquiteto formado pela FAUUSP que se dedicou à pré-fabricação. A Munte foi para mim uma escola, onde pude me inteirar de tudo o que era, de fato, a pré-fabricação em concreto.

Em 1984, quando entrei no mestrado na Escola Politécnica da USP, acabei optando por me aprofundar mais na pré-fabricação leve, muito calcado no exemplo do Leté. Tive muito apoio na época, principalmente do Prof. Francisco Romeu Landi, a quem devo minha carreira acadêmica e o fato de hoje ser docente da USP, e do Grupo de São Carlos, da USP de São Carlos, centro de referência na pesquisa da argamassa armada, coordenado pelo Prof. João Bento

“ APLIQUEI EM SANTOS PARTE DAS TECNOLOGIAS PARA HABITAÇÃO E SANEAMENTO QUE JÁ HAVIA DESENVOLVIDO NA CIDADE DE SÃO PAULO, NO CEDEC ”

“ CONTINUAVA INTERESSADO NO CONCRETO DE ALTO DESEMPENHO E NA PRÉ-FABRICAÇÃO LEVE, QUANDO CONHECI O PROF. AÏTCIN, UMA DAS MAIORES AUTORIDADES DO MUNDO EM CAD ”

de Hanai, meu orientador no mestrado. Naquela época, a ABCP era o único local em São Paulo que trabalhava com a tecnologia da argamassa armada, razão pela qual fui trabalhar lá, sendo muito bem recebido pelo Eng^o Argos Menna Barreto, secretário-executivo da ABCP à época. Fiquei na ABCP até o momento em que a direção da Emurb, no início da administração de Luíza Erundina à frente da Prefeitura de São Paulo, em 1989, convidou-me para trabalhar, juntamente com a arquiteta Mayumi Souza Lima, na implantação de uma grande usina de pré-fabricados para a produção de escolas, infraestrutura e mobiliário urbano (o CEDEC).

Depois dessa passagem pela administração pública, no

CEDEC e em Santos, etapas que significaram para mim uma espécie de serviço militar, em 1996 fui convidado a retornar à ABCP, para coordenar os escritórios regionais em todo o país. Surgiu também a oportunidade de fazer o doutorado com o Prof. Geraldo Serra, na FAUUSP. Continuava interessado no concreto de alto desempenho e na pré-fabricação leve, e tive a oportunidade de conhecer o Prof. Pierre-Claude Aïtcin, da Universidade de Sherbrooke, do Canadá, uma das maiores autoridades do mundo em concreto de alto desempenho, que desenvolvia, na altura, pesquisas para melhorar a durabilidade do concreto em um projeto que se tornou muito conhecido no Brasil: o “Béton Canada”. O livro do Prof. Aïtcin (“Concreto de alto



Paulo Eduardo Fonseca, com alunos, em curso teórico-prático sobre MicroCAD – Microconcreto de Alto Desempenho

desempenho”), para o qual contribuí na revisão técnica da tradução para o português, ensinei um “insight” para minha tese de doutorado sobre o microconcreto de alto desempenho, expressão que cunhei em 2002, na medida em que comprovei que os critérios normativos para projeto e execução da argamassa armada, segundo a norma NBR-11.173 de 1990, resultavam num concreto de alto desempenho de classe I, corroborando para a demonstração da durabilidade possível a ser alcançada no emprego da tecnologia. Para isso, foi importante também ter sido aluno na disciplina do Prof. Paulo Helene, sobre dosagem e microestrutura dos concretos de cimento Portland, ainda durante o mestrado cursado na Poli-Civil.

IBRACON – VOCÊ PARTICIPOU COMO MEMBRO CORRESPONDENTE DO GRUPO DE TRABALHO DA COMISSÃO 6 DA FIB, QUE SE DEDICOU A CATALOGAR AS TIPOLOGIAS DE CONSTRUÇÕES HABITACIONAIS ECONÔMICAS EM PRÉ-FABRICADOS NO MUNDO, QUE CULMINOU NUMA PUBLICAÇÃO EM 2012. QUAL FOI A CONTRIBUIÇÃO DO BRASIL PARA ESTA PUBLICAÇÃO?

FONSECA DE CAMPOS – Tivemos um aporte valioso da Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto (Abcic), entidade da qual me orgulho muito em ter sido sócio-fundador e depois diretor técnico, para colaborar com esse levantamento, coordenado pelo amigo e engenheiro espanhol David Fernández-Ordóñez, professor da Universidade Politécnica de Madri. Esse aporte veio do mercado, daquilo que já vinha sendo executado. Nós, eu e Íria Doniak, presidente-executiva da Abcic, fomos simplesmente os canais pelos quais essas informações puderam ser transferidas para o âmbito da fib. Contribuiu também a experiência adquirida no Programa Ibero-americano de Cooperação CYTED (Ciencia y Tecnología para el Desarrollo), no qual ingressei em 1989, como representante do Brasil num projeto denominado

“Técnicas construtivas industrializadas para a habitação de baixo custo”, comandado pelo engenheiro e pesquisador venezuelano José Adolfo Peña, pelo qual se publicou em 1993 um catálogo ibero-americano de técnicas industrializadas para a habitação.

IBRACON – COMO MEMBRO DA COMISSÃO DO SISTEMA NACIONAL DE AVALIAÇÕES TÉCNICAS (SINAT), QUE ATESTA OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS INOVADORES NO ÂMBITO DO MINISTÉRIO DAS CIDADES, QUAL É SUA AVALIAÇÃO DO NÍVEL TÉCNICO DA INDÚSTRIA BRASILEIRA DE PRÉ-FABRICAÇÃO?

FONSECA DE CAMPOS – Para minha grande satisfação, em março do ano passado, fui eleito para o cargo de Superintendente do Comitê Brasileiro da Construção Civil da Associação Brasileira de Normas Técnicas (CB-02/ABNT). Com isso, passei a ter assento nas diversas comissões nacionais vinculadas à Secretaria Nacional de Habitação do Ministério das Cidades, entre as quais a CN-SINAT, além do Comitê Nacional de Desenvolvimento Tecnológico da Habitação (CTECH), coordenado atualmente pela Secretária Nacional de Habitação, Inês Magalhães. A participação nestas instâncias oferece uma visão privilegiada para o que vem surgindo como proposta de inovação tecnológica no campo habitacional. Hoje, os sistemas inovadores precisam passar pelo crivo do SINAT. Ou seja, não há a menor chance de termos sistemas construtivos inovadores que utilizem os usuários como cobaias, o que chegou a ser feito no passado, porque o setor e o governo estão organizados, existindo respaldo técnico e organizacional para estas avaliações. Dessa forma, em termos de estrutura para a realização de ensaios e a certificação, estamos bem e consolidados. Hoje, nós temos no Brasil um programa habitacional ambicioso e de escala massiva, que precisa certamente estar apoiado em tecnologias idôneas. A tônica da Secretaria Nacional de Habitação é incorporar,

“ NÃO HÁ A MENOR CHANCE DE TERMOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS INOVADORES QUE UTILIZEM OS USUÁRIOS COMO COBAIAS, O QUE CHEGOU A SER FEITO NO PASSADO ”

“ A TÔNICA DA SECRETARIA NACIONAL DE HABITAÇÃO É INCORPORAR, DEFINITIVAMENTE, OS PRECEITOS E A METODOLOGIA DA NORMA DE DESEMPENHO, QUE PASSOU A VIGORAR EM 19 DE JULHO DESTA ANO, NO PROGRAMA MINHA CASA, MINHA VIDA ”

definitivamente, os preceitos e a metodologia da Norma de Desempenho, que passou a vigorar em 19 de julho deste ano, no Programa Minha Casa, Minha Vida.

IBRACON – COMO A INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO PODE CONTRIBUIR COM A ACESSIBILIDADE E MOBILIDADE URBANA NAS GRANDES CIDADES?

FONSECA DE CAMPOS – Do ponto de vista das calçadas, da acessibilidade do pedestre ou cadeirante, tivemos a oportunidade de desenvolver na Precast a experiência pioneira das rampas pré-fabricadas, que se espalhou por São Paulo e depois para outras cidades do país. As rampas pré-fabricadas são peças de microconcreto

de alto desempenho, com espessura média de 30mm, padronizadas, leves e de fácil instalação, além de duráveis. É um produto que agrega valor às calçadas.

IBRACON – COMO OS CRITÉRIOS POSTOS PELA NORMA DE DESEMPENHO PODEM IMPACTAR A PRODUÇÃO DOS PRÉ-FABRICADOS?

FONSECA DE CAMPOS – Aqueles que não acompanharam o processo de desenvolvimento da NBR-15575:2013 de perto, hoje precisam rapidamente se adequar. Neste ponto, a indústria da pré-fabricação está em grande vantagem, já que a origem da metodologia de desempenho é precisamente a construção industrializada, largamente



Rampas pré-fabricadas em microconcreto de alto desempenho



Paulo Eduardo Fonseca em aula sobre aplicação de microCAD na pré-fabricação

empregada no período imediatamente após a Segunda Guerra Mundial. A metodologia de desempenho tem suas raízes nos sistemas industrializados de primeira geração, usados na reconstrução da Europa.

É uma norma que representa um marco, uma mudança de paradigma e tenho certeza de que ela vai provocar uma transformação, que aguardávamos há muito tempo, mas que exigia um amadurecimento de cada segmento que colabora com a cadeia da construção, um entendimento amplo entre as partes envolvidas, incluindo os usuários.

IBRACON – POR QUE, APÓS EXTENSA CARREIRA NO SEGMENTO DA PRÉ-FABRICAÇÃO, VOCÊ DECIDIU SEGUIR A CARREIRA ACADÊMICA, COMO PROFESSOR DA FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO DA USP?

FONSECA DE CAMPOS – Sempre gostei da docência, tanto que, paralelamente à minha atuação profissional, dediquei-me à construção de uma carreira acadêmica. Acredito que na universidade eu possa, de alguma maneira, buscar colaborar com a formação de outros profissionais para atuarem na área da arquitetura

industrializada e da pré-fabricação, até porque existe uma grande demanda por esses profissionais. É importante que a universidade consiga formar esses profissionais. Por meio do Prêmio Nacional de Pré-Fabricados de Concreto para Estudantes de Arquitetura promovido pela Abcic, por exemplo, incentivamos os alunos a se inscreverem e os orientamos no desenvolvimento de projetos nesta área. Na disciplina “Arquitetura e Indústria” contribuimos com essa formação também. Eu, por sorte, tive na minha graduação em Campinas uma disciplina de industrialização da construção, cujo professor é hoje meu colega na FAUUSP, o arquiteto Antonio Carlos Sant’Anna.

IBRACON – QUAIS SÃO AS ATIVIDADES QUE VOCÊ DESENVOLVE NOS LABORATÓRIOS DA FAU?

FONSECA DE CAMPOS – Há quatro anos, comecei a me envolver com a questão da fabricação digital, tecnologia empregada em algumas das mais emblemáticas obras contemporâneas, tais como o Estádio Nacional de Pequim, da dupla de arquitetos suíços Jacques Herzog e Pierre de Meuron, além de várias outras assinadas por

“ A NORMA DE DESEMPENHO REPRESENTA UM MARCO, UMA MUDANÇA DE PARADÍGMA E TENHO CERTEZA DE QUE VAI PROVOCAR UMA TRANSFORMAÇÃO, QUE AGUARDÁVAMOS HÁ MUITO TEMPO ”

“ A APLICAÇÃO DA FABRICAÇÃO DIGITAL NA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA PODE SE DAR DAS MAIS DIVERSAS MANEIRAS, TAIS COMO: A CONFECÇÃO DE MOLDES OU A EXECUÇÃO DE COMPONENTES PARA O EDIFÍCIO ”

Frank O. Gehry e Norman Foster, entre outros. Eu mesmo já tive a oportunidade de fazer uso da fabricação digital para a produção de peças de mobiliário urbano. Em 2011, montei o laboratório de fabricação digital da FAUUSP, juntamente com colegas e com apoio da direção da faculdade. Implantamos o primeiro laboratório de fabricação digital do Brasil vinculado à rede mundial FAB LAB, liderada pelo “Center for Bits and Atoms” do MIT - Massachusetts Institute of Technology.

A aplicação da fabricação digital na construção industrializada pode se dar das mais diversas maneiras, tais como: a confecção de moldes ou a execução de componentes para o edifício. A fabricação feita a partir de um projeto paramétrico e com o auxílio de um equipamento dotado de uma interface de controle numérico computadorizado (CNC) permite, por exemplo, fazer um molde para concreto, diferenciado e com fôrmas muito mais complexas do que estamos habituados a ver na pré-fabricação. Isso abre um novo horizonte em termos de linguagem na arquitetura e no design. Um grupo de professores da Loughborough University, em Leicester, no Reino Unido, que teve a oportunidade de visitar há dois anos, desenvolveu a tecnologia chamada “concrete printing”, uma impressora 3D de concreto, capaz de criar uma peças pré-fabricadas prontas.

Entre as pesquisas que planejamos desenvolver no FAB LAB SP nos próximos anos está a produção robotizada de GFRC (concreto reforçado com fibra de vidro), algo já estudado no passado. Para isso contamos com a colaboração de outros centros de pesquisa europeus, com os quais a USP mantém convênios de cooperação acadêmica.

Com o laboratório hoje implantado, alunos e pesquisadores têm condição de entender e penetrar neste mundo da fabricação digital, aproximando o pensar do fazer, experimentando.

IBRACON – COMO SUPERINTENDENTE DO COMITÊ BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO CIVIL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (CB-02/ABNT), QUAL SUA VISÃO SOBRE O ESTÁGIO E OS RUMOS DA NORMALIZAÇÃO BRASILEIRA?

FONSECA DE CAMPOS – Citando novamente a Norma de Desempenho, acredito que estamos saindo de uma etapa em que a normativa possuía uma orientação objetual ou prescritiva, em que as normas eram elaboradas quase como receitas de como fabricar produtos e sistemas, para uma nova etapa onde estas passam a estabelecer um conjunto de requisitos e critérios a que produtos, componentes e sistemas construtivos devem atender, dentro de uma visão que classifico como normativa exigencial.

Atualmente o CB-02, mais do que manter uma postura reativa, de esperar que um grupo de fabricantes ou segmento solicite determinada norma, procura trabalhar com base em uma visão de futuro para a construção civil, buscando preparar a retaguarda normativa para seu desenvolvimento. É uma visão mais propositiva do que tínhamos anteriormente.

IBRACON – QUAIS TRABALHOS ESTÃO SENDO DESENVOLVIDOS E QUAIS ESTÃO SENDO PREVISTOS DENTRO DO CB-02?

FONSECA DE CAMPOS – Temos em curso a revisão de normas importantes, como a ABNT NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto e a ABNT NBR 9062 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Estamos participando de um trabalho, junto ao CB-18, para o desenvolvimento de uma norma para sistemas de painéis pré-fabricados.

Como resposta ao que houve no Rio de Janeiro há dois anos, quando tivemos o desabamento de três edifícios em função de obras de reformas feitas na clandestinidade, foi criada a comissão de estudos para elaboração da norma de reformas em edificações. Este projeto de norma já está em consulta nacional.



Brises Metrô
Vila Sonia

Outra comissão de estudos criada para preencher uma lacuna e com o maior senso de urgência foi a de inspeção predial, em função, principalmente, do incêndio da Boate Kiss, que ocorreu em Santa Maria, onde houve uma total inobservância da norma NBR 9077 de Saídas de Emergência. Queremos nos antecipar aos projetos de lei que estão sendo discutidos no Congresso Nacional, dando uma contribuição relevante do meio técnico à sociedade em geral.

Afora essas questões circunstanciais, buscamos uma total observância à exigência da ISO, à qual a ABNT é filiada, no sentido de que a cada cinco anos confirmemos ou cancelemos os textos normativos, buscando manter sempre atualizado o acervo do CB-02. Ao contrário do que acontecia no passado, onde as comissões de estudo (CE) elaboravam as normas e, em seguida, se dissolviam, hoje uma CE permanece sempre mobilizada e obrigatoriamente tem que se reunir periodicamente para revisão ou elaboração de emendas ao texto.

Enfim, a prática de normalização se modernizou: temos um alinhamento com o que existe de mais avançado, de mais consolidado em termos de conhecimento na área.

A ABNT tem promovido este esforço, tem contado com a colaboração dos comitês brasileiros e, portanto, creio que estamos num bom caminho nesta área.

IBRACON – QUAL É O PAPEL DE ENTIDADES COMO O IBRACON, ABCP, ABECE, ABESC, ABCIC, PARA O DESENVOLVIMENTO DA INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO NO PAÍS?

FONSECA DE CAMPOS – As associações têm, ao lado do seu papel de ampliar o mercado, cumprido a missão de mostrar como usar corretamente uma solução tecnológica, como eliminar desperdícios e, inclusive, mostrar como as tecnologias podem ser, de fato, ferramentas importantes para o desenvolvimento do país. Esse papel de promoção e difusão do conhecimento é extremamente importante e nobre, e cabe às associações. Toda vez que um segmento dentro da cadeia da construção civil se organiza, se preocupa com a qualidade, busca se autorregulamentar, busca promover a concorrência em bases leais, todos saímos ganhando: produtores, consumidores e o país. Essas entidades têm um papel histórico fundamental para o avanço das forças

“ COMO RESPOSTA AO QUE HOVE NO RIO DE JANEIRO HÁ DOIS ANOS, QUANDO TIVEMOS O DESABAMENTO DE TRÊS EDIFÍCIOS EM FUNÇÃO DE REFORMAS FEITAS NA CLANDESTINIDADE, FOI CRIADA A COMISSÃO DE ESTUDOS PARA A ELABORAÇÃO DA NORMA DE REFORMAS EM EDIFICAÇÕES ”

“ AO CONTRÁRIO DO QUE ACONTECIA NO PASSADO, ONDE AS COMISSÕES DE ESTUDO ELABORAVAM NORMAS E, EM SEGUÍDA, SE DISSOLVIAM, HOJE UMA CE PERMANECE SEMPRE MOBILIZADA E OBRIGATORIAMENTE TEM QUE SE REUNIR PERIÓDICAMENTE PARA REVISÃO OU ELABORAÇÃO DE EMENDAS AO TEXTO ”

produtivas em cada um desses segmentos e para a difusão das tecnologias.

IBRACON – O QUE GOSTA DE FAZER FORA DO TRABALHO? QUAIS SEUS HOBBIES?

FONSECA DE CAMPOS – O primeiro que me vem à cabeça é o cinema, embora já tenha me dedicado um pouco à pintura e praticado vela quando mais jovem. Desde cedo adquiri o hábito de curtir a “sétima arte”, talvez motivado por minha vida em Santos, cuja grande quantidade de cinemas garantia uma oferta de filmes não só comerciais, mas de arte também. A Cinelândia Santista

me permitiu conhecer as melhores produções nacionais e internacionais. Junto com o cinema está a música. Tenho formação erudita em violão, mas gosto de tocar guitarra também, ainda que me falte tempo para isso atualmente. Mas o que eu gosto mesmo é de ouvir jazz, meu tipo de música predileto. Estive em New Orleans no meio do ano passado e pude conhecer emocionado o berço deste gênero musical fantástico. A bem da verdade, como alguém por aí já disse, divido a música, basicamente, em boa e má. Sendo música boa, pode vir jazz, rock, bossa nova, reggae, clássica... tudo o que faz bem para os ouvidos e para a alma! ●



A experiência de quem saber fazer.

A Mega Concreto chega com uma equipe motivada e liderada por profissionais experientes que gostam de desafios. Não é a toa que muitas das histórias do concreto no Brasil foram escritas por eles e pelo visto escreverão muitas mais.

Nossa estrutura

- 120 m³/h de produção de concreto de qualidade.
- Produção e entregas informatizadas.
- Precisão e rapidez no atendimento.
- Estrutura eficiente de pós-venda.
- Soluções para obras de pequeno, médio e grande porte.
- Usinas de canteiro.

11 3616.2244 www.megaconcreto.com.br



Os desafios da industrialização em concreto

ÍRIA LÍCIA OLIVA DONIAK – PRESIDENTE-EXECUTIVA
ABCIC E DIRETORA DE CURSOS IBRACON

1. O CENÁRIO ATUAL

A industrialização da construção civil é de fundamental importância no atual cenário brasileiro em que surgem evidências de escassez de mão de obra, ao mesmo tempo em que há indícios de crescimento, especialmente na área de infraestrutura e habitações econômicas.

Publicação da Fundação Getúlio Vargas, denominada “Tributação, Industrialização e Inovação Tecnológica na Construção Civil” mostra que, nos últimos 15 anos, a evolução da produtividade na construção apresentou tendência bastante desfavorável. Tomando por referência os dados das Contas Nacionais, entre 1995 e 2010, o PIB da construção cresceu 2,3% ao ano em termos reais, sendo que a ocupação na construção registrou expansão de 3,6% ao ano. A relação entre essas duas taxas dá uma estimativa da evolução da produtividade do trabalho, que foi de -1,3% ao ano no período, conforme ilustra a tabela 1.

Estudo recente publicado pela FIESP (Federação das Indústrias de São Paulo), “Estratégia de Potencial Socioeconômico Pleno Para o Brasil”, aponta que, entre 2003 e 2011, o setor da construção apresentou um aumento relevante nos custos de produção. O custo de mão de obra

teve um aumento real de 85% e os custos de materiais de construção expandiram-se 70%. O mesmo trabalho informa que o Brasil possui um espaço importante para industrializar a construção, posto que, quando comparado com países desenvolvidos apresenta o menor grau da produtividade da mão de obra. O desperdício de insumos chega a 30%; na França, por exemplo, não ultrapassa 12%. A saída natural apontada seria a adoção de métodos de construção mais modernos e intensivos em tecnologia.

2. O CONCEITO DE INDUSTRIALIZAÇÃO

Considerando este contexto, indubitavelmente racionalizar ou industrializar os canteiros de obras visando o aumento de produtividade tem sido uma busca permanente das empresas construtoras. Ciribini (apud Rosso 1980) define que “a industrialização é um método baseado essencialmente em processos organizados de natureza repetitiva, nos quais a variabilidade incontrolável e casual de cada fase de trabalho, que caracteriza as ações artesanais, é substituída por graus pré-determinados de uniformidade e continuidade executiva, características das modalidades operacionais parcial ou totalmente mecanizadas”.

Tabela 1 – Evolução de índices do setor construtivo

	1995-2002	2002-2010	1995-2010
PIB da construção a preços constantes	1,0%	3,3%	2,3%
Ocupados na construção	2,6%	4,4%	3,6%
PIB por trabalhador na construção	-1,6%	-1,1%	-1,3%
Salários médio na construção	5,0%	9,6%	7,4%
Salários médio na construção a preços constantes	-2,4%	3,6%	0,7%

Fonte: IBGE

Sabatini (1989) classificou os processos de vedação em tradicionais, racionalizados e industrializados:

- Tradicionais: baseados na produção artesanal, com uso intensivo de mão de obra, baixa mecanização e com elevado desperdício;
- Racionalizados: aqueles que incorporam princípio de planejamento e controle, tendo como objetivo eliminar o desperdício e aumentar a produtividade, planejar o fluxo de produção e programar os custos;
- Industrializados: baseado no uso intensivo de componentes e elementos produzidos em instalações fixas e posteriormente adaptados ao canteiro, vinculados a todos os princípios de organização, planejamento e controle, visando eliminar desperdício, aumentar a produtividade e reduzir custos.

A partir destas considerações e de inúmeras que poderiam ser citadas conclui-se que:

- A industrialização efetivamente é um processo associado a instalações industriais, plantas de produção;
- O aumento de produtividade pode se dar pela racionalização dos processos e, de uma forma mais avançada, pela industrialização;
- Para se obter os benefícios decorrentes destes estágios, racionalização e industrialização, o planejamento é fundamental;
- As operações de montagem em canteiros de obras são necessárias, uma vez que os componentes são oriundos de instalações industriais, assemelhando cada vez mais a construção civil às montadoras de automóveis.

3. OS DESAFIOS DA INDUSTRIALIZAÇÃO

Aparece então o primeiro desafio da industrialização da construção civil, que passa por uma mudança cultural, pois não é possível industrializar sem que a casualidade das decisões sejam eliminadas e que o planejamento já esteja efetivamente relacionado à fase de projeto. Não conseguimos extrair totalmente os benefícios destes processos, pelo fato de que, em nossa cultura, definimos os sistemas construtivos a serem empregados após a conclusão dos projetos, em sua maioria ainda básicos e cujos projetos executivos, invariavelmente, acontecem concomitantemente com a execução da obra, ainda num cenário de incertezas e indefinições.

Outro desafio reside na qualificação da mão de obra. É necessário que haja um investimento das empresas construtoras em sua estrutura organizacional, que passa a trabalhar com um menor efetivo, porém com atribuições diferentes das convencionais, gerando necessidades desde ajustes nas nomenclaturas funcionais até a capacitação. Neste sentido, se observa que as construtoras que trabalham em seus canteiros com sistemas industrializados há mais tempo tem, cada vez mais, especializado suas equipes, conseguindo, assim, alcançar melhores resultados.

O terceiro desafio, necessário para vencer os anteriores, diz respeito à mão de obra intelectual. Precisam ser revistas as disciplinas das escolas técnicas, de arquitetura e engenharia. Como exigir a mudança de mentalidade quando, se não por iniciativa de abnegados professores, a atualização do ensino passa apenas pelas semanas de engenharia e criação de disciplinas optativas. Precisamos de profissionais capacitados, não para a industrialização de forma específica, mas que conheçam os sistemas



Canteiro de Obras, em São Paulo, durante a montagem de pilares pré-fabricados de concreto, com estrutura do edifício composta por pilares, vigas, lajes alveolares e painéis

BANCO DE IMAGENS DA ABCIC - FOTÓGRAFO ALEXANDRE ONDIR

construtivos disponíveis e consigam aplicá-los de forma a extrair o máximo potencial de cada um, promovendo o desenvolvimento sustentável da construção civil.

O quarto desafio que caberia aqui apenas citar, não diz respeito a algo que tenhamos domínio, mas que a cadeia produtiva luta incessantemente, é a questão da desoneração tributária. A carga tributária tem afetado significativamente a construção civil e especialmente os sistemas construtivos

industrializados sobre os quais há incidência de ICMS, diferentemente dos países europeus ou da América do Norte.

4. A INDUSTRIALIZAÇÃO E A ENGENHARIA DO CONCRETO

A industrialização em concreto tem, como protagonista atual, em inúmeros canteiros de obras, a indústria de pré-fabricados de concreto, regida pela ABNT NBR 9062 - Projeto e Execução de Estruturas Pré-moldadas de Concreto (2006), e, mais recentemente, pelas normas de produto: Lajes Alveolares (2011), Estacas Pré-fabricadas de Concreto (em consulta nacional) e Painéis Pré-moldados de Concreto (em desenvolvimento). Estrutura de normalização em consonância com os padrões europeus, posto que a pré-fabricação no Brasil, presente no país há mais de 50 anos, iniciou com tecnologia vinda especialmente da Alemanha, Itália e Finlândia.

É importante, neste ponto, ressaltar a expressiva contribuição do desenvolvimento do concreto como material utilizado na produção das estruturas pré-fabricadas, cujo desempenho e custos são de relevante impacto no produto final.

O conceito de desempenho, evidenciado no início da década de 90, quando se tinha o cuidado de diferenciar o concreto de alta resistência em relação ao de alto desempenho, já trazia o conceito de durabilidade associado. Posteriormente, ampliou-se o conceito para concreto de alta



Montagem de lajes alveolares da mesma obra

“performance”, à medida em que outras características foram conceitualmente sendo agregadas.

Recentemente o PCI (Precast/Prestressed Concrete Institute), de Chicago, lançou uma campanha de marketing denominada “Concreto Pré-fabricado de Alta Performance”, tendo como referência as construções americanas definidas pelo governo do país em 2007 no documento “Energy Independence and Security Act” de 2007: “Construções de alta performance significam uma integração e otimização com o ciclo de vida das edificações”, tendo como maior atributo a conservação de energia, o meio ambiente, a segurança da edificação em si e dos trabalhadores, durabilidade, acessibilidade, custo x benefício, produtividade, sustentabilidade, funcionalidade e considerações operacionais e de manutenção”.

O objetivo principal do PCI foi o de correlacionar o concreto como material, que associado a sua forma industrializada, a pré-fabricação, se traduz num sistema construtivo totalmente aderente à conceituação proposta para as edificações de alta performance.

Neste artigo, a partir destas considerações, reside o quinto desafio: o da indústria nacional em se manter 100% aderente à normalização, buscando, de forma permanente, o desenvolvimento tecnológico das plantas de produção, a fim de também assegurar os conceitos apresentados na documentação, que embora redigida em outro país, é totalmente aplicável ao contexto global.

5. CONCLUSÃO

Após mais de duas décadas de recessão, o cenário atual da economia brasileira associado às necessidades de obras habitacionais e de infraestrutura, com alta demanda em quantidade e prazos, requer maior grau de racionalização em seus processos produtivos, não só visando driblar a carência de mão de obra, mas também agregando qualidade e tecnologia, assegurando não somente produtividade, mas conformidade técnica, que vem associada, na arquitetura contemporânea, a critérios de desempenho e sustentabilidade.

O constante crescimento da adoção das estruturas de concreto pré-fabricado no Brasil, tendo atingido 15% em 2012, projetando-se um aumento de 10% no corrente ano, mesmo face às condições adversas na economia, é uma evidência clara da necessidade de industrializar.

O entendimento de que a pré-fabricação, na essência, é a forma de industrializar as estruturas em concreto, é fundamental para que as mudanças culturais necessárias sejam compreendidas e aplicadas, visando ampliar os benefícios deste sistema construtivo.

Referências Bibliográficas

- [01] Abcic (Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto) Anuário 2012 - Publicação Novembro 2012
- [02] CIRIBINI, G Arquitetura e Indústria, Milano, Ed Tamburini, 1958
- [03] FGV, Fundação Getúlio Vargas - Tributação, Industrialização e Inovação Tecnológica na Construção Civil, e-book disponível em www.abcic.org.br
- [04] FIESP (Federação das Indústrias do Estado de São Paulo) - Estratégia de Potencial Socioeconômico Pleno Para o Brasil - Publicação Maio 2013
- [05] PCI (Precast/Prestressed Concrete Institute) Journal - High Performance - Fall 2013 Vol.58, number 4
- [06] SABATTINI, F.H. Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia, 1989, 336p, Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - SP. ●

CIMENTO NACIONAL. O CIMENTO COM A FORÇA DO BRASIL É SEMPRE UMA GARANTIA DE QUALIDADE NA SUA OBRA.



O **Cimento Nacional** tem maior rendimento na aplicação, com grande aderência, alta resistência, qualidade constante e uniforme. É cimento forte, moderno, de alta tecnologia, com a tradição do **Grupo Ricardo Brennard**.

Com o **Cimento Nacional** você tem qualidade superior e alta performance em todo tipo de aplicação.

www.cimentonacional.com.br
CAC - 0800 201 0021

**QUALIDADE
BRENNARD**
CIMENTOS



Megavigas pré-fabricadas: projeto, tecnologia do CAA, produção e montagem em obra

GUSTAVO ROVARIS – GERENTE DE FÁBRICA, UNIDADE RJ
CASSOL PRÉ-FABRICADOS EM CONCRETO

RICARDO ALENCAR – GERENTE DE PRÉ-MOLDADOS E CONCRETEIRAS
VIAPOL I THE EUCLID CHEMICAL

1. INTRODUÇÃO

O cenário da construção civil brasileira mudou muito de cinco anos pra cá. Antes, quando se falava em sistema pré-fabricado o foco eram as obras industriais, comerciais e logísticas, onde o retorno mais rápido do investimento justificava o custo inicial um pouco maior. Hoje, o setor se depara com desafios maiores, tais como: a escassez de profissionais e os atrasos. Por isso, cada vez mais, está se lançando mão de medidas para aumentar a produtividade. Não é à toa que o pré-fabricado vem tendo sucessivas exceptivas de crescimento superiores a 12% ao ano (Métrica, 2010/ Abcic, 2012) e expandindo para obras de infraestrutura, onde tradicionalmente, até então, pouco se usava este sistema. Isso porque a melhor forma de resolver os “gargalos” do setor é industrializar.

Particularmente, a cidade do Rio de Janeiro está se transformando em diversificados ‘canteiros de obras’ e o processo de modernização já chegou com atraso (O Empreiteiro, 2013). São obras variadas ligadas a: Copa, Olimpíadas, revitalização da cidade, negócios do petróleo e infraestrutura em geral.

2. O DESAFIO

Falta espaço nos próprios canteiros e essa foi a razão

principal para a Construtora Empresa Brasileira de Terraplanagem e Engenharia (EBTE) ter optado por contratar uma empresa com *know-how* em pré-fabricados para produzir a parte mais complexa da estrutura de um conjunto de obras de infraestrutura no Rio de Janeiro. O complexo viário foi composto por quase 200 vigas de até 36m para viadutos e pontes; algo pioneiro para uma produção em planta industrial no Brasil!

Aliado à falta de espaço no canteiro, a qualidade e possibilidade de produzir parte da estrutura em paralelo à fundação, ganhando tempo, foram fundamentais na tomada de decisão da Construtora. Essa produção foi iniciada em dez/2011 e finalizada em maio/2013, visando à sincronização com o andamento da obra em canteiro.

O grande desafio de se produzir vigas de tal proporção, dentro de uma planta de pré-fabricados, foi:

- Compatibilização dos projetos do método convencional para o sistema industrializado;
- Produção e logística de movimentação interna (fábrica) e externa (transporte e montagem na obra) das peças de até 62t;
- Tecnologia de concreto para se minimizar patologia, diante de peças altamente complexas; motivo pelo qual foi eleito o concreto autoadensável (CAA).

3. PROJETO

A Tabela 1 apresenta um Quadro resumo das principais vigas pré-fabricadas da obra.

O projeto que inicialmente foi concebido para execução em canteiro com concreto protendido com pós-tração, quando adaptado para o pré-fabricado foi ajustado para pré-tração. A diferença entre os sistemas pode ser visualizada nas seções das megavigas da Figura 1.

No protendido por pré-tração, só depois que o aço é tracionado, o concreto é lançado na fôrma envolvendo a cordoalha. A força de protensão é transferida para o concreto após ser atingida a resistência característica para a liberação da protensão, por meio do corte das armaduras ativas, forma de protensão mais utilizada na indústria (Doniak & Gutstein, 2011). Já, no protendido por pós-tração, os cabos são tracionados depois que o concreto é lançado e adquire resistência mínima, podendo ser aderente, quando as armaduras ativas são colocadas em bainhas e preenchidas com injeção de calda de cimento após protensão, ou não aderente, onde as armaduras estão ligadas ao concreto apenas pontualmente para ancoragem.

Inicialmente, as vigas do viaduto composto (pera) foram concebidas para ter quase 70t. Devido ao grande peso, para viabilizar a execução em pré-fabricado, houve a necessidade de realizar três vigas em uma: duas vigas com apoio (cabeça) e uma apenas com o corpo. A solução foi obtida utilizando um projeto misto, produzindo vigas tripartidas, com: a região dos apoios (cabeças) armados, alma das vigas protendidas com pré-tração e todo o conjunto consolidado na obra por pós-tração, conforme pode ser visualizado na Figura 2.

4. TECNOLOGIA DO CONCRETO

Para atender a este grande desafio de produção, foi realizado um apurado estudo de dosagem focado, sobretudo, no concreto autoadensável no estado fresco, objetivando mitigar o aparecimento de manifestações patológicas e proporcionar um destacável acabamento.

4.1 CARACTERÍSTICAS DE AUTOADENSABILIDADE

Segue classificação do CAA utilizado através da ABNT NBR 15823-1 e justificativas:

- **Fluidez:** classe SF2 (espalhamento entre 660mm e 750mm); grande fluidez e agregados graúdos de pequena dimensão (até 12,5 mm) são necessários diante da alta taxa de armadura e da esbeltez das vigas perfil I;
- **Viscosidade plástica aparente:** classe VS1 ($t_{500} \leq 2s$) e VF1 (tempo de passagem pelo funil-V $\leq 9s$); concretos de baixa a moderada viscosidade facilitam o escape do ar incorporado na moldagem, se comparados a concretos mais viscosos, melhorando o acabamento da superfície e minimizando o aparecimento de bolhas. Contudo, o controle da exsudação teve que ser mais apurado (Alencar, Cupertino, Battagin, 2010);
- **Habilidade passante:** classe PL2, com $H2/H1 \geq 0,8$, com 3 barras de aço no interior da caixa-L; foi necessária alta habilidade passante em virtude da elevada taxa de armadura (protendida e armada);
- **Resistência à segregação:** classe SR2 (com índice de segregação $\leq 10\%$, menor que o mínimo exigido pela Norma); em razão da elevada distância de escoamento do CAA dentro da fôrma (36m) e do reduzido espaçamento dos cabos protendidos. Além disso, cuidados especiais tiveram que ser tomados a fim de reduzir o risco de segregação do CAA devido à trepidação a que o mesmo foi submetido no transporte da central à fôrma através de caçamba.

Tabela 1 – Quadro resumo das principais vigas pré-fabricadas

	Número de vigas	Comprimento	Volume	Massa	Taxa Arm. Ativa	Taxa Arm. Passiva
Ponte rodoviária ⁽¹⁾	8	36,00 m	25,5 m ³	63,75 t	79,22 kg/m ³	148,39 kg/m ³
Ponte ferroviária ⁽¹⁾	36	17,45 m	13,46 m ³	33,65 t	40,87 kg/m ³	189,59 kg/m ³
Viaduto duplo ⁽²⁾	133	36,00 m	23,00 m ³	57,50 t	50,23 kg/m ³	204,97 kg/m ³
Viaduto composto (Pera) ⁽³⁾	20	29,60 m	20,42 m ³	51,06 t	39,17 kg/m ³	237,44 kg/m ³
Cabeças das vigas do viaduto ⁽³⁾	20	3,85 m	6,70 m ³	16,76 t	-	207,40 kg/m ³

Projetistas estruturais: ⁽¹⁾ Cerne Eng /Geraldo Filizola; ⁽²⁾ Pacs Eng /Rogério Barros de Souza e ⁽³⁾ Planave Eng/ Francisco J. C. Reis

4.2 MANUTENÇÃO DA TRABALHABILIDADE & ESCOLHA DO ADITIVO

É de conhecimento geral que, para atingir o nível de fluidez requerida a um CAA, é necessário o uso de um aditivo superplastificante de base policarboxilato (PCE) (SP II, conforme ABNT NBR 11768). Contudo, propriedades como manutenção da trabalhabilidade, tempo de pega e resis-

tências, principalmente nas primeiras horas, dependem muito da composição do aditivo. Fatores ligados à estrutura físico-química do próprio PCE, como comprimento de cadeia (longitudinal), ramificações laterais e ligações químicas, bem como a compatibilidade com o cimento, atuam de maneira imperativa nas características do concreto. De forma geral, moléculas de PCE com cadeias longitudinais

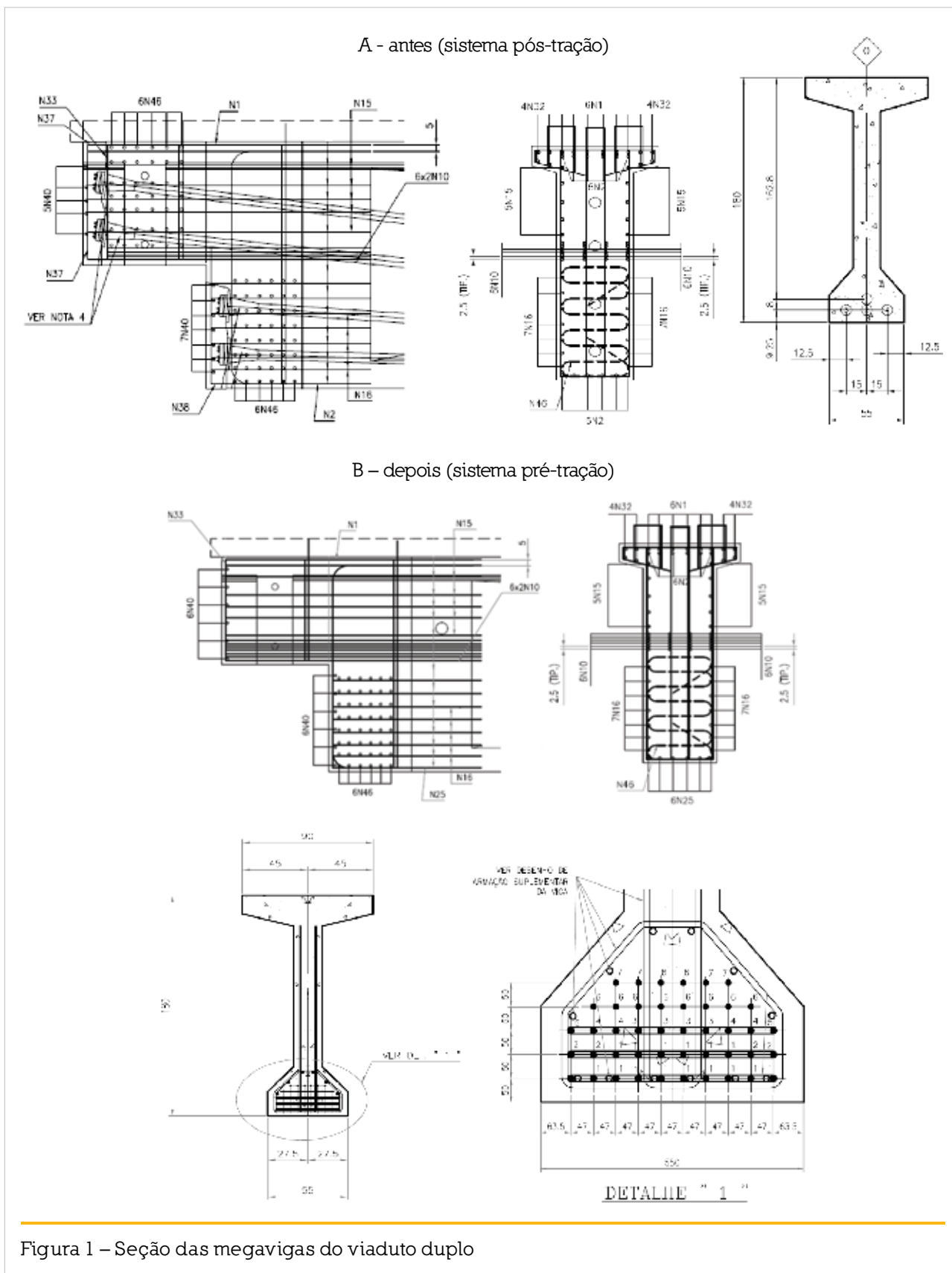


Figura 1 – Seção das megavigas do viaduto duplo

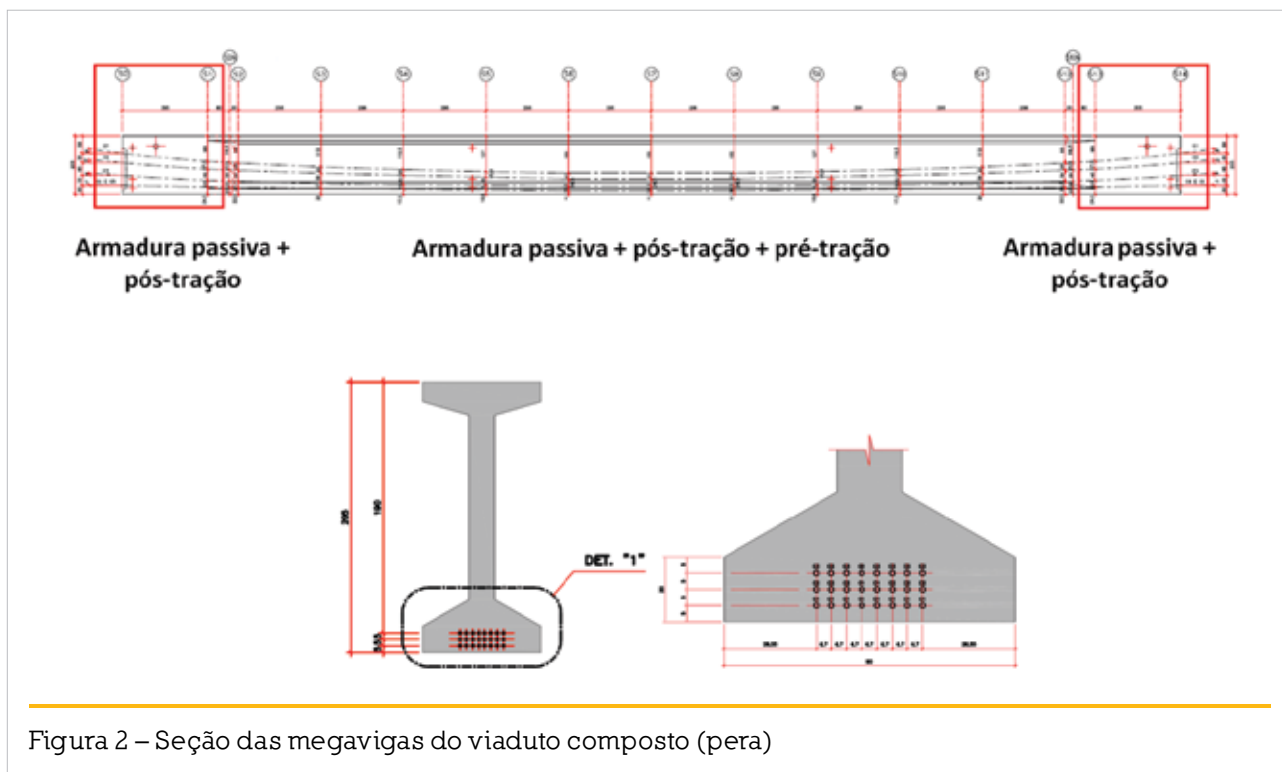


Figura 2 – Seção das megavigas do viaduto composto (pera)

mais longas potencializam a manutenção de trabalhabilidade (pega mais lenta), enquanto que moléculas com maior cadeia lateral possuem perda trabalhabilidade mais pronunciada (curto tempo de pega) e mais alta resistência inicial (Yamada *et al*, 2000).

A manutenção de trabalhabilidade do CAA a ser utilizado em vigas de tal proporção é de fundamental importância na moldagem, pois se houver uma perda precoce da fluidez e/ou pega rápida do CAA poderão ocorrer marcas de juntas de concretagem entre camadas sucessivas de concreto, ressaltadas pelas manchas entre camadas, além de excesso de bolhas de ar aprisionado. Dentre os polímeros testados, o PCE 5 (Figura 3), se usado puro nesta aplicação (sem combinação com outro polímero e/ou demais componentes químicos), embora possa ter contribuído positivamente com à resistência inicial, causaria uma perda acentuada da fluidez. Perda de trabalhabilidade e conseqüentes manifestações patológicas resultantes também podem ocorrer diante de interrupções não programadas na concretagem.

Por outro lado, alguns polímeros possuem o efeito de prolongar a manutenção de trabalhabilidade por horas, proporcionando até certo aumento de espalhamento inicial, antes da pega (caso do PCE 6); característica essa que acaba sendo potencializada pela temperatura que é mais amena à noite (período onde a grande maioria das vigas são

concretadas). Este ganho de fluidez é uma boa alternativa diante de altas temperaturas e problemas operacionais que atrasam a aplicação do concreto; que não é o caso dessas vigas, onde o tempo de deslocamento da caçamba a fôrmas é de apenas 10 min. Como a concretagem das vigas consomem de 15 a 20 caçambas (de 1,5m³/ cada), em um período de 2-3 horas, não pode haver riscos do CAA, inicialmente dosado dentro de uma faixa SF2 (660-750mm), atingir uma faixa SF3 (760-850mm) pouco tempo depois, pois quanto maior o nível de fluidez mais alta também deverá ser a quantia de finos do traço para manter as características de coesão do concreto fresco, sem ocorrência de segregação ou exsudação e tudo isso deve ser previsto.

Devido às razões apresentadas e ao alto nível de responsabilidade técnico-econômica das megavigas, foi desenvolvido um aditivo específico (*tailormade*) para as condições de aplicação e tipo de cimento utilizado nesta planta de pré-fabricação. Para isso, a melhor mistura entre os polímeros PCE 5 e 6 testados foi verificada e, a partir disso, formulado o novo aditivo*, que manteve a trabalhabilidade, com perda praticamente zero, nos primeiros 30min, proporcionando, com isso, uma mistura apenas entre camadas subsequentes de concreto moldado, impedindo a formação de marcas, e tendo perdas regulares e progressivas de trabalhabilidade com o tempo (a partir de 1h de mistura).

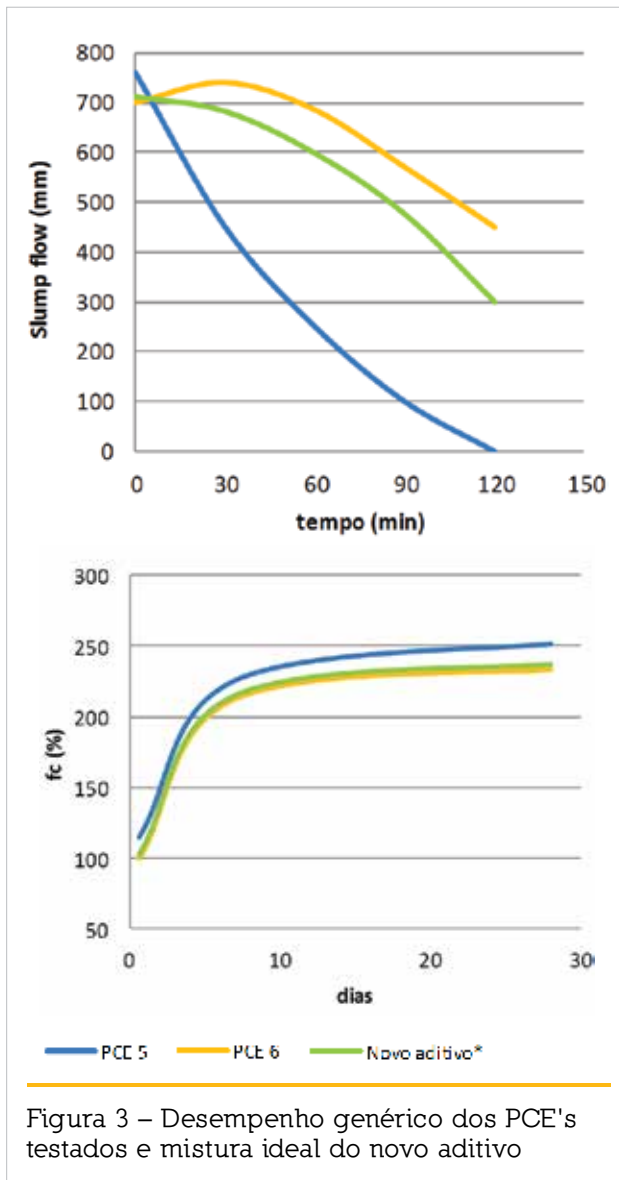


Figura 3 – Desempenho genérico dos PCE's testados e mistura ideal do novo aditivo

4.3 DOSAGEM & ROBUSTEZ DO CAA

A maior dificuldade na produção do concreto autoadensável é manter suas características requeridas de alto desempenho em larga escala. Para superar essa dificuldade, a robustez da mistura é um fator chave a ser conside-

rado (Kwan & Ng, 2010). Robustez pode ser definida como a habilidade da mistura em manter suas características, sobretudo de estado fresco, praticamente original, sem prejuízos à sua aplicabilidade, diante pequenas variações no conteúdo dos seus componentes. Isso porque o CAA é mais suscetível às mudanças, em relação ao concreto convencional, devido à sua maior fluidez e mais baixa viscosidade (Bonen, 2007).

Um das principais manifestações patológicas que se deseja evitar são marcas de exsudação (vesículas), possíveis de ocorrer quando a água em excesso do traço migra para a superfície, pela lateral da fôrma, deixando pontos frágeis e 'esfarelamento' das fases da estrutura de concreto endurecido. As causas geralmente são: o excesso de água da mistura, devido à falta de correção da umidade das areias; mudança nas características dos agregados, com redução da superfície específica ou redução de finos e ainda uma eventual superdosagem de aditivo. Por outro lado, a falta de umidade da mistura causa a redução no nível de autoadensabilidade e problemas na aplicação, como bolhas e ninhos de concretagem.

Por isso, é consenso entre a maioria dos especialistas que, alterações nas características do CAA podem ser reduzidas, em grande medida, quando é dada maior atenção a questões operacionais como: variação da umidade dos agregados, pesagem da água e aditivo.

Por outro lado, maior robustez da mistura pode ser obtida com ajuste adequado do traço, aumentando a viscosidade, através principalmente da incorporação de adições de alta superfície específica. Contudo, a dosagem tem que ser muito bem estudada, pois concretos muito viscosos dificultam a aplicação e prejudicam o acabamento; por outro lado, concretos de baixíssima viscosidade estão mais suscetíveis à ocorrência de exsudação e segregação.

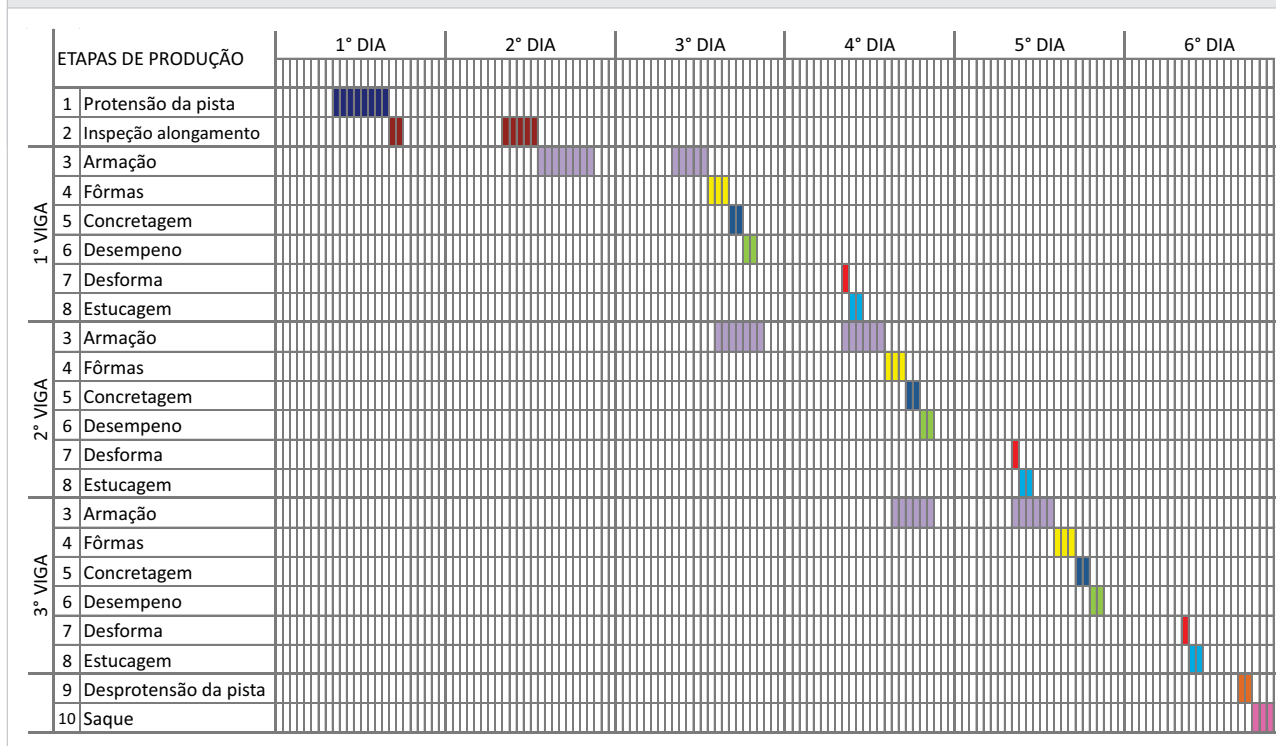
Particularmente na região onde está localizada a fábrica, é difícil encontrar areias com módulo de finura baixo e alto teor de finos. Com isso, inevitavelmente a curva granulométrica dos agregados apresenta uma descontinuidade, devido à ausência da fração mais fina. Apesar do consu-

Tabela 2 – Consumo dos materiais (kg/m³) para traço de CAA com classe de resistência C 50

CPV ARI (Votoran)	Micro-filer de granito (blaine > 7.000) (PSI)	Mistura de areia média (ø 1,2 mm) e grossa (ø 2,4 mm) naturais	BO de granito (ø 9,5mm)	Água	Novo aditivo
452	40	903	806	195 (a/c = 0,44)	4,97 (sp/c = 1,1%)

* PLASTOL® 6580 – LINHA VIAPOL / THE EUCLID CHEMICAL: ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES TIPO II (SP II N)

Tabela 3 – Ciclo médio de produção das megavigas (Diagrama de Grantt)



mo de cimento ser relativamente alto, especificado como mínimo de 450kg, por si só não foi suficiente para manter as características de coesão do CAA no estado fresco, necessária a esta aplicação tão exigente. Então, lançou-se mão da adição do micro-filer. A proporção ideal foi obtida utilizando-se 40kg/m³. Adições pozolânicas poderiam ser utilizadas, mas para viabilizar técnico-economicamente teria que haver uma redução do consumo mínimo de cimento; o que neste caso não seria possível.

5. PRODUÇÃO

A Tabela 3 apresenta o ciclo médio de produção por pista de concretagem das megavigas de 36m; que representam o maior volume de produção.

A produção genérica das megavigas em planta industrial divide-se nas etapas a seguir:

5.1 PROTENSÃO

Consiste em estiramento e protensão (força de 600t) de 30 cabos (Ø 15,2mm), um a um, em 3 camadas sucessivas, sobre pistas de concretagem de 140 m. Em cada pista dessa dimensão, é possível montar três vigas de 36m por vez. Esta etapa leva de 7 a 8 horas por pista.

5.2 INSPEÇÃO DO ALONGAMENTO

A protensão deve estar dentro das tolerâncias de projeto e a liberação da concretagem depende do aval do projetista estrutural da obra. Um relatório é enviado logo após a protensão de cada pista. Só depois da aprovação, a concretagem é liberada. Qualquer atraso nesta etapa gera um realinhamento nas etapas subsequentes.

Este procedimento é baseado no Selo de Excelência Abcic, pois esta fábrica é certificada.

5.3 ARMAÇÃO

Além das cordoalhas, as vigas possuem uma densa armação longitudinal e transversal (estribos). Sendo que, o grande desafio nesta etapa é o detalhamento das cabeças das vigas, que possuem a maior taxa de armadura. Para montar as armaduras, necessita-se de cerca de 10 a 14 horas por viga.

5.4 FÔRMAS

As fôrmas laterais da 1°, 2° e 3° vigas de cada pista são montadas em dias sequenciais, usando a mesma base late-

ral metálica; especialmente confeccionada para esta obra.

A preparação das fôrmas leva de 2 a 3 horas por viga e envolve basicamente: a limpeza dos dois painéis laterais, a aplicação do desmoldante, a montagem e fixação dos painéis sobre a base da pista e o seu travamento lateral.

Cuidados especiais devem ser tomados com o desmoldante, pois a falta de uniformidade na sua aplicação e/ou baixo desempenho do produto impedem que o concreto solte da fôrma. É importante usar desmoldante com baixa viscosidade para formar película fina. Neste caso, pequenos vazios podem aparecer nos pontos onde o concreto ficou aderido e a superfície fica áspera. Já, o excesso de desmoldante dificulta o escape do ar aprisionado na moldagem (diferente do ar incorporado pelo aditivo), podendo ocasionar bolhas e manchas.

Para evitar retrabalho com estucagem, adotam-se os seguintes cuidados na aplicação dos desmoldante:

- a) O spray deve ser efetuado com bomba de baixa pressão (cerca de 4-5 bars), para formar uma fina camada (camada única). O 1º spray deve ser realizado para fora da fôrma, mais forte, para evitar acúmulo e escorrimento;
- b) A distância média de aplicação deve ser 30cm (entre o bico do jato e a fôrma);
- c) Verificar se todos os pontos da fôrma estão cobertos. A quantidade correta pode ser verificada através de um teste empírico: “teste do dedo”, ao passar o dedo na forma, nenhuma marca de dedo visível deve ficar impressa (Honda *et al*; 2012);
- d) Aplicar pano (ou esponja de baixa absorção) para retirar excesso.



Figura 4 – Ensaio de controle através do espalhamento (slump-flow)

A garantia da estanqueidade do sistema de fôrmas é parte fundamental no processo produtivo, pois devido à sua característica de fluidez, a argamassa do CAA tem a capacidade de passar por pequenas frestas, causando vazamento. Para garantir a estanqueidade são utilizadas cantoneiras de borracha na interface dos painéis laterais, painéis de cabeceira (na cabeça da viga) e base das fôrmas. Sendo que, particularmente, na face externa das fôrmas de cabeceira, em contato com os cabos protendidos, é utilizada espuma de poliuretano para auxiliar na vedação.

5.5 CONCRETAGEM

A homogeneização dos materiais é realizada em misturador de eixo horizontal (1,5 m³ de capacidade), mais eficiente comparado ao tradicional processo de mistura (por tombamento).

Cuidados especiais devem ser tomados com a correção da umidade das areias, que variam muito quando expostas a intempéries. Por isso, deve ser realizado um controle de no mínimo três vezes ao dia e, posteriormente, à entrega de novo lote na fábrica. Esta é uma etapa crítica do processo, já que o CAA é mais sensível à variação das características dos materiais e principalmente a umidade da mistura.

Após mistura, o concreto é lançado sobre caçamba, de mesma capacidade do misturador, evitando tempo de espera entre misturas sucessivas, para preenchimento total da caçamba, que é transportada, por veículo próprio para este fim, até uma ponte rolante, que leva a caçamba à fôrma a ser concretada.

Em todo o lote do CAA é verificado o espalhamento através do ensaio de espalhamento (*slump-flow*) para confirmação das características de fluidez requeridas: 660-750mm. Foram aceitas variações de até +/- 50mm da faixa ideal (610-800mm). Além disso, foi realizada uma análise visual para verificar indícios de segregação. O ideal é que o agregado graúdo esteja homoganeamente distribuído na mistura, acompanhando a movimentação de argamassa até a extremidade do círculo formado pelo concreto autoadensável, sem qualquer marca de exsudação. Sendo que qualquer alteração nas características do CAA foi imediatamente informada à Central de Concreto para executar as devidas correções necessárias.

O concreto é lançado na fôrma verticalmente de maneira constante e lenta, restringindo o fluxo na saída da caçamba, perfazendo movimentos de vai e vem ao longo da peça, de modo a

criar finas camadas de concreto, a cada vai e vem, facilitando o escape do ar aprisionado, que tende a ficar mais concentrado na superfície lateral de peças esbeltas e altas (Alencar, 2008).

A vibração mecânica deve ser terminantemente evitada, pois o uso do vibrador afeta a estabilidade da mistura, gerando segregação. A exceção se dá após uma longa pausa na concretagem, se o CAA perder as características de auto-adensabilidade iniciais.

A concretagem de 23m³ por peça, quando bem organizada e planejada, leva cerca de 2h para ser finalizada. Se fosse realizada com concreto fluído necessitaria de pelo menos 5h para a concretagem, fora o aumento significativo de retrabalho com correções de manifestações patológicas, considerando a altíssima taxa de armaduras e complexidade da forma do elemento estrutural.

5.6 DESEMPENO

O desempenho é manual, com desempenadeira metálica utilizada para alisar a superfície do concreto (4º fase da peça pré-fabricada), logo após o termino do lançamento.

Após início de pega do concreto (cerca de 2h), executa-se novamente o desempenho da superfície, denominado “queimar”, repetidas vezes, até se obter a textura desejada: perfeitamente lisa e uniforme semelhante às faces em contato com a fôrma. A exceção se dá quando há armadura de espera para solidarizarão com outro elemento estrutural em obra.

5.7 DESFORMA

A desforma já pode ser feita, se necessário, com apenas 5-6h após concretagem, com o traço adotado; as fôrmas laterais retiradas podem ser reaproveitadas para outras peças.

5.8 ESTUCAGEM

Consiste em um acabamento final com argamassa especialmente preparada para este fim; necessária para preencher os eventuais defeitos de execução e para conferir maior homogeneidade estética ao concreto aparente, se necessário.

Esta é também uma etapa crítica, pois eventuais defeitos da concretagem refletem diretamente na estucagem ou até na necessidade de reparos, podendo atrasar as etapas subsequentes.

Sempre se deve buscar evitar ou minimizar esta etapa, considerada um retrabalho, através de estudos de dosagem



Figura 5 – Megaviga pré-fabricada após desforma sem acabamento (anterior a estucagem)

de concreto e cuidados com execução da concretagem.

5.9 LIBERAÇÃO DA PROTENSÃO

A liberação da protensão se dá por meio do corte das armaduras ativas nos trechos livres entre as megavigas e/ou os apoios (contrafortes) ancorados na pista, com cerca de 24h após concretagem da última peça da pista; quando as cordoalhas são cortadas, a região do corte é grauteada, para selagem da interface cordoalha e concreto na cabeça das vigas.

Para esta idade, foi exigido em projeto um f_{ci} de 32,0MPa. No entanto, foi atingido em média 37,0MPa (5,0 MPa acima), com cura natural (sem vapor). De forma similar, a resistência média aos 28 dias (f_{c28}) foi de 56,0MPa, acima da resistência característica de projeto (f_{ck}), de 40,0 MPa.

5.10 SAQUE

Consiste no içamento para movimentação das peças concretadas da pista de origem até o local de armazenamento provisório dentro da planta, imediatamente anterior à colocação sobre o conjunto especial para transporte. Devido ao peso de cada megaviga (cerca de 62t de massa para o comprimento médio de 36 m), essas peças foram içadas com o auxílio de quatro pontes por vez.

Graças a todos esses cuidados, foi possível obter um alto nível de acabamento, devido à redução de bolhas e bicheiras, minimizando sobremaneira o acabamento final dos elementos estruturais (ou estucagem), conforme apresentado na Figura 5.



Figura 6 – Megaviga sobre o caminhão para descarga na obra

6. MONTAGEM

O tempo total de montagem foi de cerca de 3 meses, dividida em quatro fases. Então, as vigas que

levaram 1,5 anos para serem produzidas, de forma sincronizada com o andamento da obra, foram sendo estocadas primeiramente na fábrica e depois na obra, em fases estabelecidas no cronograma até o momento da montagem.

O conjunto especial logístico que transportou as vigas da fábrica até a obra consiste de um cavalo mecânico com doly de 4 eixos de 40m de comprimento, conforme pode ser visualizado na Figura 6.

Para garantir o sucesso em cada fase da montagem, foi realizado um Plano de Rigging, que consiste em um planejamento da movimentação de cargas com guindaste, buscando uma otimização do uso dos recursos e segurança, levando em conta o cronograma, tipo de estrutura, solo, ações de ventos, etc. Para esta obra, foram dimensionados guindastes de grande capacidade, variando entre 125 a 350t, entre outras características simplismente ilustradas através da Figura 7.

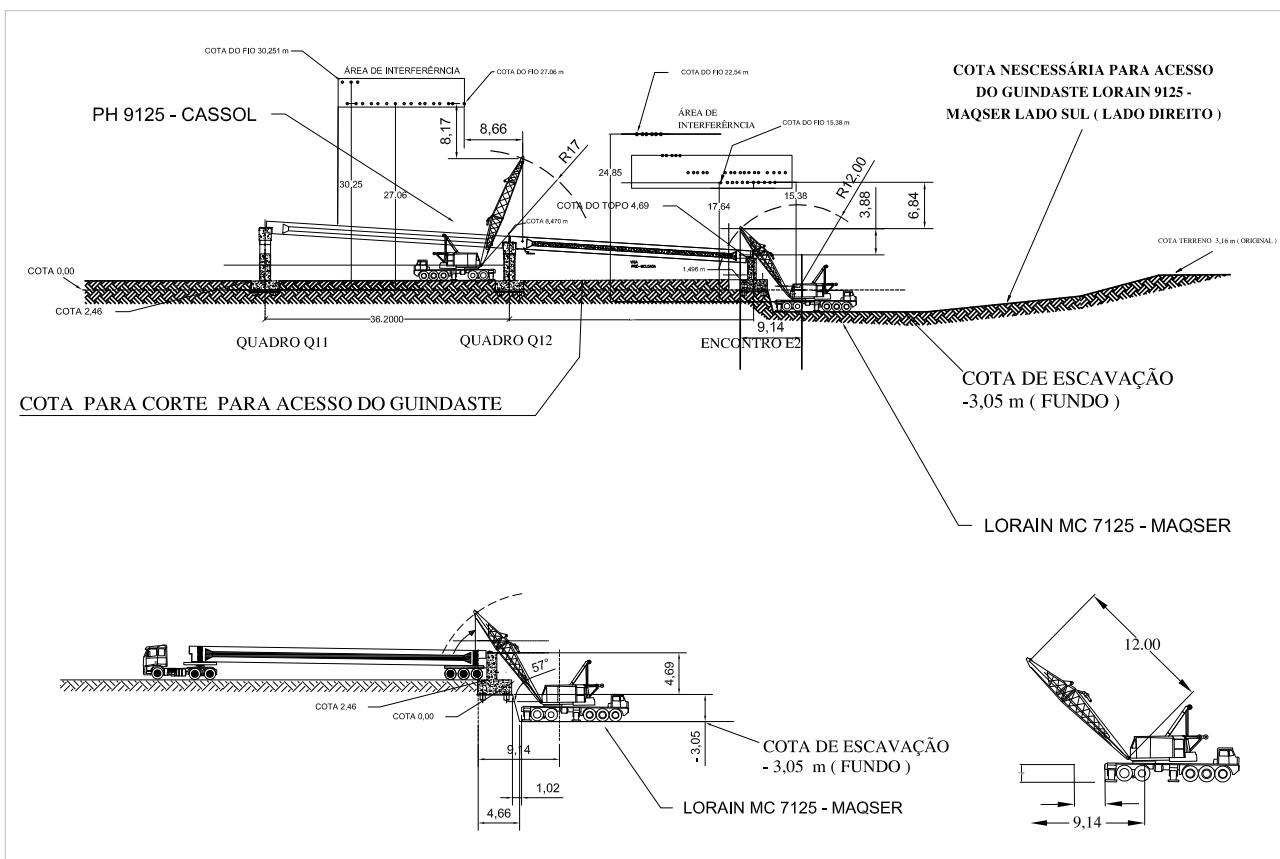


Figura 7 – Plano de Rigging esquemático para montagem das megavigas (resp.: Eng. Wilton Ribeiro – gerente de produção da EBTE)



Figura 8 – Montagem das megavigas do viaduto duplo (rodoviário)

Para a ponte rodoviária (Figura 8) foi realizado um apoio convencional de neoprene fretado. Já, para a ponte ferroviária (Figura 9) foi necessário o uso de um aparelho de apoio metálico tipo Cernoflon, para permitir maiores deslocamentos devido aos esforços dinâmicos gerados pelos trens. A Figura 10 apresenta no detalhe os aparelhos de apoio Cernoflon.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desafio inicialmente proposto foi cumprido, destacando-se os seguintes pontos:

- A adaptabilidade do sistema convencional para o

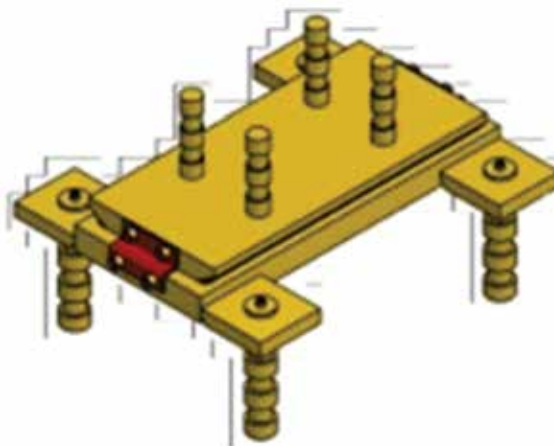


Figura 9 – Megavigas montada em obra ferroviária

pré-fabricado foi obtida, proporcionando o término da obra em tempo recorde para vigas de grande dimensão;

- Do ponto de vista de projeto, foi realizada com sucesso a migração da protensão por pós-tração (inicialmente proposto na moldagem *in loco*) para a pré-tração (na fábrica);
- Cuidados específicos tiveram que ser tomados para evitar o aparecimento de manifestações patológicas, como uso do CAA, maior controle da umidade dos materiais, novos procedimentos de moldagem, maior atenção às fôrmas, etc.

A – CF permite movimento em apenas uma direção



B – CU permite os movimentos das vigas em duas direções

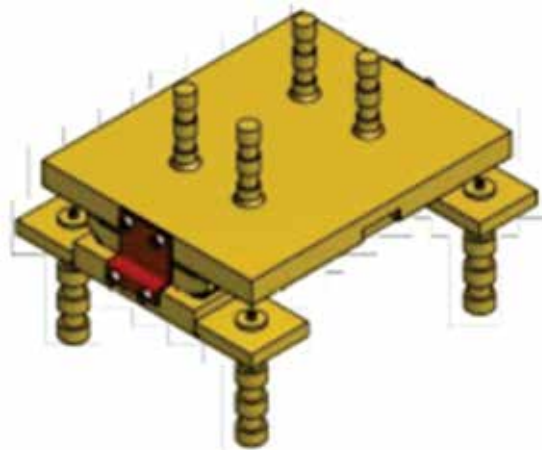


Figura 10 – Aparelho de apoio tipo Cernoflon

Referências Bibliográficas

- [01] Associação Brasileira de Construções Industrializadas de Concreto (Abcic); Anuário 2012 – Pré-fabricado de Concreto. 127p, 2012;
- [02] _____. O selo de Excelência Abcic. Disponível em: <http://www.abcic.org.br/selo_excelencia.asp>. Acesso em: out, 2013;
- [03] Alencar, R.; Cupertino, M.; Battagin, I.; A Norma Brasileira de Concreto Autoadensável. In: Revista Concreto & Construções, Ibracon, p.58-64, 2010;
- [04] Alencar, R. Dosagem do concreto autoadensável: produção de pré-fabricados. Dissertação (Mestrado) – EPUSP. 179p, 2008;
- [05] Bonen, D.; Robustness of SCC. In: Lange, D.A (editor). In: Self-Consolidating Concrete. Ed. ACBM, p. 4-22, fev 2007;
- [06] Doniak, Íria L. O.; Gutstein, Daniela; Concreto Pré-fabricado. In: Concreto: Ciência e Tecnologia. In: G.C. Isaia, Ibracon, p. 1569-1613, 2011. 2v;
- [07] Kwan, A.K.H.; Ng, I.Y.T. Improving performance and robustness of SCC by adding supplementary cementitious materials. In: Construction and Building Materials, p. 2260-2266, 2010;
- [08] Métrica Industrial & ABCIC. Pré-fabricados de concreto: um mercado sólido. In: Revista Grandes Construções. p. 46-49, jun 2010;
- [09] O Empreiteiro (Revista). Obras se multiplicam para reestruturas o Rio (mesa-redonda). p.20-30, fev 2013;
- [10] Honda, J. T.; Kuguio, C.T.; Guarnieri, E.; Alencar.; R. Influência de desmoldantes à base de óleos vegetais e minerais sobre a aderência de revestimento ao concreto. In: 54° CBC, Ibracon, 16p, 2012;
- [11] Yamada, K.; Takahashi, T.; Hanehara, S.; Matsuhisa, M. Effects of the chemical structure on the properties of polycarboxylate-type superplasticizer. In: Cement and Concrete Research, p.197-206, 2000. ●

SCHWING-Stetter

Faz a Diferença

Confiança, produtividade, experiência, inovação e satisfação, são os principais conceitos que resumem todos os diferenciais dos equipamentos, serviços e peças SCHWING-Stetter.

Enquanto a globalização e internacionalização são fatores de principal importância para qualquer mercado, o grupo SCHWING-Stetter mantém sua filosofia de foco no cliente, superando suas expectativas através de investimentos em pesquisa e desenvolvimento de seus produtos, procurando sempre inovar e aperfeiçoar o desempenho e a segurança dos equipamentos. Com essa filosofia e equipamentos aprovados nas principais obras do Brasil e do mundo desde 1934, a marca SCHWING-Stetter é sinônimo de credibilidade e segurança, baixo custo de manutenção, alto valor de revenda e competência técnica para qualquer projeto.

Rod. Fernão Dias, km 56 | Terra Preta | Mairiporã
07600-000 | São Paulo | Brasil
Tel.: +55 11 4486-8500 | Fax: +55 11 4486-1227
info@schwingstetter.com.br



O uso de pré-moldados em alvenaria estrutural

LUIZ SÉRGIO FRANCO – PROFESSOR-DOUTOR
 DEPTO. DE ENGENHARIA DE CONSTRUÇÃO CIVIL DA EPUSP
 ARCO ASSESSORIA EM RACIONALIZAÇÃO CONSTRUTIVA

A alvenaria estrutural é um processo construtivo racionalizado, que vem aumentando sua participação no mercado, nas últimas décadas, principalmente nos segmentos de habitação popular de interesse social e segmento econômico. Essa expansão pode ser explicada por suas vantagens potenciais: facilidade de obtenção de insumos e mão de obra no mercado, pois a alvenaria estrutural é um sistema completamente aberto; redução de desperdícios e espessura de camadas de revestimento, com o aumento de precisão dimensional da obra; desempenho adequado conhecido e aceito, uma vez que a construção em alvenaria é bastante tradicional; processo mais simples, com menos insumos e mais fácil de ser projetado, organizado e controlado.

O resultado dessas vantagens é uma significativa redução no custo final das construções, o que tem viabilizado o emprego do sistema em obras com grande número de repetição de unidades habitacionais. Atualmente, muitos empreendimentos contam o número de edificações construídas em milhares. Nessas situações, além do desafio de manter os custos baixos e competitivos, somam-se a necessidade de atendimento de cronogramas das obras, mesmo frente a escassez de mão de obra, provocada pela alta demanda de mercado. Esse cenário torna favorável o aumento do nível de industrialização dos processos em alvenaria estrutural através da introdução de componente pré-moldados e pré-fabricados, para a redução de etapas e dos prazos de ciclo de produção dos pavimentos dos edifícios em alvenaria.

A utilização de pré-moldados ou pré-fabricados deve ser feita, de forma muito organizada, desde as etapas de estudos preliminares e percorrer todas as demais etapas conceituais e operacionais dos empreendimentos. Dessa forma, é essencial que exista uma coordenação efetiva dos

processos de projeto e execução de forma que todas as decisões tomadas tenham suas consequências analisadas em todas as etapas da obra e do empreendimento. Assim, a utilização desses componentes acaba por caracterizar Processos Construtivos Racionalizados especializados, de grande produtividade e eficiência.

A utilização de pré-moldados e pré-fabricados representa também o aumento do grau de “construtibilidade” desses processos. O conceito de construtibilidade foi introduzido pelo “Construction Industry Institute”¹ no final da década de 1980 em obras de engenharia civil e pela “Construction Industry Research and Information Association”², na mesma época, aplicada a obras de edificação.

O conceito de construtibilidade implica a orientação de todas as fases do empreendimento à facilidade construtiva do produto. Assim, desde a concepção arquitetônica, estrutural e de sistemas, até o planejamento operacional da obra são orientados para a velocidade e facilidade de execução das edificações. Com isso, procura-se incrementar ainda mais a racionalização do processo, a velocidade e volume de produção das unidades e a diminuição do custo final de cada unidade (^{3,4}).

Ao lado do conceito “construtibilidade”, o incremento do grau de industrialização diminui a variabilidade dos sistemas, garantido características físicas projetadas, aumentando o desempenho e diminuindo a ocorrência de patologias decorrentes da variabilidade dos processos de produção.

Muitas são as vantagens da utilização de pré-moldados na construção. Dentre essas, podem ser destacadas:

- a) Incremento do nível de mecanização e industrialização, aumentando a produtividade de várias etapas do processo de produção, transformando procedimentos de

execução e moldagem locais em processos de montagem industrial;

- b) Diminuição do número de etapas de produção em canteiro, transferindo muitas dessas etapas para a produção em usinas, feitas em melhores condições, tendo como resultado a maior garantia e uniformidade;
- c) Diminuição da dependência da mão de obra: as etapas de produção passam a ter processos mais bem definidos, o que permite, com maior facilidade, o treinamento da mão de obra; evita-se, assim, a dependência de habilidades especiais e específicas de oficiais e pedreiros;
- d) Eliminação de operações de maior complexidade do canteiro de obra para as usinas de produção, retirando essas atividades do caminho crítico da produção, permitindo dessa forma a aderência a cronogramas ou diminuição de prazos;
- e) Exige-se o detalhamento preciso de todos os sistemas, com a eliminação de improvisações no canteiro de obra;
- f) A utilização de fôrmas e equipamentos de melhor qualidade permite a produção de componentes grande precisão dimensional, que se reflete numa maior precisão dimensional na obra, resultando, em muitos casos, na eliminação de camadas de regularização e ajuste para o acabamento das unidades.

Na pré-fabricação, os elementos são produzidos em indústrias com instalações e facilidade mais complexas, que permite um maior nível de controle em todas as etapas de produção dos componentes. A pré-moldagem é entendida, normalmente, como a ação de produzir as peças fora de seu local definitivo, em usinas instaladas nos canteiros de obra. Esse procedimento traz como grande vantagem a redução dos custos de transporte dos componentes, muitas vezes de grandes dimensões ou peso. Nesse trabalho, são discutidos os componentes pré-moldados feitos em canteiro de obra.

Vários componentes podem ser pré-moldados ou pré-fabricados com objetivo de utilização em processos em alvenaria estrutural. Dentre esses, podem ser destacados:

- Lajes pré-moldadas;
- Escadas pré-moldadas;
- Componentes diversos, como vergas, contravergas, contramarcos, caixas, etc...

LAJES PRÉ-MOLDADAS

A laje é definida como o elemento estrutural que tem funcionamento de placa plana, que serve de suporte para

a vedação horizontal das edificações. Nos edifícios em alvenaria estrutural, as lajes desempenham um papel muito importante na equalização das deformações horizontais dos conjuntos de paredes, transferindo os esforços horizontais atuantes para todos os conjuntos de parede estrutural. Esse comportamento é conhecido como “efeito diafragma”. O “efeito de diafragma” possibilita a utilização da alvenaria estrutural, mesmo em prédios de média altura, pois mobiliza a capacidade resistente de todos os conjuntos de paredes e lajes aos esforços de vento e desaprumo. Quanto mais alto o prédio, maiores os esforços horizontais e maior importância tem esse comportamento.

As lajes também podem ter um comportamento de membrana, servindo de segurança adicional para os edifícios altos, nos casos de remoção não intencional ou acidental de alguma parede estrutural. Nessa situação, se adequadamente detalhada e dimensionada, essas lajes, mesmo à custa de deformações excessivas, servem para evitar o colapso progressivo da estrutura nessas situações extremas.

Do ponto de vista construtivo, a produção da laje insere-se no ciclo de produção dos pavimentos-tipo de alvenaria, sendo determinante no prazo de execução da estrutura do ciclo dos pavimentos e da obra como um todo.

De maneira geral, em edificações mais altas (maiores que cinco pavimentos), a praxe de projeto exige a execução de lajes com continuidade das armações positivas e negativas para a garantia do funcionamento do “efeito de diafragma” e do “efeito de membrana”. Isso dificulta a utilização de lajes pré-moldadas nessas situações, por exigir a utilização de consolidação local desses componentes.

Já em edifícios baixos, com até cinco pavimentos de altura, as exigências sobre o efeito de diafragma são muito menores, uma vez que os esforços de vento acumulados são menos significativos do que os esforços verticais sobre a estrutura, podendo ser transmitidos aos conjuntos de parede pelos enchimentos entre painéis e pela aderência da argamassa colocada para o assentamento das lajes. A disposição adequada das paredes e ligação efetiva das paredes, por sua vez, permitem evitar o risco de colapso progressivo. Esse fato permite a utilização de peças completamente pré-moldadas nessas edificações mais baixas, sem nenhum tipo de complementação local de sua moldagem.

Nessa situação de edifícios baixos, pode-se utilizar a grande precisão dimensional dos componentes e diminuir, ou mesmo evitar, a utilização de camadas de regularização



Figura 1 – Lajes produzidas empilhadas

dos tetos e pisos. O limite passa a ser o atendimento da norma brasileira de desempenho (ABNT 2012⁵) e muitos dos requisitos especificados por essa norma podem ser atendidos a partir das especificações das características dos revestimentos finais.

A utilização da laje pré-moldada inteiriça altera toda a lógica de produção, pois, com a eliminação dos serviços de fôrma, escoramento, armação e concretagem tradicional, pela substituição da produção dos componentes em usina e montagem nos canteiros de obra, permite a severa redução no ciclo de produção do pavimento-tipo e a alocação de força de trabalho no sítio de construção. Há ainda a eliminação dos intervalos para cura, necessários na obra tradicional para obtenção de resistência de projeto, permitindo que os serviços ocorram de maneira contínua.

A produção dessas lajes em usinas permite que as mesmas sejam elaboradas em condições ambientais muito mais protegidas, favorecendo uma cura adequada e a eliminação de potenciais patologias. Elimina-se também a necessidade de equipamentos como bombas e suas tubulações, e de concretos de dosagem especial para o bombeamento. Produzidas em usinas, todas as operações de preparação e montagem de fôrmas, montagem de armações e embutidos, concretagem e acabamento passam a ser industrializadas, feitas segundo uma mesma rotina de produção, com maior produtividade, menor desperdícios de materiais, com maior uniformidade e garantia da qualidade final.

Podem ser exemplificadas duas formas de produção de lajes pré-moldadas: lajes produzidas empilhadas e lajes produzidas em baterias. No primeiro caso, as lajes são pro-

duzidas na posição horizontal, a partir de uma base nivelada e acabada. A fôrma é relativamente simples, executada em todo o contorno da laje (Fig. 1). Nesse procedimento, a próxima laje a ser produzida usa o elemento anterior, já acabado, como fôrma de fundo.

Esse processo permite a concretagem de uma peça por dia. Após a concretagem da última laje, as demais peças da pilha mantêm-se em condições de cura ideais, uma vez que não há superfícies livres para a perda de umidade. O planejamento da produção de lajes nesse esquema deve considerar que a primeira laje a ser utilizada é aquela que terá menor prazo de cura, ficando as demais lajes da pilha com maiores prazos de cura.

Todos os eletrodutos e embutidos devem ser colocado em conjunto com a peça e é possível obter-se um nível de acabamento que permita a aplicação do revestimento de piso diretamente na superfície superior. O acabamento da superfície inferior pode ser uma simples pintura, sem nenhum outro tipo de camada. As lajes produzidas empilhadas devem ser peças planas, havendo dificuldade de produção de rebaixos ou detalhes fora do plano.

A outra possibilidade de produção é a das lajes concretadas em baterias. Nesse caso, as peças são concretadas em conjuntos, através de fôrmas metálicas, com nível de complexidade superior, quando comparadas com as lajes empilhadas (Figura 2). Na fôrma em bateria, as lajes são concretadas na posição vertical, com fôrmas de separação entre as peças, de maneira que uma mesma fôrma de separação sirva de topo de um elemento e fundo do outro, tendo, com isso, o empuxo equilibrado. Apenas as fôrmas laterais do conjunto devem resistir a



Figura 2 – Laje produzida em bateria



Figura 3 – Transporte e lançamento das lajes

todo o empuxo do concreto. Nesse processo de produção, também se emprega um ciclo de produção de um dia. Como nessa idade obtém-se apenas uma parcela da resistência final do concreto, o içamento e manipulação das peças são feitos na posição vertical, sem esforços de flexão, até que o grau de cura permita que as mesmas sejam deitadas horizontalmente e lançadas na edificação (Fig 3). Diferente do que ocorre com as lajes empilhadas, nesse processo, a utilização dos elementos pode seguir a ordem de produção.

A utilização de lajes pré-moldadas introduz exigências e alterações tanto na viabilidade, como no processo de projeto, de planejamento e de produção da obra. Inicialmente, a utilização de fôrmas com elevado nível de sofisticação, como as em bateria, exige que a obra tenha uma escala de produção mínima, de maneira a compensar os investimentos iniciais na usina de produção. Essa escala é significati-

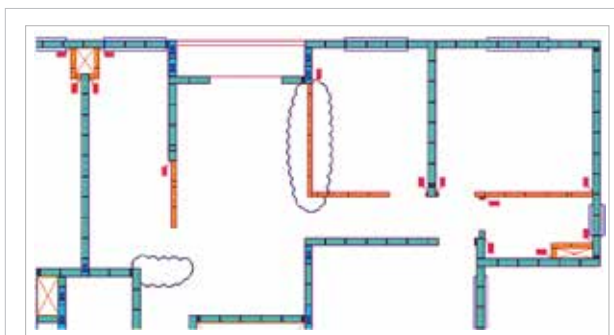


Figura 4 – Situação de arquitetura pouco favorável ao emprego de lajes pré-moldadas

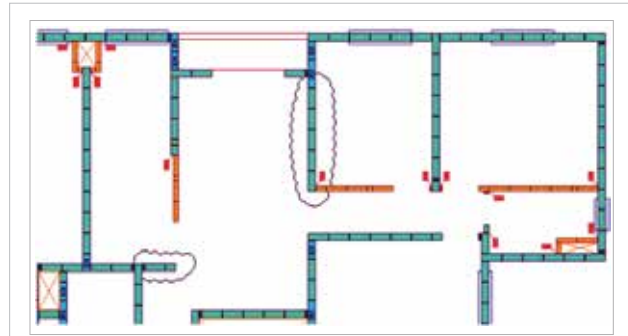


Figura 5 – Projeto modificado para permitir o uso de lajes pré-moldadas

vamente menor, no caso das fôrmas empilhadas, uma vez que o sistema é muito mais simples.

Em ambos os casos, o projeto arquitetônico deverá atender aos requisitos do sistema de produção, no que diz respeito ao posicionamento das paredes estruturais que servirão de apoio às lajes, bem como nas limitações de formato, dimensões e peso desses elementos, para que sejam viáveis de produzir, transportar e lançar.

Como exemplo, pode ser observada na Figura 4 uma situação de arquitetura pouco favorável ao emprego de lajes pré-moldadas. Nela, a previsão de uma parede de vedação entre o dormitório e a sala e a configuração geométrica da cozinha leva a existência de uma laje de formato irregular e de dimensões e peso muito elevados, que inviabilizaria tanto os equipamentos para a produção, quanto o transporte e lançamento desses elementos. Para ser viável o uso de pré-moldados nessa situação, seria necessária a mudança do projeto de arquitetura, conforme o mostrado na Figura 5. Nessa situação, a parede entre o dormitório e sala passa a ser estrutural, eliminando a possibilidade de junção do dormitório com a sala. Foi criada também

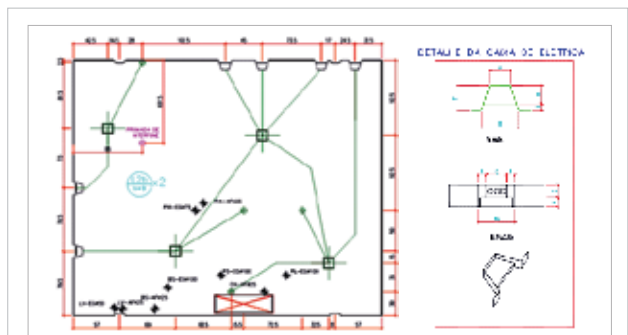


Figura 6 – Projeto de produção do painel



Figura 7 – Gabarito para a montagem dos sistemas dos painéis

uma extensão na parede da cozinha para facilitar o apoio das lajes. Com essa nova configuração arquitetônica, a laje pode ser dividida em 3 elementos retangulares, um sobre a cozinha, outro sobre a sala e um terceiro sobre o dormitório, viabilizando a solução em pré-moldado.

Há ainda a necessidade de formulação de um projeto de produção com o detalhamento exaustivo das peças, incluindo não só os requisitos da arquitetura e da estrutura, mas todos os sistemas envolvidos (sistemas hidráulicos, sistemas elétrico, passagens, reforços, etc.), considerando inclusive os procedimentos que serão empregados para as ligações e montagens de tubulações e eletrodutos entre painéis de laje e entre as lajes e as paredes. Na Figura 6, há um exemplo do detalhamento de um painel em projeto e, na figura 7, um gabarito para a pré-montagem de armações e embutidos.

A utilização de lajes pré-moldadas traz uma redução expressiva de custo de fôrmas, escoramento, concreto, mão de obra, porém exige a utilização de equipamentos de içamento, transporte e lançamento, que apresentam custos expressivos. Assim, o sistema só se torna viável com um detalhado estudo da logística de produção e movimentação dessas peças pré-moldadas, cujo objetivo é o de otimizar a utilização desses equipamentos (Fig. 8).

É importante que, no planejamento da obra, sejam detalhadas a implantação e operação das centrais de produ-

ção das peças, bem como as linhas de apoio, como a de industrialização dos demais componentes: telas, reforços para içamento, sistemas hidráulicos, sistemas elétricos, etc.

Como resultados da utilização de lajes pré-moldadas, pode-se obter principalmente:

- a) Redução do prazo total de obra, pois se interfere diretamente em etapas que estão no caminho crítico da programação de atividades;
- b) Como consequência imediata tem-se o aumento do volume de produção, viabilizando obras com grande número de unidade em prazo reduzido;
- c) Menor dependência da qualidade da mão de obra, uma vez que muitas das operações passam a ser executadas com elevado grau de industrialização;
- d) Eliminação de desperdícios, através de um maior controle do processo como um todo.

Todas essas características levam a uma redução do custo final de produção e ao aumento da qualidade do produto final.

Pode-se projetar no futuro a evolução desses sistemas objetivando a sua aplicação em edifícios altos. O desenvolvimento de sistemas de “costura” dos painéis de laje, que garantam o comportamento de “diafragma” e de “membrana”, já foi testado em fase de protótipo (Fig. 9) e poderá permitir transportar todas as vantagens do emprego de lajes pré-moldadas para os edifícios altos.

ESCADAS PRÉ-MOLDADAS

As escadas representam um “gargalo” na produção, mesmo nas obras que empregam lajes convencionais,



Figura 8 – Lançamento de laje pré-moldada



Figura 9 – Protótipo de sistema de “costura” de lajes

em que o ciclo de produção da laje é mais extenso. Esses componentes possuem quase sempre formas complexas e há grande dificuldade em obtenção de precisão dimensional, quando moldada no local. Assim é muito comum a necessidade de execução de complexas camadas de revestimento sobre essas escadas moldadas no local.

Por esse motivo, escadas pré-moldadas leves já são utilizadas há muito tempo em obras em alvenaria estrutural. Tais escadas, conhecidas como “escada-jacarê”, são compostas de peças relativamente simples e leves, que podem ser transportadas manualmente (Fig. 10), que, em alguns casos, podem prever uma consolidação local, com graute, dos elementos mais pesados, como os patamares. Essa solução tem sido empregada com sucesso por muitas construtoras, que já executam esse pré-moldado com acabamento adequado para evitar a colocação de revestimentos, eliminando a necessidade de uma fôrma complexa na frente de produção.

Nos casos em que há a opção pela laje pré-molda-

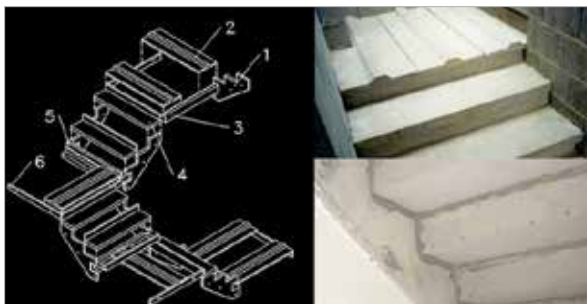


Figura 10 – Escada pré-moldada “tipo jacaré”

da, a utilização de escadas pré-moldadas torna-se uma grande vantagem, pois a execução desse componente complexo acaba seguindo a mesma lógica e cronograma da execução das lajes. Nesses casos, deve-se estar muito atento ao peso final das peças, uma vez que as mesmas devem atender as mesmas limitações dos equipamentos de içamento utilizados nas lajes. Deve-se dar atenção, também, aos sistemas de apoio e a sequência de montagem dessas peças, de maneira a se obter os resultados finais esperados.

O detalhamento das peças e suas respectivas fôrmas, armação, sistemas de içamento devem ser analisados cuidadosamente em cada projeto. Na Figura 11, são mostrados exemplos de escadas pré-moldadas. Além da escada, frequentemente é necessário o desenvolvimento de peças complementares do sistema, como vigas de apoio ou peças de patamar.

OUTROS COMPONENTES PRÉ-MOLDADOS

Além dos componentes, como escadas e lajes, que definem e influenciam fortemente o processo construtivo, alterando projeto, planejamento e etapas de produção, muitos outros componentes construtivos podem ser incluídos nos processos em alvenaria estrutural, para o aumento da “construtibilidade” e racionalização dos mesmos.

Embora não exijam mudanças radicais nos processos de projeto e produção, muitos desses componentes servem para substituir sequências de operações complexas na obra, evitando que ocorra a interrupção de serviços ou a interferência entre diferentes profissionais. São bons exemplos da utilização desse tipo de pré-moldado os contramarcos pré-moldados (Figura 12) e as vergas pré-moldadas (Figura 13).

No caso dos contramarcos pré-moldados, esses componentes são assentados junto ao levantamento das



Figura 11 – Exemplo de escadas pré-moldadas pesadas



Figura 12 – Contramarcos pré-moldados



Figura 13 – Verga pré-moldada

paredes da alvenaria estrutural e permitem a definição geométrica precisa do vão, que viabiliza a posterior fixação das esquadrias, nas fases finais da obra, apenas por parafusamento. Isso substitui as tradicionais operações de posicionamento e chumbamento de contramarco de alumínio ou marcos de janelas e enchimentos. Essa peça, por envolver a alvenaria em toda a espessura, já determina os requadros dos vão, eliminando a necessidade dos requadramentos, quando da execução dos revestimentos argamassados da fachada e revestimentos internos. São ainda incorporados a essas peças ressalto, inclinações, pingadeiras e elementos que contribuem para o aumento do desempenho da esquadria quanto à estanqueidade.

No caso das vergas pré-moldadas, a execução tradicional, utilizando blocos tipo canaleta, exige que o pedreiro, no momento da execução da alvenaria, interrompa seus serviços para providenciar a colocação de escoramento para apoio das canaletas, além da colocação das armações e da operação de grauteamento, que, muitas vezes, inclui o tempo de preparação, lançamento e transporte do graute. Essa interrupção passa a ter grande efeito na produtividade da mão de

obra, principalmente pela dificuldade de que esses elementos (escoramento, armação e graute) estejam prontamente disponíveis em todos os momentos em que forem necessários.

CONCLUSÕES

A utilização de componentes pré-moldados e pré-fabricados nos processos construtivos em alvenaria estrutural é muito interessante e pode levar a processos com elevado índice de industrialização e grau de racionalização, potencializando ainda mais as vantagens já conhecidas da alvenaria estrutural.

A industrialização do processo reflete-se no maior nível de desenvolvimento dos projetos e planejamento dos empreendimentos, que leva à diminuição das incertezas e eliminação de desperdícios, o que potencializa os resultados econômicos possíveis.

A industrialização de elementos e etapas complexas da obra, que passam a ser realizadas em usinas, diminui a dependência da habilidade da mão de obra e leva a um aumento de desempenho dos produtos finais e da qualidade do empreendimento como um todo.

Referências Bibliográficas

- [01] CONSTRUCTION INDUSTRY INSTITUTE. Constructability: a primer. Austin, 1986. (CI publication 3-1).
- [02] CGRIFFITH, A. An investigation into factors influencing buildability and levels of productivity for application to selecting alternative design solutions - a preliminary report. In: CIB W65 INTERNATIONAL SYMPOSIUM THE ORGANIZATION AND MANAGEMENT OF CONSTRUCTION, 5., London, 1987. Managing construction worldwide. London, Spon, 1987-88. v.2, p.646-57.
- [03] SABBATINI, F. H. Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos - formulação e aplicação de uma metodologia. São Paulo, 1989. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- [04] FRANCO, L.S. APLICAÇÃO DE DIRETRIZES DE RACIONALIZAÇÃO CONSTRUTIVA PARA A EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA DOS PROCESSOS CONSTRUTIVOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL NÃO ARMADA. São Paulo, 1992. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- [05] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Edificações Habitacionais - Desempenho - Parte 1 - Requisitos gerais - NBR 15575-1. 2012. ●

Potencial da utilização de aplicativos BIM para projetos com elementos pré-fabricados

LUCIANA DE CRESCE EL DEBS – MESTRE
INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT

SÉRGIO LEAL FERREIRA – PROFESSOR DOUTOR
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – USP

1. INTRODUÇÃO

A pré-fabricação exige um maior planejamento da construção, o que estimula o desenvolvimento do projeto. Isso ocorre porque o fornecimento de elementos construtivos é, atualmente, muitas vezes dividido entre diversas empresas. Isso demanda do projetista um maior conhecimento em relação à construção, montagem de edifícios, detalhes de encaixes e modulações para elementos pré-fabricados.

Essa decomposição da unidade habitacional em elementos industrializados ou pré-fabricados faz com que a construção seja cada vez mais a montagem de edificações do que a construção em si. A fabricação dos elementos pode ser feita em locais distantes do canteiro, em indústrias cujo controle de qualidade é, em teoria, maior e cuja exposição a intempéries é reduzida. Os elementos podem ser padronizados e catalogados para seu aproveitamento em construções posteriores.

Em relação a melhorias aplicadas a projetos, as pesquisas correntes sobre inovações no processo estavam distantes de aplicações reais e, até bem pouco tempo atrás, os projetistas ainda tinham no lápis e prancheta seus instrumentos de trabalho. Esta situação

permaneceu até a década de 90, quando a utilização do computador foi sendo feita como um substituto à prancheta, porém sem representar uma mudança nos processos de projeto.

Com a melhoria dos aplicativos e a crescente demanda da indústria da construção por melhorias nos processos de projetos, esse setor vem buscando alternativas para aumentar a produtividade e a qualidade de seu produto. Uma das melhorias que vem sendo introduzida nos últimos anos são os projetos que utilizam o conceito de *Building Information Modeling* (BIM). Esse conceito procura reproduzir no modelo computacional o ciclo da construção, armazenando os dados geométricos e não geométricos dentro de um modelo tridimensional integrado.

As principais características da modelagem BIM são a modelagem tridimensional, modelagem paramétrica, a representação feita através de produtos e componentes (em invés de elementos gráficos como linhas e curvas) e a existência de bibliotecas com componentes típicos da indústria da arquitetura, engenharia e construção (AEC). A modelagem tridimensional permite uma rápida e precisa detecção e consequente visualização facilitada de interferências espaciais no projeto. Essa antecipação de

incompatibilidades espaciais ainda na etapa de projeto aumenta a possibilidade de utilização de sistemas pré-fabricados em obra, visto que estes permitem pouca flexibilidade após sua fabricação.

As bibliotecas, por sua vez, podem ser analogamente tratadas como os catálogos disponibilizados pelos fabricantes para a construção pré-fabricada. Deste modo, o projeto é feito através da composição de elementos de construção, o que o torna muito similar à lógica da construção pré-fabricada e esta é a posição defendida por este artigo.

2. A CONCEPÇÃO DOS PROJETOS COM PRÉ-FABRICADOS

O projeto com pré-fabricados implica o conhecimento do projetista não só do produto final, mas também do processo de fabricação dos elementos, do transporte, da montagem e de suas ligações. Por esse motivo, é de extrema importância para o bom desempenho desse sistema construtivo que esse partido seja tomado logo na concepção do projeto. Mesmo assim, diversos projetos que utilizam elementos pré-fabricados são concebidos com estrutura ou elementos convencionais. Esta solução é viável, apesar de, muitas vezes, não aproveitar todo o potencial dos elementos pré-fabricados, se comparado a um projeto cujo partido já previa sua utilização.

Assumindo-se que esse partido seja tomado em momento adequado, conforme mencionado no parágrafo anterior, EL DEBS (2000) enumera cinco itens importantes para o projeto com elementos pré-fabricados de concreto:

- Concepção do projeto de acordo com o sistema escolhido;
- Interação entre a estrutura e outras partes da construção;
- Número de ligações reduzido;
- Racionalização do número de repetições;
- Utilização de elementos com pesos de mesma faixa.

Durante a concepção do projeto, os itens acima devem ser levados em consideração pelo arquiteto responsável, procurando a racionalização da construção, seja no número de ligações e repetições dos elementos, seja na utilização dos equipamentos de montagem. A figura do arquiteto como agente de integração entre as disciplinas e conhecedor da construção deve emergir a partir do seu conhecimento nesse tipo de sistema, pois um projeto bem elaborado é crucial para elementos pré-fabricados. A integração com as demais disciplinas é importan-

te para verificar possíveis interferências de projeto que influenciem no desenho dos elementos pré-fabricados, visto que estes permitem pouca ou nenhuma adaptação após sua fabricação.

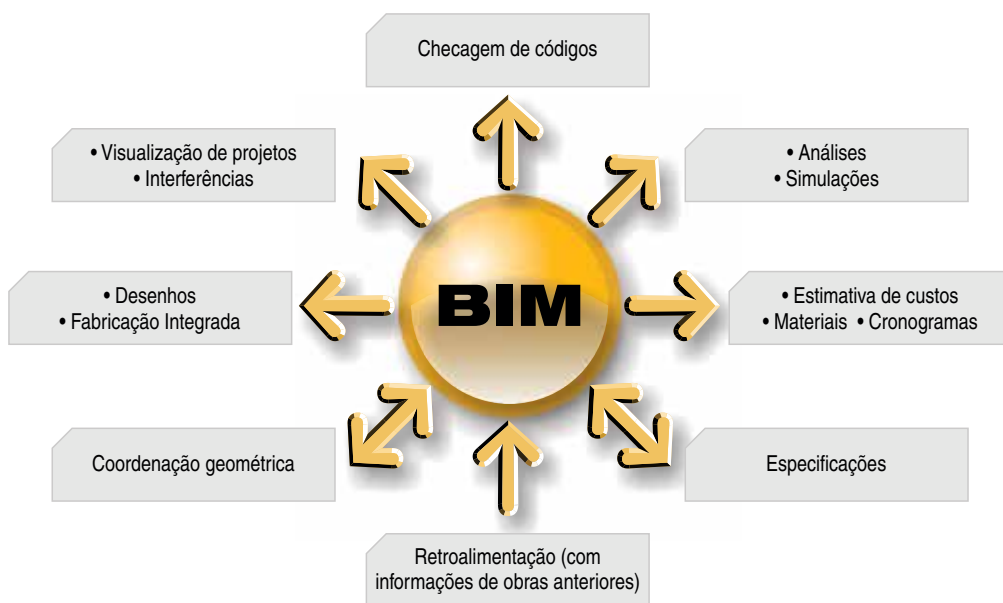
Em geral, os projetos que já são concebidos para a utilização de elementos pré-fabricados são desenvolvidos com a ajuda de consultores especializados ou em conjunto com o setor de projetos da empresa fabricante dos elementos. Em alguns casos, a empresa construtora também participa da coordenação dos projetos, agindo como ponte entre a empresa fabricante e o projetista, além de fornecer para este informações de montagem que não sejam feitas pelo fabricante e prazos de obra.

Vê-se, portanto, que um projeto bem compatibilizado e detalhado é essencial para a utilização deste sistema. Com isso em vista, além das questões referentes à racionalização de tipos, o conceito de modelagem da informação da construção pode apresentar-se como um facilitador da utilização de sistemas pré-fabricados no Brasil.

3. BIM

Diversos autores e entidades possuem uma definição para o que é *Building Information Modeling* (modelagem da informação da construção), representado pela sigla BIM. Para este artigo, BIM é considerado um processo de organização das informações do ciclo de vida da construção, que resulta em um modelo composto de conjuntos de objetos, com seus dados e as suas relações. Estes objetos se relacionam através de regras e possuem, além de dados geométricos tridimensionais, dados não geométricos que contribuem para uma definição mais completa dos objetos e do modelo. O modelo gerado, além de servir de base para os projetos de construção, também serve para gerar um banco de dados da edificação, durante todo o seu ciclo de vida.

O projeto em BIM é detalhado através de um modelo tridimensional, e não mais através de representações bidimensionais. O modelo, por sua vez, é composto de elementos, e não mais por linhas, como em aplicativos CAD tradicionais. Estes elementos podem carregar consigo dados que vão além da geometria, podendo conter especificações do fabricante, custo, prazo, entre outros. Estes dados podem ser posteriormente extraídos do modelo para uma análise global do empreendimento, que



Fonte: elaborado pela autora com base em Jeong et al. (2009)

Figura 1 – Aplicações do conceito BIM para a construção civil

pode incluir custos, eficiência energética, especificações, entre outros (figura 1).

Atualmente, o modelo BIM é considerado como integrado e, nesse sentido, ele compartilha a informação, que não pode ser redundante ou conflitante. As informações não devem circular entre as fontes, gerando diversos modelos de trabalho isolados, o que acontece hoje no processo tradicional em que cada disciplina trabalha em uma base de desenho datada e não necessariamente atualizada com os demais projetos.

A representação integrada prevista pelo BIM permite que a base de documentação utilizada em um projeto seja, em um determinado momento, compreensível por máquinas, pois não é mais necessária a interpretação humana de vários desenhos para a compatibilização. Quando o modelo pode ser compreensível por máquinas, é possível utilizá-lo para outros fins e já existem alguns estudos para a automação da fabricação de elementos pré-fabricados através da extração de informações de modelos BIM (LI; ISELE; BRETTHAUER, 2007).

Além disso, a utilização do modelo tridimensional e seu detalhamento junto às demais disciplinas faz com que certas interferências sejam mais facilmente identificadas. A antecipação de problemas e um projeto mais

bem compatibilizado é consequência da utilização do processo BIM.

Com as informações do projeto armazenadas dentro do modelo tridimensional, este pode ser também utilizado como um protótipo virtual para a edificação. Este conceito aproxima a construção civil das demais indústrias, como a aeronáutica, em que o desempenho de um produto pode ser avaliado virtualmente antes de etapas executivas. O modelo BIM pode carregar diversas informações que permitem sua utilização para a avaliação de desempenho, que pode ser referente ao conforto do usuário, ao consumo de energia, à adequação a normas técnicas e legislações, entre outros.

Algumas características do modelo BIM são de especial relevância para o presente artigo, entre elas estão: a modelagem paramétrica e a organização em famílias (ou classes) de objetos. Ambas serão discutidas a seguir.

3.1 PARAMETRIZAÇÃO E FAMÍLIAS

A modelagem paramétrica é considerada como uma evolução dos sistemas CAD (EASTMAN et al. 2011). Sua principal característica é que os mesmos parâmetros podem ser utilizados por mais de um elemento de uma vez.

Os parâmetros são regras aplicadas aos elementos. Isto permite que, quando um elemento é editado, a mudança, quando ocorrida no parâmetro compartilhado, seja transmitida aos demais.

Para ilustrar a modelagem paramétrica, Eastman et al. (2011) utilizam o exemplo de paredes que são limitadas pela superfície do piso. Caso o nível do piso seja elevado ou rebaixado, as paredes devem acompanhar essa alteração.

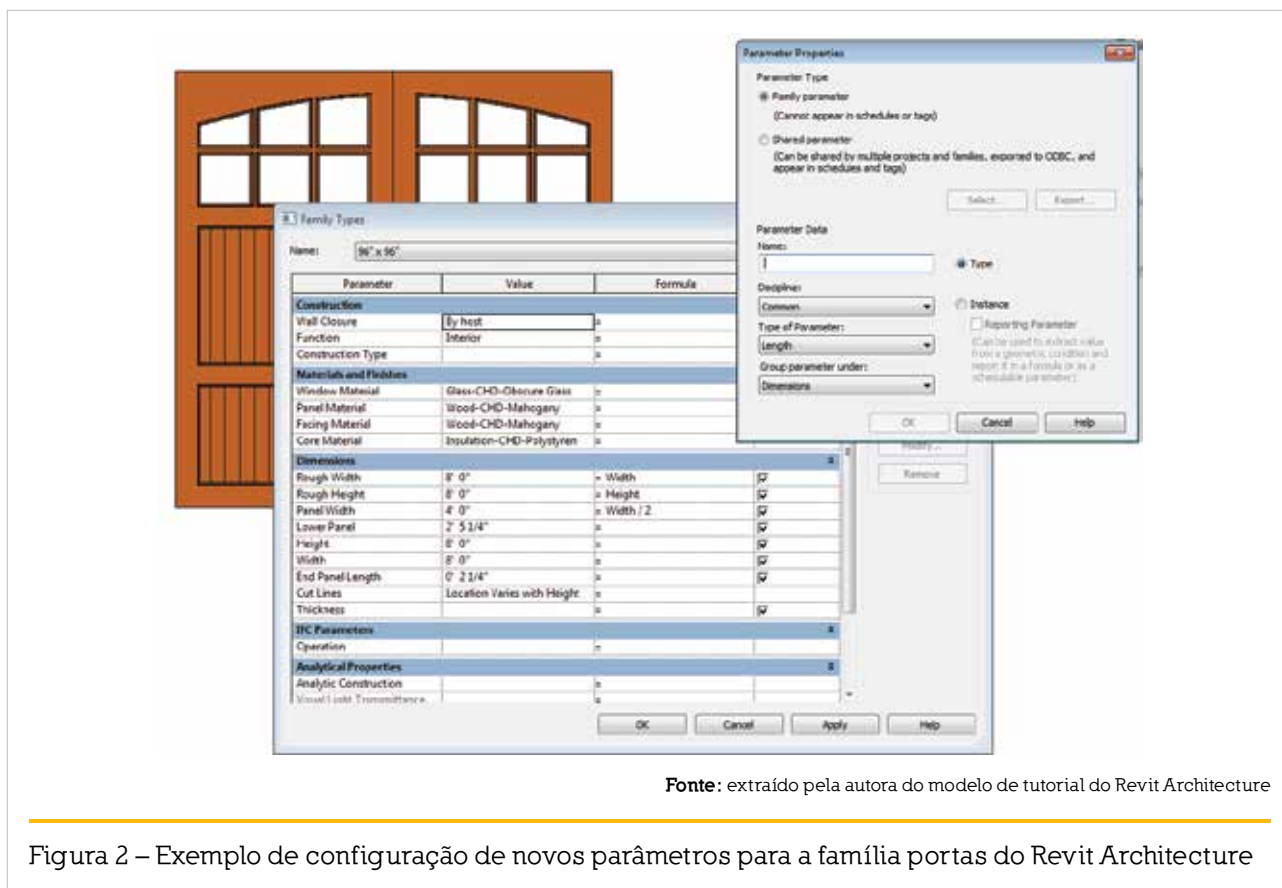
Essa capacidade de atualizar o modelo automaticamente é uma característica essencial do conceito BIM e da modelagem paramétrica. Esta é baseada em uma série de equações e relações entre objetos. Entre os parâmetros comuns que se podem encontrar na definição das regras, citam-se: paralelo à, conectado à, distanciando de (EASTMAN et al., 2011). Na figura 2, encontra-se exemplo de caixa de edição de famílias, no caso de uma porta, do *Revit Architecture*, na qual é possível editar os parâmetros aplicáveis.

A modelagem paramétrica permite que a edição possa ser feita através de comandos centralizados. Ao se

alterar um parâmetro dentro de uma família ou classe de objetos, todos os elementos que se encontram dentro desta definição são automaticamente atualizados em relação à nova condição, simplificando tarefas que poderiam ter que ser repetidas centenas de vezes em um modelo complexo.

Outra característica dos aplicativos com conceito BIM é que estes possuem objetos específicos do setor de arquitetura, engenharia e construção – AEC, como pilares, vigas, portas e janelas, entre outros. Estes objetos são paramétricos (visto que utilizam regras e definições para sua edição) e possuem normalmente as informações geométricas (dimensões) e não geométricas (modelo, fabricante, preço, materiais). Eles são agrupados em famílias, que são grupos de objetos (bi ou tridimensionais) com propriedades comuns e características semelhantes.

Dentro de uma família, podem existir diversos tipos de objetos que são diferenciados pelos distintos valores de parâmetros, gerando tipos dentro da família. Um elemento de um determinado tipo, de uma determinada



Fonte: extraído pela autora do modelo de tutorial do Revit Architecture

Figura 2 – Exemplo de configuração de novos parâmetros para a família portas do Revit Architecture

família, inserido em um projeto é chamado de instância.

Para a construção pré-fabricada, as características mencionadas acima seriam úteis na criação de bibliotecas de elementos. Elas poderiam servir de catálogos virtuais a serem consultados e utilizados pelos projetistas, com a inclusão de pilares, vigas, lajes e mesmo alguns tipos de painéis.

Com base no exposto sobre a construção pré-fabricada e o processo de modelagem da informação; a seguir é feita uma análise dos potenciais do BIM para estimular o uso de elementos pré-fabricados para a construção.

4. BIM E CONSTRUÇÃO PRÉ-FABRICADA

Há claramente uma similaridade na lógica da construção pré-fabricada e da modelagem através do processo BIM. Ambas assumem a construção como a associação e junção de elementos, num processo de montagem. No processo BIM, essa montagem é virtual e o estímulo à utilização de elementos da indústria é destacado através das bibliotecas de objetos existentes nos aplicativos. Atualmente, alguns aplicativos que suportam o conceito BIM já possuem em seu banco de dados elementos pré-fabricados como pilares e vigas, mas poderiam abranger mais componentes, aumentando as bibliotecas originais dos aplicativos.

Além disso, a utilização do processo BIM faz com que alguns aspectos da construção sejam definidos em uma etapa anterior do projeto. Isso é devido tanto à modelagem tridimensional como à compatibilização entre as diversas disciplinas em um mesmo modelo. Para a indústria de pré-fabricados, um projeto com menos incompatibilidades é importante para a adequação das peças e para que não haja a necessidade de adaptações após a fabricação e durante a montagem.

Alguns aplicativos utilizam dados de modelos BIM para realizar simulações de canteiro e execução da obra. Estas simulações podem validar o planejamento executivo e, no caso de elementos pré-fabricados, também validar as localizações de equipamentos de montagem, os quais influenciam diretamente as especificações de projeto.

No exterior, já existem alguns estudos publicados relacionando a modelagem da informação da construção com a utilização de peças pré-fabricadas de concreto. Segundo o estudo realizado por Sacks et. al. (2005), prevê-se que a utilização do BIM para esse tipo de sistema construtivo reduza significativamente os custos de engenharia e retrabalho, pois grande parte destes é devido a erros e inconsistências nos desenhos de produção.

Por outro lado, os estudos ainda revelam que os custos são uma barreira à adoção da tecnologia por parte dos escritórios de pré-fabricados. Ao mesmo tempo em que a criação de bibliotecas de detalhes padronizados foi indicada como um dos benefícios do processo estudado. Mais informações podem ser encontradas nos estudos de Sacks et. al. (2005).

Em geral, os estudos publicados no exterior indicam que há um grande salto de qualidade e a conquista de novos benefícios ao adotar tecnologias com o conceito BIM para os projetos de pré-fabricados, comparado com o processo de projeto tradicional, baseado nos detalhamentos bidimensionais. Estudos sobre como a informação deve ser tratada para que possa ser aproveitada durante todas as fases do ciclo de vida da edificação representam grande parte do esforço, com foco no desenvolvimento de diretrizes para o tratamento de informações referentes ao sistema construtivo com elementos pré-fabricados. Como a utilização do BIM implica mudanças da organização de praticamente todos os processos de projeto e controle da construção, entende-se que sua utilização implica investimento de bastante tempo e recursos, e estudos ainda devem ser realizados para aperfeiçoar o tratamento do modelo e das informações nele contidas.

5. CONSIDERAÇÕES

Mesmo que a modelagem da informação da construção seja um processo ainda incipiente no mercado nacional, e mesmo internacional, ela é alvo de diversos estudos. Espera-se que as similaridades compartilhadas entre o processo de montagem real que acontece em uma obra com pré-fabricados e a montagem virtual do modelo BIM estimulem a utilização desse tipo de sistema construtivo.

Além disso, os fabricantes de elementos podem aproveitar as bibliotecas disponíveis em aplicativos BIM para a criação de catálogos virtuais de peças e detalhes que estimulariam e facilitariam a utilização de elementos pré-fabricados por parte de arquitetos e incorporadores que não possuem conhecimento sobre o sistema.

Cada vez mais, a questão da melhoria da qualidade dos processos é debatida e requisitada nas indústrias, inclusive na AEC. Os sistemas pré-fabricados, assumindo uma fabricação dentro de ambiente controlado, podem ser considerados parte de um processo de melhoria na qualidade da construção. Por sua vez, um projeto mais

bem documentado e compatibilizado, resultante da utilização do BIM, também representa uma melhoria na qualidade da construção.

As soluções vislumbradas pela arquitetura moderna através da utilização de peças normalizadas encontram

na pré-fabricação uma aliada. E esta, por sua vez, poderia contar com a modelagem da informação, através da utilização de aplicativos BIM e elementos pré-configurados, para que as ideias de padronização sejam mais difundidas pelo setor da construção civil.

Referências Bibliográficas

- [01] EASTMAN, Charles et al. BIM Handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2011. 648 p. 2ª ed.
- [02] EL DEBS, Mounir Khalil. Concreto pré-moldado: Fundamentos e aplicações. São Carlos: EESC-USP, 2000. 441 p.
- [03] JEONG, Y-S. et al. Benchmark tests for BIM data exchanges of precast concrete. Automation in Construction, Oxford, v. 18, n. 5, p. 469-484, Ago. 2009.
- [04] LI, Shutao; ISELE, Jörg; BRETTHAUER, Georg. Application of IFC Product Data Model in Computer-Integrated Building Prefabrication. In: IEEE CONFERENCE ON AUTOMATION SCIENCE AND ENGINEERING, 3., 2007, Scottsdale. Proceedings... . Scottsdale: IEEE, 2007. p. 992 - 996.
- [05] SACKS, Rafael; EASTMAN, Charles M.; LEE, Ghang; ORNDORFF, David. A target benchmark of the impact of three-dimensional parametric modeling in precast construction. Journal of the Precast / Prestressed Concrete Institute, n. 50, p. 126-139. Jul-Ago, 2005. ●

SOLUÇÃO

Rápida, Fácil e Confiável.
Conheça a nova tecnologia Sika:



Áreas com muitas interferências:
não há limites para as membranas
moldadas *in loco* da Sika!

O que é a Tecnologia Sika MTC?

A tecnologia Sika MTC, já é amplamente utilizada na Europa e finalmente chega ao Brasil. Produtos com essa tecnologia, possuem cura ativada pela umidade, tornando-se resistentes à água de chuva logo após a sua aplicação.

Sika MTC, tecnologia exclusiva Sika!

Sikalastic® 612

- ▲ Monocomponente, pronto para uso,
- ▲ Alta resistência a intempéries,
- ▲ Altamente elástico,
- ▲ Excelente custo benefício: diferentes sistemas para cada expectativa de durabilidade 5, 10 ou 15 anos,
- ▲ Tecnologia exclusiva com mais de 20 anos de experiência,
- ▲ Diferentes sistemas e possibilidades conforme a necessidade do seu projeto,
- ▲ Alta tolerância à umidade,
- ▲ Membrana impermeabilizante contínua e sem emenda,
- ▲ Flexibilidade de custos conforme o sistema adotado.

Usos

- ▲ Impermeabilizar estruturas novas ou existentes,
- ▲ Pode ser aplicado sobre diversos substratos, inclusive sobre mantas asfálticas, superfícies verticais ou horizontais,
- ▲ Pode ser aplicado como pintura refletiva ou em coberturas verdes.



entre em contato

construcao.marketing@br.sika.com

facebook.com/sikabrasil

O controle tecnológico na indústria de concreto pré-fabricado

CAMILO MIZUMOTO – COORDENADOR DE CONTROLE TECNOLÓGICO

MARCELO CUADRADO MARIN – GERENTE DE ENGENHARIA

LEONARDI CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA LTDA

KIRKE ANDREW WRUBEL MOREIRA – GERENTE DE ENGENHARIA

CONCRETE ENGENHARIA E CONSULTORIA

1 INTRODUÇÃO

O controle de qualidade na indústria de pré-fabricados de concreto caracteriza-se pela identificação e rastreabilidade de produto, controle tecnológico do concreto, controle dimensional dos elementos, controle do aço, controle dos materiais empregados nas ligações, inspeção nas fases de projeto, produção e montagem, bem como a gestão das interfaces destas disciplinas (DONIAK e GUTSTEIN, 2011).

O controle tecnológico na indústria destaca-se pelo controle de resistência do concreto em baixas idades, em função das etapas de manuseio, transporte, armazenamento e montagem, denominadas fases transitórias, para as quais os elementos devem atender as exigências de norma para o concreto protendido, estabelecidas na ABNT NBR 9062 (Projeto e Execução do Concreto Pré-moldado) e validadas pelos projetistas para concreto armado. Considerando a importância destas etapas, as dosagens de concreto são desenvolvidas para a resistência inicial estabelecida, usualmente a 24h, considerando o ciclo de produção atual das fábricas. Estas dosagens devem ser validadas também pelo módulo de elasticidade do concreto. O presente trabalho tem por objetivo evidenciar as necessidades de controle de uma estrutura pré-moldada de concreto em relação às estruturas convencionais, considerando que a ausência do controle nas etapas iniciais poderá causar manifestações patológicas levando a perda de desempenho e vida útil da estrutura.

Durante o desenvolvimento do tema será citado além das normas técnicas aplicáveis, o Selo de Excelência AB-CIC (Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto), que estabelece critérios específicos para o setor com base nas normas técnicas ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), incluindo, além do produto, parâmetros das normas ISO para qualidade e meio ambiente, bem como as normas regulamentadoras de segurança e saúde ocupacional NR 18 e NR 9, do Ministério do Trabalho do Governo Federal, posto ser um programa de qualidade, segurança e meio ambiente.

2. PRINCIPAIS PARÂMETROS DE CONTROLE DO PROCESSO INDUSTRIAL

2.1 CONTROLE DE RECEBIMENTO DE AGREGADOS

O controle de recebimento dos agregados constituintes do concreto é fundamental para garantia da qualidade do concreto produzido. Para tanto, no recebimento diário dos agregados é realizada uma análise preliminar por meio de uma inspeção visual pelo responsável, que deverá estar ligado a estrutura da qualidade, em todas as cargas, comparando-as com as características da amostra padrão estabelecida na fase de qualificação das matérias-primas.

Tabela 1 – Ensaios de controle para o agregado miúdo

Ensaio	Método de ensaio	Limite normativo	
Composição granulométrica	NBR NM 248 (ABNT, 2003)	-	
Massa específica	NBR NM52 (ABNT, 2009)	-	
Massa unitária	NBR NM 45 (ABNT, 2006)	-	
Impureza orgânica	NBR NM49 (ABNT,2001)	Solução obtida: mais clara do que a solução padrão	
Torrões de argila e materiais friáveis	NBR 7218 (ABNT, 2010)	≤ 3,0%	
Material fino que passa pelapeneira 75µm (material pulverulento)	NBR NM46 (ABNT, 2003)	Concreto submetido a desgaste superficial	≤ 3,0%
		Concretos protegidos do desgaste superficial	≤ 5,0%

Outro fator importante é a realização de ensaios quinzenais para verificação das características físicas dos agregados. No caso de alteração do fornecedor ou origem do agregado, é necessário requalificar, o que compreende não somente a realização dos ensaios, mas avaliação da influência do novo material no desempenho do concreto através da realização de uma nova dosagem experimental. A qualificação e requalificação são aplicáveis para todas as matérias componentes do concreto, incluindo cimento e aditivos.

Nas Tabelas 1 e 2, seguem os principais ensaios estabelecidos para análise dos agregados.

A análise granulométrica dos materiais deve ser realizada conforme a ABNT NBR NM 248 e atender os limites normativos da ABNT NBR 7211.

A alteração da granulometria dos agregados pode ocasionar mudanças no comportamento do concreto produzido, tais como: variação de consistência, aumento da demanda de água,

etc. Para o concreto autoadensável (CAA), pode ser verificada a ocorrência de segregação, perda de trabalhabilidade em função do aumento de finos e alteração da água de amassamento, sendo necessária a realização de ajustes do traço do CAA.

Outra análise importante refere-se a verificação da potencialidade reativa dos agregados, especificada pela ABNT NBR 15577: 2009. Este ensaio é fundamental para garantia da durabilidade do concreto de elementos pré-fabricados submetidas a umidade do solo, como estacas pré-fabricadas.

Uma vez comprovado a potencialidade reativa do agregado, faz-se necessário o emprego de cimentos compostos e adições minerais, tais como: metacaulim e sílica ativa, em proporções comprovadas por ensaio para mitigação da reação álcali-agregado.

2.2 CONTROLE DE RECEBIMENTO DO CIMENTO PORTLAND

Para todo cimento recebido a granel na planta de

Tabela 2 – Ensaios de controle para o agregado graúdo

Ensaio	Método de ensaio	Limite normativo	
Composição granulométrica	NBR NM 248 (ABNT, 2003)	-	
Massa específica	NBR NM52 (ABNT, 2009)	-	
Massa unitária	NBR NM 45 (ABNT, 2006)	-	
Material fino que passa pela peneira 75mm (material pulverulento)	NBR NM46 (ABNT, 2003)	≤ 1,0%	
Torrões de argila e materiais friáveis	NBR 7218 (ABNT, 2010)	Concreto aparente	≤ 1,0%
		Concreto sujeito a desgaste superficial	≤ 2,0%
		Outros concretos	≤ 3,0%

Tabela 3 – Limites físicos dos cimentos nacionais

Tipo de cimento	Classe	Finura		Tempo de pega (h)		Expansibilidade (mm)		Resistência à compressão (MPa)				Norma ABNT
		Resíduo peneira 75µm (%)	Área específica (BLAINE) (m ² /g)	Início	Fim	A frio	A quente	1 dia	3 dias	7 dias	28 dias	
CPIII	32 40	≤ 8,0	-	≥ 1	≤ 12	≤ 5	≤ 5	-	≥ 10 ≥ 12	≥ 20 ≥ 23	≥ 32 ≥ 40	NBR 5735
CPIV	32	≤ 8,0	-	≥ 1	≤ 12	≤ 5	≤ 5	-	≥ 10	≥ 20	≥ 32	NBR 5736
CPV-ARI	CPV-ARI	≤ 6,0	300	≥ 1	≤ 10	≤ 5	≤ 5	≥ 14	≥ 24	≥ 34	≥ 50	NBR 5733

produção, é realizada a coleta de amostras penhor de, pelo menos, 3kg para cada caminhão fornecido. Estas amostras devem ser armazenadas em recipientes plásticos fechados para evitar a hidratação da mesma.

Segundo o selo de excelência ABCIC, as amostras do lote recebido, devem ser identificadas (com informações sobre a data, documento de remessa, etc.) e armazenadas até que sejam obtidos os resultados de resistência à compressão do concreto que utilizou o referido fornecimento (lote).

Em termos de análise físico-química do cimento, devem ser verificados os relatórios de ensaio do fornecedor referente àquele cimento recebido e comparados os resultados em relação aos limites normativos. Nas Tabelas 3 e 4, seguem os limites normativos estabelecidos para os cimentos convencionalmente empregados na indústria de concreto pré-fabricado.

2.3 CONTROLE DO AÇO PARA CONCRETO ARMADO E CONCRETO PROTENDIDO

O aço empregado na indústria de concreto pré-fabricado é destinado à produção de peças de concreto armado ou protendido.

Em termos de recebimento, todo o aço deve ser submetido a uma inspeção visual para verificação de irregularidades, como desalinhamento de rolos de aço ou presença de corrosão, bem como a conferência dos dados da etiqueta, no qual o número do lote do aço deve ser comparado com o relatório de ensaio do fornecedor no momento da entrega.

Em termos de estocagem, deve-se armazenar o aço em local protegido do tempo e afastado do solo de maneira a evitar o contato com a umidade e garantir a não ocorrência de corrosões excessivas, materiais aderidos, deformações ou dobramentos (antes da montagem).

Tabela 4 – Características químicas dos cimentos nacionais

Cimento Portland	Tipo de adição	Sigla tipo-classe	Ensaio químicos - limites normativos						Norma ABNT
			RI*	PF	MgO	SO ₃	CO ₂		
Alto-forno	Escória (35-70%)	CP III - 32 CP III - 40	-	≤4,5	≤1,5	≤4,0	≤3,0	NBR 5735	
Pozolânico	Pozolana (15-50%)	CP IV - 32	-	≤4,5	≤6,5	≤4,0	≤3,0	NBR 5736	
Alta resistência inicial	Material carbonático (até 5%)	CP V - ARI	1,0	≤4,5	≤6,5	C ₃ A do clínquer (8%) ≤3,5	C ₃ A do clínquer (>8%) ≤4,5	≤3,0 NBR 5733	
Resistente a sulfatos	Estes cimentos são designados pela sigla original acrescida de "RS". Ex: CP V-ARI-RS, CP III-32 RS		Estabelecidos de acordo com o tipo de cimento					NBR 5737	

*RI - resíduo insolúvel



Figura 1 – Não conformidade no recebimento de rolos de cordoalhas. (A) Rolo tombado (B) Detalhe do desalinhamento do rolo de cordoalha

Outro fator importante é a rastreabilidade do aço, onde a identificação da etiqueta deve estar correlacionada com o relatório de ensaio recebido que acompanha o produto e com os lotes de peças produzidas.

A análise da qualidade do aço deve ser verificada nos

relatórios de ensaio fornecidos no momento da entrega, sendo os resultados analisados em relação aos limites normativos (Tabelas 5 e 6).

Este parâmetro de controle é de fundamental importância para obtenção das características mecânicas das

Tabela 5 – Especificações técnicas de barras e fios de aço para concreto armado. ABNT NBR 7480:1996

Categoria do aço	Ensaio de tração (valores mínimos)			Ensaio de dobramento a 180°	
	Resistência característica de escoamento L.E* (MPa)	Limite de resistência L.R** (MPa)	Alongamento em 10φ A (%)	Diâmetro do pino (mm) φ < 20 φ ≥ 20	
CA-25	≤250	1,2.f _y	18	2 φ	4 φ
CA-50	≤500	1,1.f _y	8	4 φ	6 φ
CA-60	≤600	1,05.f _y	5	5 φ	-

* L.E.: valor do limite superior de escoamento ou f_y - **L.R: limite de resistência (fst) deve ser superior a 660 MPa

Tabela 6 – Especificações técnicas de cordoalhas (relaxação baixa) para concreto protendido. ABNT NBR 7483:2003

Cordoalha	Diâmetro nominal (mm)	Área nominal da seção de aço (mm ²)	Massa nominal "peso por metro" (kg/1.000m)	Carga mínima de ruptura (kN)	Carga mínima a 1% de alongamento (kN)	Alongamento sob carga (em 600mm) (%)
CP 190 RB 3x3,0	6,5	21,5 - 22,8	171,0	40,8	36,7	3,5
CP 190 RB 3x3,5	7,6	30,0 - 31,8	238,0	57,0	51,3	3,5
CP 190 RB 3x4,0	8,8	37,6 - 39,8	304,0	71,4	64,3	3,5
CP 190 RB 3x4,5	9,6	46,2 - 48,9	366,0	87,7	78,9	3,5
CP 190 RB 3x5,0	1,1	65,7 - 69,6	520,0	124,8	112,3	3,5
CP 190 RB 9,5	9,5	54,9 - 57,3	441,0	104,3	93,9	3,5
CP 190 RB 12,5	12,7	98,6 - 102,9	792,0	187,3	168,6	3,5
CP 190 RB 15,2	15,2	139,9 - 146,3	1.126,0	265,8	239,2	3,5



Figura 2 – Etiquetas de identificação em rolos de aço - detalhe do número da corrida para rastreabilidade do produto

cordoalhas empregadas no processo de protensão, pois devem ser empregadas no cálculo do valor teórico de alongamento a ser verificado no final da operação de protensão.

2.4 CONTROLE DE RECEBIMENTO DE ADITIVOS PARA CONCRETO

Os aditivos químicos são produtos capazes de modificar as propriedades do concreto no estado fresco e endurecido.

No recebimento do aditivo, o fornecedor deve apresentar um relatório de conformidade do produto, para que o responsável capacitado segundo a Norma de Qualificação de Pessoal de Controle Tecnológico de Concreto (ABNT NBR 15146:2011), definido pela qualidade, realize uma análise comparativa dos dados técnicos do produto frente aos requisitos gerais exigidos na ABNT NBR 11768:2011.

No momento da descarga do aditivo no reservatório de armazenamento, deve-se obter uma amostra penhor mínima de 1litro do produto, sendo sua coleta realizada a partir de 3 amostragens em pontos distintos (início ao fim da descarga). A partir destas, deve ser composta a amostra penhor final de maneira a representar o lote recebido (ABNT NBR 11768:2011).

A amostra deve ser armazenada em recipientes limpos, hermeticamente fechados, identificados e armazena-

dos em local isento de umidade e calor por um período de 1 ano. Esta amostra deve ser submetida à avaliação visual pelo responsável capacitado para verificação da homogeneidade e cor.

2.5 CONTROLE DA ÁGUA DE AMASSAMENTO E DE CURA DO CONCRETO

A qualidade da água a ser empregada no processo, produção e cura do concreto também deve ser avaliada a fim de garantir o desempenho do mesmo.

A presença de impurezas na água pode influenciar não só negativamente na resistência à compressão do concreto, mas também no tempo de pega ou causar manchamento da superfície e eflorescências, ou ainda, resultar na corrosão da armadura ou ataque químico interno da microestrutura do concreto (BATTAGIN e BATTAGIN, 2010).

Desta maneira, deve ser realizada a coleta de uma amostra e envio a um laboratório externo para que sejam realizadas as análises físico-químicas, conforme estabelecido na ABNT NBR 15900:2009.

Caso a água não atenda as especificações normativas referentes as análises qualitativas e químicas, deve-se proceder seu tratamento para garantia de utilização no concreto.

Este ensaio deve ser realizado anualmente e em casos de alteração da fonte de abastecimento de água para emprego no concreto.

2.6 CONTROLE DO CONCRETO PRODUZIDO

2.6.1 Controle tecnológico do concreto

O controle tecnológico do concreto deve ser realizado por meio de ensaios no estado fresco e endurecido para verificação das propriedades estabelecidas no estudo de dosagem e especificadas em projeto.

Dentre os ensaios do concreto no estado fresco é convencionalmente realizada em campo a verificação da consistência pelo abatimento de tronco de cone (slump-test), no concreto convencional vibrado, e espalhamento (slump-flow), para o concreto autoadensável (CAA).

A ABNT NBR 12655:2006, que tem foco na resistência característica do concreto para fins de verificação da segurança, não leva em conta de forma específica as particularidades da indústria do concreto pré-moldado e não estabelece os critérios de resistência nem de amostragem para o controle das resistências iniciais do concreto, determinante para o processo, posto que as estruturas pré-moldadas, em função das situações transitórias já citadas anteriormente, antes de 14 dias já poderão estar montadas e sujeitas inclusive ao carregamento final da estrutura.

O único requisito estabelecido para as resistências iniciais se aplica a peças protendidas, que devem atingir 21 MPa para desprotensão, item 9.2.5.3 da ABNT NBR 9062:2006. Adicionalmente, a fim de que houvesse um parâmetro para as auditorias do selo de Excelência AB-CIC neste quesito, a comissão de credenciamento do selo (CCRED), da qual participam representantes das entidades como SINDUSCON, ABNT, ABECE e ABCP, a fim de preservar as interfaces da normalização, projetistas, fornecedores de matéria-prima e clientes, bem como a credibilidade do Selo, estabeleceu um critério temporário até a revisão das normas pertinentes, ora em andamento, e que possivelmente devem convergir para a análise mais aprofundada do tema e possível estabelecimento na ABNT NBR 9062:2006.

Destaca-se que a intenção inicial da CCRED foi de que as resistências de liberação das peças, independente de serem armadas ou protendidas, fossem avaliadas antes das atividades subsequentes. A CCRED considerou ainda que a indústria possui misturadores de alta eficiência (capaci-

dade usual de 1m^3), que asseguram não somente a homogeneização mais efetiva da mistura do concreto, como também o controle de identificação e rastreabilidade desde a qualificação dos materiais componentes do concreto até a montagem da estrutura, o controle dimensional das peças e cobrimentos, tudo em ambiente contínuo e controlado.

Os valores usualmente estabelecidos para resistência à compressão para desforma ou liberação da protensão seguem apresentados abaixo:

- peças armadas: $f_{cj} \geq 15,0\text{MPa}$;
- peças protendidas: $f_{cj} \geq 21,0\text{MPa}$;
- lajes alveolares protendidas: $f_{cj} \geq 28,0\text{MPa}$.

Ressaltamos que os valores acima são utilizados pela empresa onde atuam os autores, entretanto, condicionados ao alinhamento com o projetista da estrutura, conforme estabelecido em norma, ABNT NBR 9062:2006.

As demais idades usualmente empregadas para controle de resistência do concreto aplicado aos elementos pré-fabricados são 7 dias e f_{ck} a 28 dias, lembrando que se considera o maior valor de resistência entre dois ou mais corpos de prova representativos de um exemplar para uma mesma idade.

Estes corpos de prova devem ser sazoados em cura em câmara úmida ou imersos em tanques de água, conforme prescrito na ABNT NBR 5738:2008 e ABNT NBR 9479:2006.

Outro fator importante é a rastreabilidade do traço empregado na produção das peças. Para tanto, usualmente é estabelecida a correlação do lote aplicado na pista de produção com as peças presentes na fôrma.

Em casos de ocorrência de valores de resistência abaixo do especificado em projeto, aguarda-se um período maior antes da liberação das peças e utiliza-se outro par de corpos de prova - quando possivelmente a resistência já tenha sido atingida, para então proceder a liberação. Observa-se o cuidado de que o par destinado para a idade de f_{ck} de 28 dias nunca se perca. Sempre, pois é inviável a amostragem a 100%, a resistência característica do concreto à compressão de cada lote deve ser obtida pelo emprego do estimador da ABNT NBR 12655:2006, considerando lotes com amostragem parcial, própria do ambiente industrial.

Em termos do controle do concreto produzido, a análise estatística por meio do desvio padrão é o principal instrumento de avaliação da estabilidade do processo e uniformidade do concreto produzido, sendo a determinação deste parâmetro realizado conforme a ABNT NBR 12655:2006. A ABNT NBR 9062:2006 estabelece que as indústrias



Figura 3 – Ensaio de espalhamento (slump-flow)

(Pré-Fabricado) devem atender um desvio padrão máximo de 3,5Mpa, para concretos fluídos, e de 4,0 MPa para concretos de slump zero, aos 28dias

Outro parâmetro importante é o controle das operações de ensaio, que devem ter desvio padrão igual ou inferior a 1MPa.

2.6.2 Condições de controle do concreto de alto desempenho (CAD) e autoadensável (CAA)

Atualmente, o emprego do concreto autoadensável e de alto desempenho vem tornando-se frequente na indústria de pré-moldados, em virtude dos requisitos de projeto em termos de resistência.

A aplicação do CAA no processo requer um exigente controle de umidade do agregado miúdo para preservar as

características originais do traço. Este controle pode ser realizado pelo ensaio no frasco de Chapman ou com o emprego de sensores de umidade nas baias e no fundo do misturador. No desenvolvimento dos traços de concreto CAA, que tem por natureza um alto teor de argamassa, deve-se ressaltar a necessidade de ensaios de módulo de elasticidade.

Após o preparo do CAA no misturador, realiza-se o ensaio de espalhamento (slump-flow) para verificação da trabalhabilidade e ocorrência de segregação ou exsudação da mistura, que exige uma correção imediata do concreto, conforme a ABNT NBR 15823:2010.

2.6.3 Controle da cura térmica do concreto

A cura do concreto é conhecida como o conjunto de medidas que tem por finalidade evitar a evaporação prematura da água necessária para a hidratação do cimento, que é responsável pela pega e endurecimento do concreto (BARDELLA, et.al., 2005). Dentre os processos de cura aplicada ao concreto, destacam-se: a cura ao ar, cura química e a cura térmica.

Na indústria de concreto pré-fabricado, destaca-se o emprego da cura térmica a vapor com o objetivo de acelerar a resistência do concreto em peças protendidas e em situações onde há diminuição da temperatura ambiente em função do clima.

Segundo SANTOS (2010), a cura térmica é um processo que submete o concreto a uma temperatura superior à ambiente, sendo esse “aquecimento” o objetivo principal para

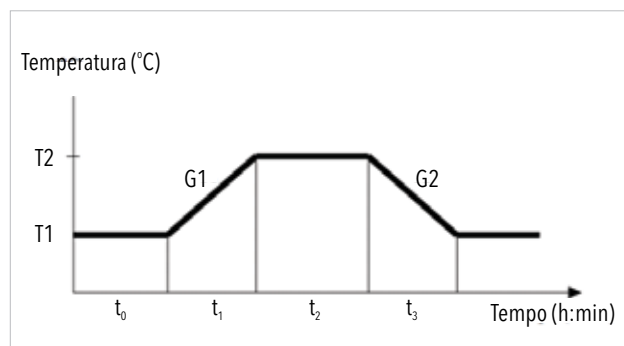


Figura 4 – Ciclo clássico da cura térmica a vapor (CAMARINI, 1995)

acelerar as reações de hidratação do cimento, tendo como resultado o ganho de resistência, para que o concreto possa ser manuseado nas primeiras idades.

O ciclo de cura térmica a vapor comumente empregado no concreto segue apresentado na Fig. 4.

Neste ciclo, têm-se os seguintes condicionantes:

- T1 – temperatura ambiente (°C);
- T2 – temperatura máxima atingida no ciclo (°C) - deve ser inferior a 70°C (ABNT NBR 9062:2006);
- t_0 – período de espera -período de tempo decorrido entre a mistura do aglomerante com a água e o início do aquecimento; deve coincidir com o tempo de pega do concreto;
- t_1 – período de elevação da temperatura (h:min) -aumento controlado da temperatura de cura (em gradiente controlado), não podendo ser superior a 20 °C/h (ABNT NBR 9062:2006);
- t_2 – período de manutenção da temperatura (h:min), conhecido como “patamar de cura”, onde a temperatura (<70°C) do concreto deve ser mantida constante e por um período determinado até que o concreto atinja a resistência desejada;
- t_3 – período de esfriamento (h:min) - diminuição controlada da temperatura das peças até a temperatura ambiente (no máximo 30°C/h) conforme ABNT NBR 9062:2006;
- G1 – Gradiente de aquecimento;
- G2 – Gradiente de resfriamento.

É importante lembrar que o ciclo apresentado deve ser respeitado para evitar problemas de perda de resistência do concreto ou manifestações patológicas do tipo retração hidráulica e reações internas que podem ocasionar fissuração na superfície do concreto.

O tempo de espera mínimo (2h) deve ser respeitado para evitar problemas de diminuição de resistência e afetar no acabamento superficial do concreto. As taxas de elevação e resfriamento de temperatura também devem ser obedecidas. O patamar de cura não deve ser superior a 70°C, uma vez que temperaturas acima deste valor podem ocasionar formação de etringita tardia (DEF) e a consequente fissuração no concreto ao longo do tempo, comprometendo a capacidade estrutural da peça.

No processo industrial, antes do início do lançamento do vapor na fôrma metálica, deve ser lançada uma lona sobre a mesma para garantia do confinamento do vapor nas peças.

O controle de temperatura necessita ser monitorado diretamente no concreto da primeira e da última peça de uma mesma pista de produção, sendo a temperatura medida de forma manual com emprego de termômetro de haste com registro de dados em planilhas de controle ou por meio de “datalogger” com sensor de temperatura para maior precisão dos dados coletados.

3. CONTROLE DE PROCESSO DE PRODUÇÃO

3.1 PROCESSO DE PROTENSÃO DE PEÇAS DE CONCRETO PRÉ-FABRICADO

O procedimento de protensão é uma operação importante para garantia da força de protensão especificada em projeto. O controle tecnológico da operação envolve basicamente dois parâmetros: a tensão lida no manômetro acoplado ao macaco de protensão e o alongamento teórico do cabo.

A força de protensão especificada em projeto é um parâmetro que necessita ser convertido em tensão de protensão para ser aplicada diretamente na cordoalha pelo macaco de protensão.

Para tanto, inicialmente deve-se converter a força de projeto em força real a ser aplicada no macaco de protensão ajustada pela função de calibração obtida a partir dos dados indicados no laudo de calibração (equação 1). A partir deste valor, determina-se a tensão de protensão (equação 2):

$$F_R = A \cdot F_p + B \quad [1]$$

$$\text{Tensão} = \frac{F_R}{A_{\text{pistão}}} \quad [2]$$

onde:

F_R : força real do macaco de protensão (kN);

A e B: constantes determinadas na calibração;

F_p : força de protensão de projeto (kN);

$A_{\text{pistão}}$: Área do pistão do macaco (cm²).

O parâmetro alongamento é verificado na cordoalha após a aplicação da tensão de protensão. O cálculo do alongamento é realizado a partir das características físico-mecânicas da cordoalha (item 2.3), sendo expresso:

$$Al = \frac{F_p \cdot L_{\text{pista}}}{E \cdot A_c} \quad [3]$$

onde:

Al: alongamento (m);

Lpista: comprimento da pista de protensão (m);

E: módulo de elasticidade da cordoalha (GPa);

Ac: área da cordoalha (m²).

Em termos de operação da protensão, após o posicionamento dos cabos de cordoalha na pista de protensão, deve-se aplicar uma tensão prévia no cabo de protensão para eliminar o efeito de catenária. Após isto, ocorre a calibração do curso do macaco de protensão com base no valor de tensão calculado. Realiza-se a marcação de referência do alongamento com marcador industrial na cordoalha e, após a aplicação da tensão pelo macaco, realiza-se a verificação do alongamento.

3.2 CONTROLE DIMENSIONAL

Um aspecto importante e fundamental para os elementos produzidos refere-se à garantia do cobrimento do concreto para proteção da armadura, fundamental para a durabilidade do elemento estrutural.

A indústria de pré-fabricados de concreto caracteriza-se pelo rigoroso controle dimensional realizado dentro das tolerâncias globais admissíveis para produção e montagem, conforme item 5.2.2 da norma ABNT NBR 9062:2006.

4. CONCLUSÃO

O presente trabalho possibilitou uma abordagem do controle tecnológico dos principais itens envolvidos na

cadeia de produção da indústria do concreto pré-fabricado.

Destacam-se, pelas particularidades, os processos que envolvem o controle tecnológico de produção considerando as fases transitórias, etapas em que há importante solicitação dos elementos pré-fabricados, a fim de se evitar manifestações patológicas, o controle do concreto autoadensável, o emprego de cura térmica a vapor, comum na indústria visando acelerar as resistências iniciais, mas que não pode ser aplicada sem os devidos cuidados, e a protensão face ao grande uso desta tecnologia que visa redução da fissuração, possibilita maiores vãos, bem como redução mecânica das seções, o que também é importante considerando o transporte e capacidade dos equipamentos de montagem.

Foi evidenciado que o Selo de Excelência ABCIC possui grande interface com a normalização existente no Brasil e pode contribuir para o aprimoramento e maior abrangência das normas brasileiras. Sem dúvida, o crescimento do setor, estimado em 15% ao ano (Anuário ABCIC 2012) em diferentes segmentos, evidencia que a adoção de sistemas construtivos industrializados tem sido cada vez maior e, portanto, deverá ocorrer uma maior mobilização nesse sentido nos próximos anos.

O Selo de Excelência ABCIC é um programa que padroniza as práticas das empresas participantes, sendo indutor de significativas melhorias, não somente o cumprimento de requisitos normativos, mas exigindo também a adoção de boas práticas. Como todo o programa de certificação, está associado à melhoria contínua e vem se aprimorando cada

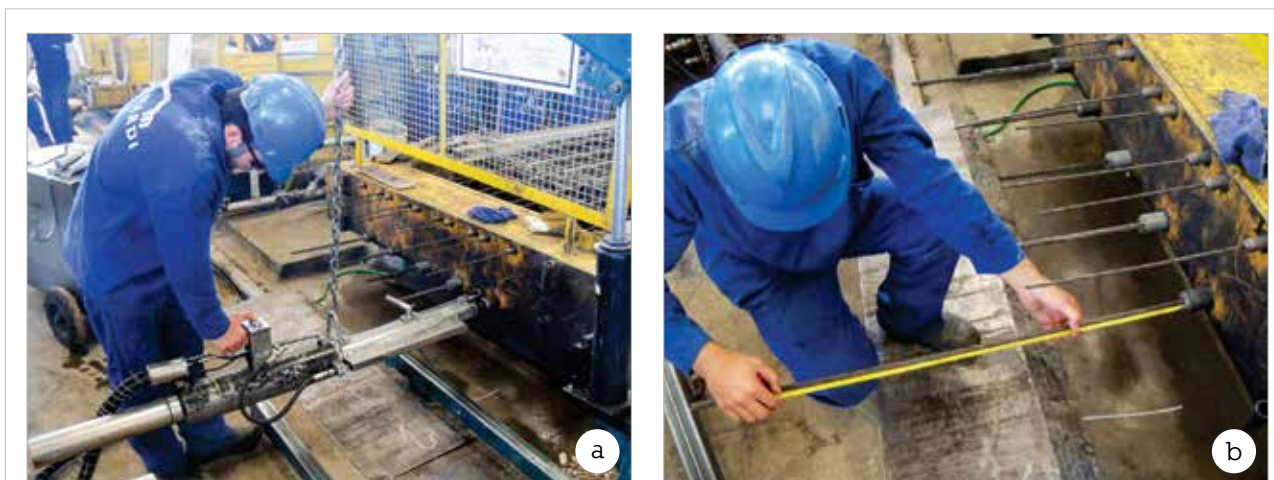


Figura 5 – Operação de protensão (A) Protensão na cordoalha (B) Medição do alongamento

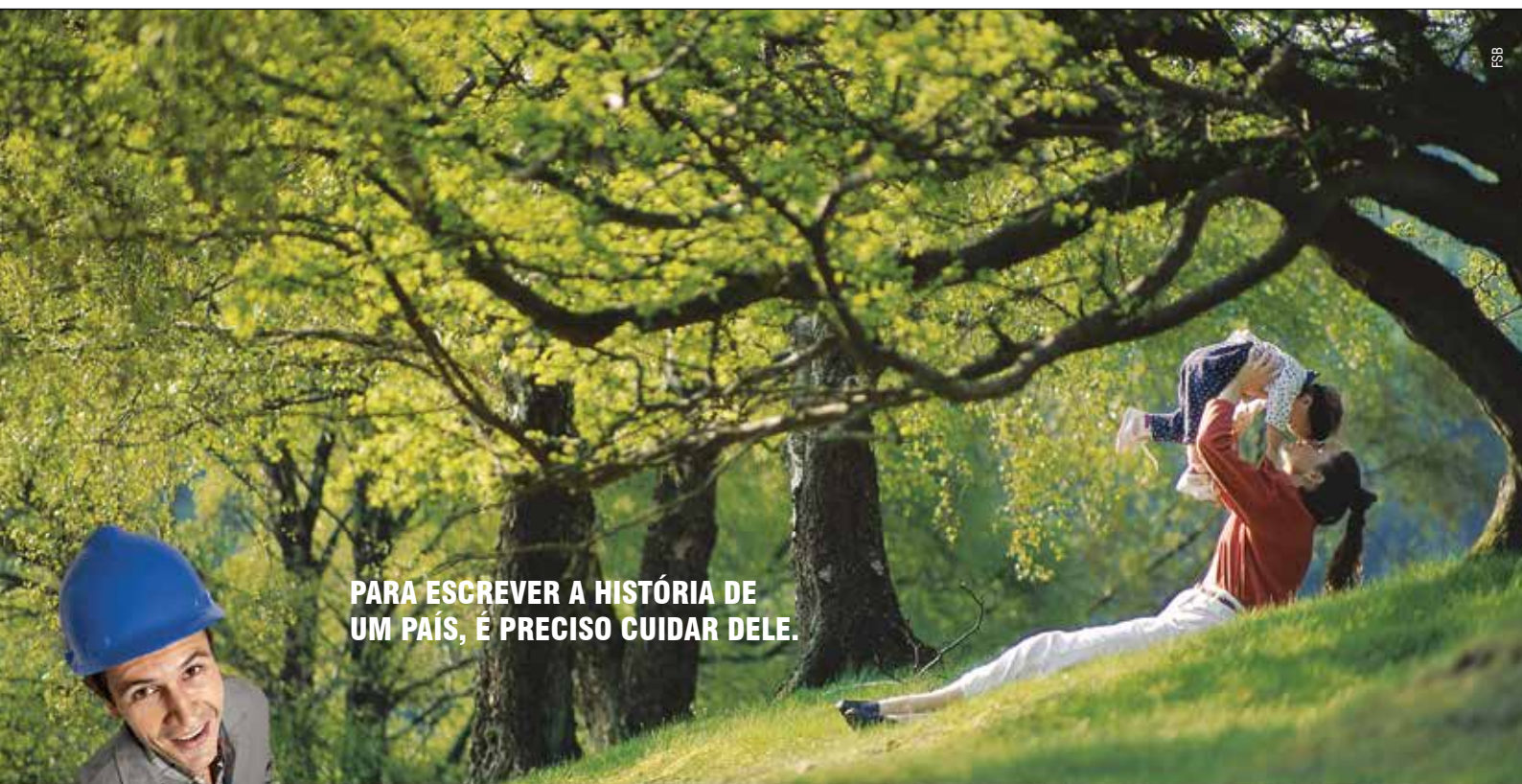
vez mais, sendo uma via de duas mãos, recebendo contribuição das comissões de norma e também contribuindo com as mesmas, não somente no Brasil, mas também internacionalmente, com os representantes do setor na comissão de pré-fabricados da fib (Federação Internacional do Concreto).

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a oportunidade durante a revisão deste artigo de relacionamento com a ABCIC, ABNT/CB-18 e IBRACON e inestimável contribuição do engenheiro e professor Paulo Helene e das engenheiras Inês Battagin e Íria Doniak.

Referências Bibliográficas

- [01] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA DE CONCRETO - ABCIC. Documentos integrantes do sistema de gestão do Selo Excelência ABCIC. São Paulo, 2003. Disponível em: http://www.abcic.org.br/selo_excelencia.asp. Acesso em: 09 de novembro de 2013
- [02] BATTAGIN, A.F, BATTAGIN, I.L.F. A norma brasileira de água de amassamento do concreto – uma contribuição para a sustentabilidade, Revista Concreto e Construção, Ed.58, São Paulo, IBRACON, 2010.
- [03] BARDELLA, P.S, BARBOSA, D.C, CAMARINI, G. Sistemas de Cura em Concretos Produzidos com Cimento Portland de Alto-Forno com Utilização de Sílica Ativa, 1 ENPPP, São Carlos, 2005.
- [04] DONIAK, I.L.O, GUTSTEIN, D. Concreto: Ciência e Tecnologia. IBRACON, Isaia, Geraldo Cechella (editor), São Paulo, p.1603-1609, 2011
- [05] HELENE, P.R.L. & TERZIAN, P. Manual de Dosagem e Controle do Concreto. PINI Editora. São Paulo, 1993.
- [06] MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: estrutura, propriedades e materiais. São Paulo: PINI, 2008. 674 p.
- [07] SANTOS, L.F. A influência do patamar de cura térmica sobre a resistência dos concretos auto-adensáveis elaborados com diferentes tipos de cimento: avaliação pelo método da maturidade. Dissertação (Mestrado em Materiais e Processos de Fabricação - Eng. Mecânica) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2010. ●



PARA ESCREVER A HISTÓRIA DE UM PAÍS, É PRECISO CUIDAR DELE.

Para um país crescer, é preciso investimento. Mas é necessário também pensar no meio ambiente, na sociedade e nas futuras gerações.

A indústria do cimento investe em qualidade e utiliza as tecnologias mais avançadas para promover um desenvolvimento sustentável. Colabora ainda para tornar o meio ambiente mais limpo com o co-processamento: a destruição de resíduos industriais e pneus em seus fornos.

Onde tem gente tem cimento.

Panorama e perspectivas do concreto no Brasil

ELIANA TANIGUTI – DIRETORA

e8 INTELIGÊNCIA

VALTER FRIGIERI – DIRETOR DE MERCADO

CLAUDIO OLIVEIRA SILVA – GERENTE DE INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE

HUGO RODRIGUES – DIRETOR DE COMUNICAÇÃO

ABCP

O setor do concreto compõe a maior cadeia produtiva da construção civil, uma vez que seu uso ocorre em praticamente todas as obras do país.

Apesar desta importância, tanto técnica quanto econômica e social, não existem dados setoriais e informações estruturadas sobre esse mercado.

Nesse âmbito, a ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), juntamente com a e8 inteligência, empresa especializada em estudos e pesquisas de mercado na construção civil, traçaram um panorama deste relevante setor.

Para isso, foram entrevistados mais de 85 profissionais reconhecidos no meio, complementados com questionários padronizados e segmentados para cada grupo de empresa. Os resultados das respostas obtidas através de questionário são apresentados no gráfico 1.

Neste artigo serão apresentados alguns resultados da pesquisa. O relatório completo contempla uma série de indicadores representativos do setor, como correlação de produção de concreto com diversos fatores de produção, como número de caminhões, de funcionários e de bombas.

Além disso, é analisada a visão de outros elos da cadeia, como as construtoras, os laboratórios, os fornecedores de matéria-prima e de equipamentos.

1. O MERCADO DE CONCRETO

O crescimento da construção civil foi particularmente positivo para as centrais dosadoras de concreto, conhecidas no mercado como concreteiras.

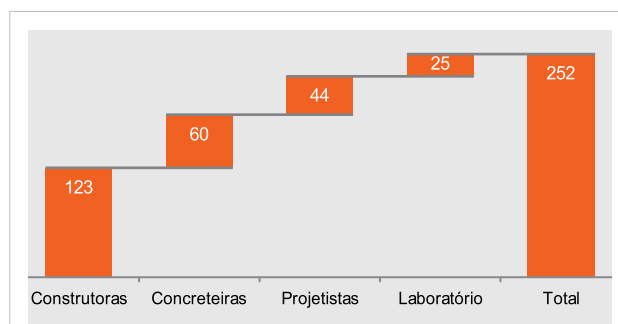


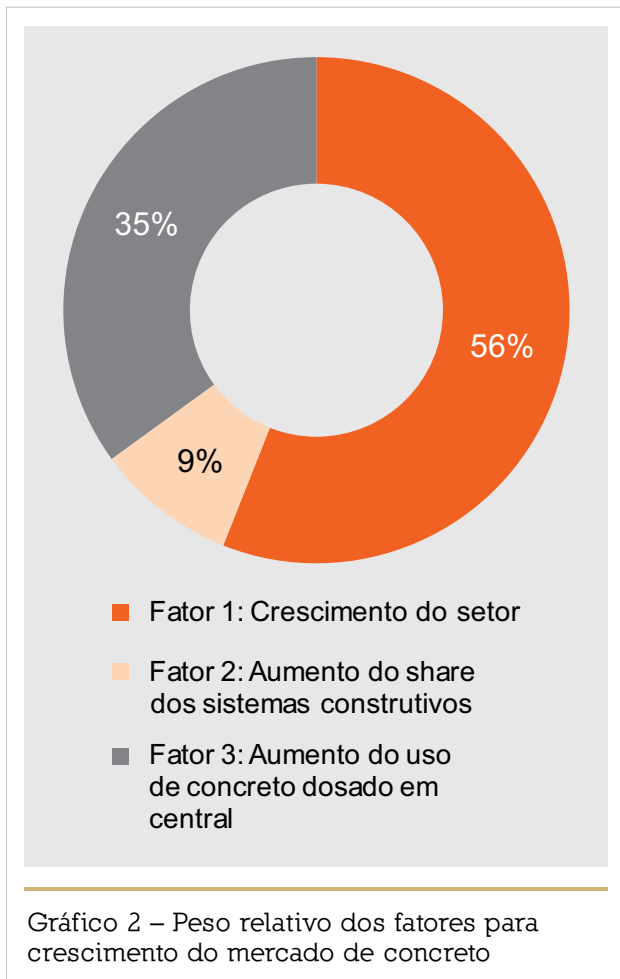
Gráfico 1 – Quantidade de empresas participantes da pesquisa através de questionário padronizado

De acordo com dados divulgados pelo SNIC (Sindicato Nacional da Indústria de Cimento), entre 2005 e 2011 o consumo de cimento cresceu mais de 70%. Nesse mesmo período, estima-se que o crescimento do concreto dosado em central foi maior que 150%.

O aumento expressivo de concreto dosado em central pode ser atribuído a três principais fatores:

- **Fator 1** - crescimento geral da construção, principalmente do setor de edificações;
- **Fator 2** - crescimento de *share* de mercado dos sistemas à base de concreto;
- **Fator 3** - crescimento da industrialização e da formalização na construção, deslocando a atividade de produzir concreto em obra para adquirir de centrais.

Até através de correlações de dados macroeconômicos, como PIB do Brasil, PIB da construção, dados do



IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), SNIC, analisamos o peso relativo de cada um desses fatores para o crescimento do mercado de concreto (Gráfico 2).

A partir da percepção sobre o futuro da economia brasileira e do setor da construção, estudos realizados por algumas consultorias, foram projetados os seguintes valores para o PIB Brasil e para o PIB Construção para os próximos cinco anos:

- PIB Brasil: 20,6%
- PIB Construção: 16,3%

Considerando esse cenário e o modelo simplificado desenvolvido pela e8 inteligência para o setor de concreto, estimou-se um crescimento de 41,2% do concreto dosado em central no período de 2013-17, representando uma taxa anual de crescimento de 7,1%, contra uma taxa anual de 17% nos cinco anos anteriores.

Vale lembrar que essa projeção foi realizada a par-

tir do modelo simplificado que não se propôs a desenvolver um modelo econométrico.

2. PERFIL DAS CONCRETEIRAS PESQUISADAS

A análise das concreteiras abordou aspectos como porte, logística, escolha de fornecedores e controle de qualidade. Em todos os resultados foram apresentados o comportamento conforme o porte das concreteiras.

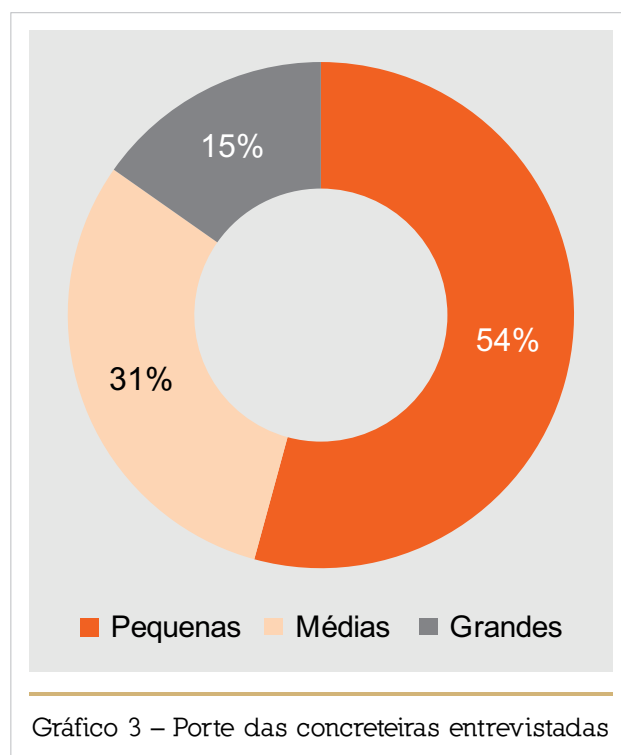
Os parâmetros adotados para definição do porte das concreteiras foram:

- Pequeno porte – até 100 mil m³/ano;
- Médio porte – acima de 100 mil e abaixo de 500 mil m³/ano;
- Grande porte – acima de 500 mil m³/ano.

O Gráfico 3 mostra o porte das concreteiras entrevistadas.

O Gráfico 4 apresenta indicadores de produtividade de cada grupo de empresa, segundo seu porte. Em relação ao volume médio transportado por caminhão, o valor considerado como adequado para a operação de uma central é de cerca de 26 m³/dia por caminhão betoneira ou 3,5 viagens.

Uma concreteira tem capacidade de produzir uma grande variedade de tipos de concreto, dependendo da necessidade de cada obra em relação ao desempenho da estrutura, tipo de aplicação ou do processo de lan-



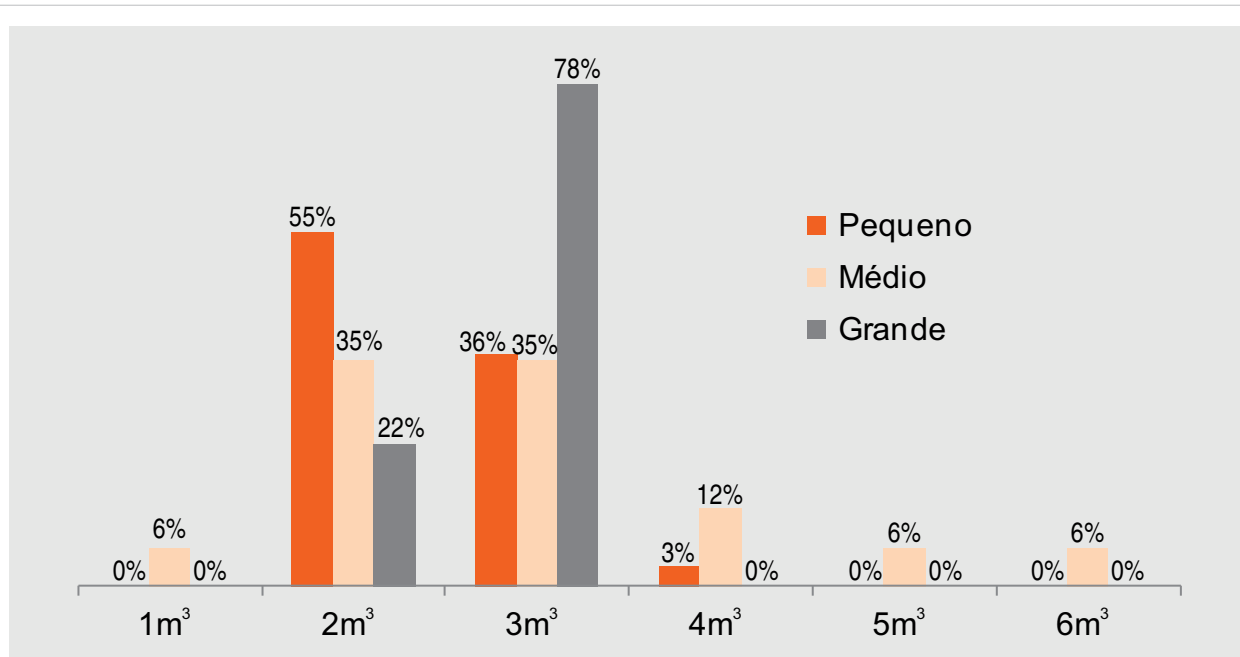


Gráfico 4 – Volume mínimo de entrega do concreto por dia por caminhão

çamento e adensamento. Os tipos de concreto mais citados pelas empresas estão no Gráfico 5.

O controle de qualidade na central de concreto tem início na elaboração da dosagem do concreto. Além da qualidade do produto final, o resultado das empresas pode ser impactado por dosagens não otimizadas e por reclamações e retrabalhos oriundos do não atendimento das características do concreto especificadas pelo cliente.

O gráfico 6 apresenta a diferença de atuação entre os grupos, classificados por porte. As grandes empresas possuem 100% de pessoal próprio para cuidar da elaboração das dosagens do concreto. Este número cai para 67% nas empresas de médio porte e para 30% nas de pequeno porte.

As concreteiras controlam a qualidade dos concretos produzidos principalmente pela verificação da resistência à compressão do concreto por meio da moldagem e ruptura de corpos de prova cilíndricos.

No gráfico 7, verifica-se que 67% das empresas de pequeno porte controlam o concreto moldando, na central, corpos de prova de cada caminhão que sai carregado. Este tipo de amostragem total é inviável para as empresas com maior volume de produção; nestes casos, a melhor opção é o controle estatístico dos diferentes concretos produzidos, conforme previsto na NBR 7212.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O setor da construção civil cresceu de forma bastante acelerada nos últimos anos. Particularmente para as concreteiras, o faturamento praticamente triplicou, alavancado por uma demanda crescente de concreto dosado em centrais. Esse salto de volume foi atendido pelos antigos players, que aumentaram sua capacidade de atendimento, mas também por novas empresas no setor que, facilitadas pela baixa barreira de entrada, rapidamente ampliaram a capacidade de oferta. Investimentos significativos foram feitos, gerando novas centrais e ampliando as antigas.

A atualização e a criação de novas normas ligadas aos concretos dosados em central potencializam a qualidade e um melhor uso do concreto.

Embora o concreto possa ser solicitado com uma variedade de requisitos específicos, na prática as especificações continuam centradas na resistência e abatimento do concreto.

A penetração de novos tipos de concretos nas obras também foi bastante reduzida. No entanto, observa-se nas respostas da pesquisa um bom potencial do uso do concreto autoadensável. Na pré-fabricação, o concreto autoadensável já tem uma participação considerável e o desafio é estimular seu uso nos demais segmentos.

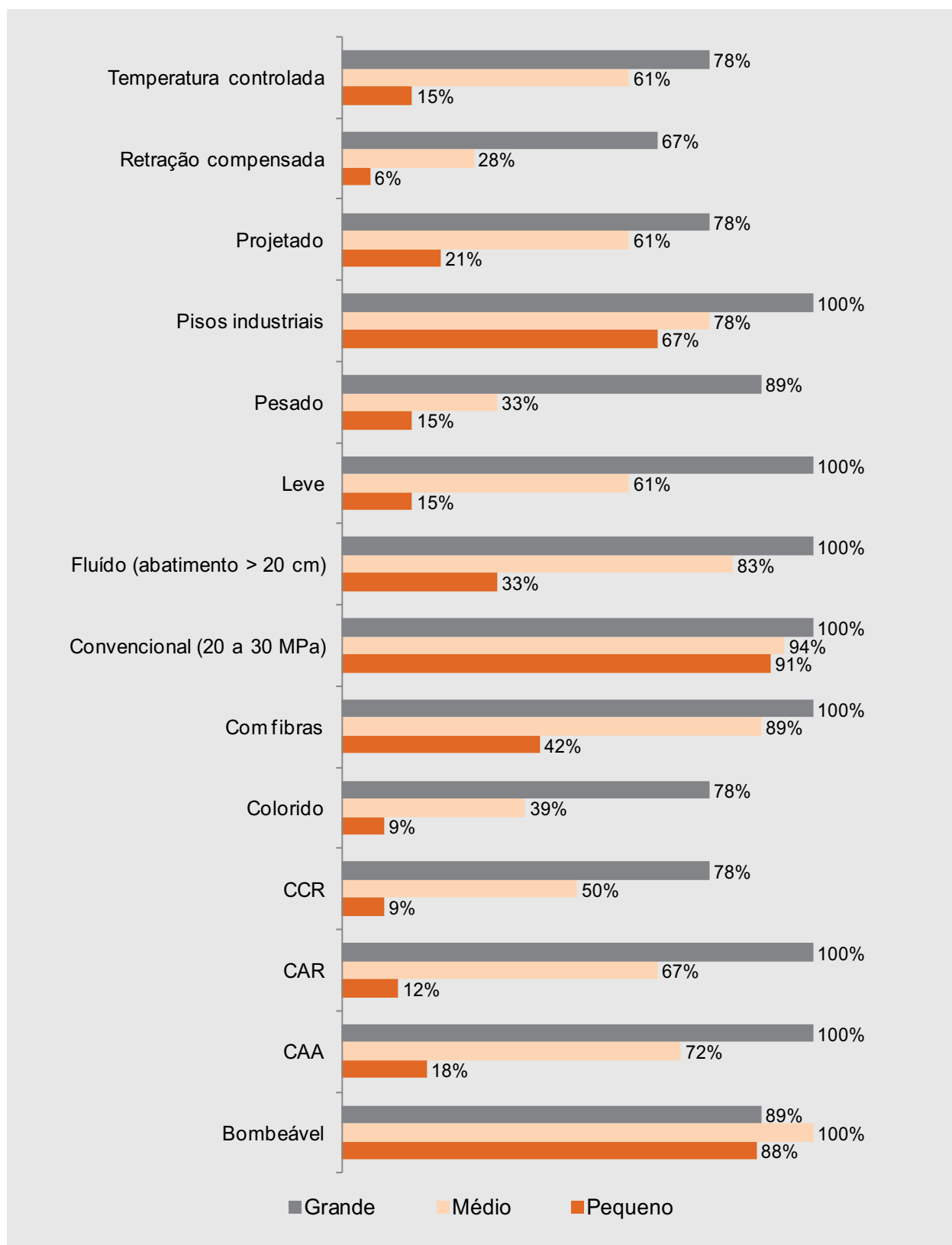


Gráfico 5 – Tipos de concreto comercializados

Em relação ao futuro, profissionais indicaram diversas melhorias para o setor, que podem ser resumidas nas seguintes linhas de trabalho:

- Aperfeiçoamento de processos já existentes, com o objetivo de melhorar a qualidade do concreto e diminuir a variabilidade ao longo do processo;
- Potencializar a reciclagem do concreto e aumentar o foco nas questões ambientais;
- Investir em formulações do concreto que utilize melhor a sua reologia;
- Criação do conceito de receitas granulométricas de agregados visando a otimização do concreto;
- Viabilizar comercialmente concretos de elevadíssimo desempenho e os concretos pós-reativos, que chegam a resistências de até 800 MPa, realidade hoje na Europa e em países da Ásia;
- Desenvolvimento para gerar novas funções no concreto, como, por exemplo, os concretos autorrecuperáveis e concreto com fibras com efeito memória.

Nossa visão é que no futuro o concreto continuará sendo um dos materiais mais importantes para a construção civil, mas precisará se moldar aos novos conceitos de sustentabilidade, potencializando a durabilidade, a resistência, o uso de materiais reciclados e a baixa geração de CO₂.

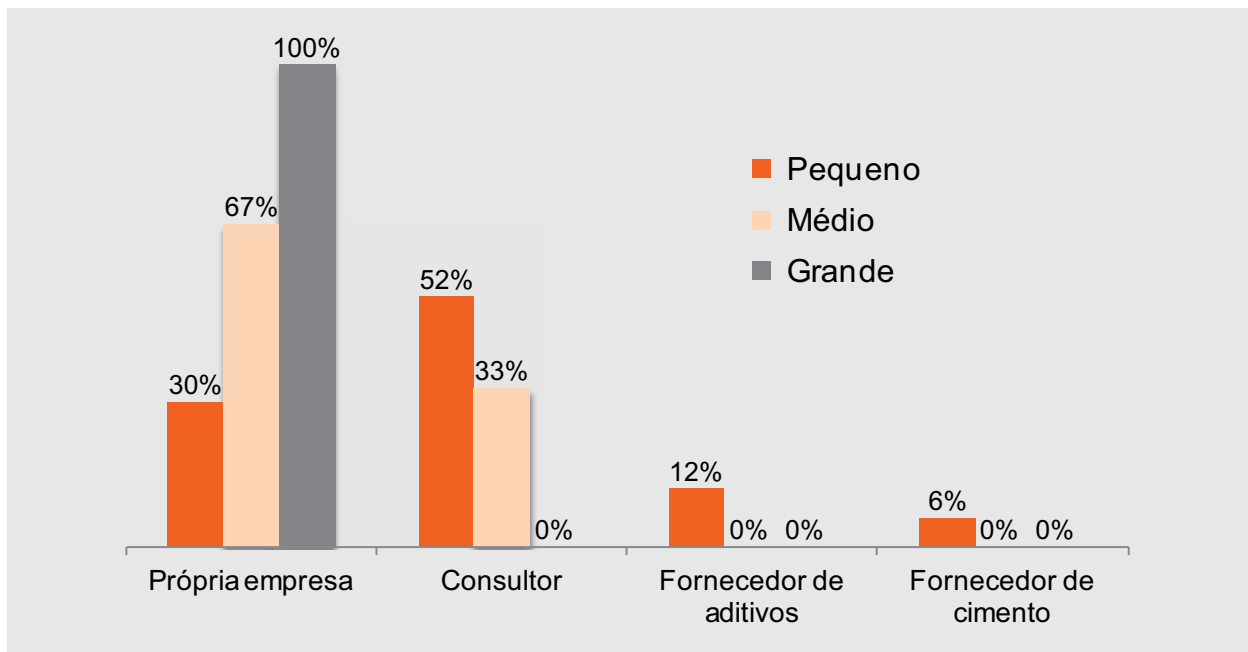


Gráfico 6 – Responsável pela elaboração das dosagens do concreto

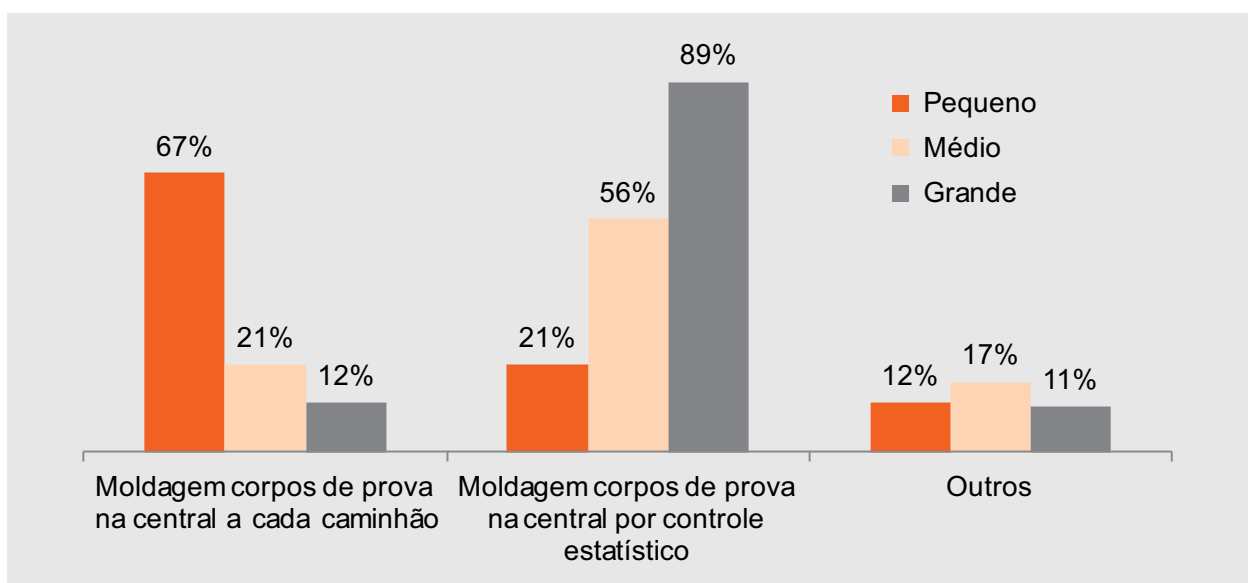


Gráfico 7 – Tipo de controle tecnológico realizado na central



PRESIDENTE DO IBRACON DÁ AS BOAS-VINDAS AOS CONGRESSISTAS DO 55º CBC

55º CBC REÚNE CO PARA CONHECER

Vindas das cinco regiões brasileiras, com destaque para o Sul (43%) e Sudeste (38%), e do exterior, com participação predominante de portugueses e espanhóis, o 55º Congresso Brasileiro do Concreto (55º CBC), maior evento técnico-científico nacional sobre o concreto e seus sistemas construtivos, contou com a participação de 1351 pessoas, entre tecnólogos de concreto, projetistas de estru-

ABNT NBR 6118 – EVOLUÇÃO

RELATO DE GUILHERME A. PARSEKIAN – MEMBRO DO COMITÊ EDITORIAL

A palestra teve início com a apresentação da Eng^a Suely Bueno, que destacou a importância da NBR 6118 para a ABNT, sendo essa o maior “best seller” entre as normas brasileiras. Comentou ainda a mudança de postura ocorrida na revisão atual, que foi realizada a partir de trabalhos de várias pessoas, com destaque ao grupo que criou o Manual de Práticas Recomendadas do IBRACON, cujo conteúdo foi amplamente discutido e aproveitado.

Na sequência, o Eng. Sérgio Hampshire fez abrangente relato das mudanças que ocorrerão nesta nova edição, com destaque para inclusão de especificações para concreto do grupo II (C55 a C90). Outros pontos destacados foram:

- a determinação de obrigatoriedade da avaliação de conformidade do projeto estrutural por profissional habilitado independente;
- inclusão de critério para especificações de elementos em contato com o solo e de lajes de concreto protendido visando a durabilidade;
- aprimoramento das especificações para determinação de módulo de elasticidade em função do tipo de agregado, com indicação de valores para idades menores que 28 dias e relação do módulo secante / tangente variável em função da resistência do concreto;
- diagramas tensão-deformação, resistência à tração, coeficientes de retração e de fluência alterados e com especificações variáveis em função da resistência de concretos até 90 MPa;
- inclusão de requisito de comprimento de ancoragem mínimo, permissão de traspasse de armaduras de tirantes e pendurais (com cuidados especiais), maior exigência de desempenho na resistência à tração de emendas realizadas com luvas;

- aumento de dimensões mínimas dos elementos de concreto armado, com destaque para mínima dimensão de pilar igual a 14 cm e mínima espessura de laje em balanço de 10 cm, além de inclusão de coeficiente adicional de segurança para esses balanços;
- considerações sobre modelagens numéricas compatíveis com o comportamento do concreto armado, incluindo verificações adequadas de plastificações;
- inclusão de tabelas de dimensionamento à flexão, de detalhes construtivos, de especificações detalhadas de modelos de bielas e tirantes;
- entre várias outras.

Na parte final, o Eng. Alio Kimura fez um resumo do passado, presente e de perspectivas futuras na NBR 6118, destacando que essa foi criada como NB1 há 73 anos e que o Brasil é o único país da América Latina com norma própria. Fazendo um relato da evolução histórica das



PROF. SÉRGIO HAMPSHIRE EM SUA PALESTRA NAS CONFERÊNCIAS PLENÁRIAS, OBSERVADO POR SELMO KUPERMAN (MEDIADOR) E SUELY BUENO



MUNIDADE DA CONSTRUÇÃO E DEBATER O CONCRETO

tura, professores de Engenharia Civil, Arquitetura e Tecnologia, profissionais técnicos do setor construtivo, representantes de empresas construtoras, de energia, de fabricantes de equipamentos e materiais para construção, de laboratórios de controle tecnológico, de órgãos governamentais e associações técnicas.

Promovido pelo Instituto Brasileiro do Concreto – IBRACON de 29 de outubro a 1ª de novembro de 2013, em Gra-

mado, no Rio Grande do Sul, o evento divulgou as pesquisas científicas e tecnológicas sobre o concreto e as estruturas de concreto em termos de produtos e processos, práticas construtivas, normalização técnica, análise e projeto estrutural e sustentabilidade.

“Como todo ano, percebi um grande evento, com expressivo número de participantes. A cidade escolhida e a

O, TENDÊNCIAS E DESAFIOS

edições de 1940, 60, 78, 2003 e agora 2013, foi destacado o trabalho de vários profissionais e alguns pontos marcantes, tais como:

- o fato da norma de 1940 ser a primeira no mundo a incluir especificações para dimensionamento à compressão no Estádio III;
- a adoção de estágio III para todas as solicitações e de valores característicos já a partir da versão de 1960, que é também marcada pela cooperação com o CEB (Comité Euro-Internacional du Béton);
- a inclusão da necessidade de verificação de efeitos de 2º ordem e a criação do Comitê Técnico do IBRACON na edição de 1978;
- a expressiva mudança ocorrida em 2003, com unificação das normas de concreto simples, armado e protendido em um único texto de 221 páginas e inclusão de vários novos requisitos e critérios de projeto, com destaque para os que visam a durabilidade e a avaliação da estabilidade global pelo gamaZ;
- a emenda realizada em 2007, que permitiu a aprovação da NBR 6118 com padrão internacional ISO a partir de 2008.

O processo de revisão atual teve início a partir de comentários emitidos no ENECE, em 2006. A partir dali, houve uma ampla participação,

com discussões ocorridas nos grupos virtuais, como Comunidade TQS e Calculistas Bahia, e com disponibilização de todos os textos e atas para livre acesso pela internet utilizando o sistema livelink da ABNT.

Foi comentada a baixa participação de representantes dos consumidores (construtoras) no processo, porém com boa participação de neutros e produtores, que emitiram opiniões e sugestões diversas. Em função da grande abrangência da norma, a unanimidade e perfeição nunca irão existir, porém o texto proposto reflete o consenso obtido nas discussões.

Alio indicou o resultado da consulta pública, com 72 aprovações e 11 reprovações e que a reunião para análise de votos deve ocorrer ainda este ano, com perspectiva de que a norma seja publicada em 2013, destacando que não haverá prazo de carência para adoção do novo texto. Também destacou que a norma será encaminhada para tradução, já que essa é reconhecida como norma ISO, o que também impõe a necessidade de revisão contínua a cada cinco anos. Finalizando, o engenheiro pediu que um maior número de pessoas participe objetivamente das contínuas revisões futuras. Itens a serem incorporados em próximas edições provavelmente incluem questões como sustentabilidade e colapso progressivo.

Durante a sessão de perguntas, o moderador da palestra, Eng. Selmo Kupperman, comentou que há o desafio de toda a comunidade técnica participar.

O professor Daniel Loriggio da UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina) parabenizou o trabalho realizado pelos apresentadores e manifestou que uma maior parcela da comunidade acadêmica poderia participar do processo de revisão de normas, caso houvesse valorização desse trabalho nos processos de avaliação dos programas de pós-graduação, o que hoje não ocorre. O Prof. Túlio Bittencourt, presidente do IBRACON, comentou que recebeu recentemente contato da CAPES pedindo para indicar tópicos de interesse da comunidade técnica e que, em sintonia com o comentário anterior, existe uma movimentação para maior valorização por parte da academia de trabalhos aplicados.



ENG. ALIO KIMURA É ATENTAMENTE OUVIDO POR AUDITÓRIO DURANTE SUA PALESTRA



CONGRESSISTAS PRESTIGIAM OS TRABALHOS APRESENTADOS EM SESSÃO PÔSTER

organização do evento foram excelentes, um local muito agradável e com boa infraestrutura, incluindo o Parque de Exposições da ExpoGramado”, avaliou o congressista Guilherme Parsekian, professor da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

Foram apresentados, em sessões plenárias e pôsteres, 466 trabalhos técnico-científicos desenvolvidos por estudantes e pesquisadores de instituições de ensino e pesquisa, bem como por profissionais de empresas brasileiras e estrangeiras. Este número total foi distribuído segundo os temas:

- Gestão e Normalização (9);
- Materiais e Propriedades (199);
- Projeto de Estruturas (36);
- Métodos Construtivos (13);
- Análise Estrutural (94);
- Materiais e Produtos Específicos (35)
- Sistemas Construtivos Específicos (18);
- Sustentabilidade (43).

“Eu participei de uma edição do Congresso Brasileiro do Concreto em Fortaleza, há mais de dez anos, e naquela como nessa edição o que me tem impressionado é a qualidade e o volume de artigos técnico-científicos apresentados, refletindo o alto nível do trabalho feito por pesquisadores e tecnólogos brasileiros”, comentou o palestrante indiano, Ravindra Gettu, professor do Instituto Indiano de Tecnologia, de Madras. Segundo Parsekian, “as palestras contemplaram temas diversos, de elevado conteúdo técnico, mas também de caráter prático, na medida que os temas são de interesse imediato da comunidade profissional que trabalha com projetos, tecnologia, execução e controle”.

Mais 19 trabalhos foram apresentados no III Simpósio de Infraestrutura Metroviária, Ferroviária e Rodoviária, reali-

zado paralelamente no dia 1º de novembro, com promoção conjunta com o IABMAS (Internacional Association for Bridge Maintenance and Safety).

O público do evento, grande parte composto por profissionais entre 21 e 30 anos (41%), está cursando os melhores Programas de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Arquitetura, Tecnologia ou Estruturas, e busca complementar a formação recebida ou se atualizar com as novidades sobre a tecnologia das estruturas de concreto e de seus sistemas construtivos. No entanto, os demais 59%, os “chamados” grandes formadores de opinião, estavam compostos em parte pelos veteranos na profissão (profissionais entre 51 e 60 anos), com 18%, sendo seguidos pelos demais profissionais, muitos entre 31 e 40 anos, o que demonstra a importância do evento para a comunidade técnica brasileira em geral.

Segundo a avaliação do presidente do IBRACON e coordenador do Simpósio, Prof. Túlio Bittencourt, “com a realização do evento, o IBRACON cumpre com seu objetivo de divulgar técnicas de projeto, análise e construção mais seguras e modernas, contribuindo para melhorar a logística de transporte no país”.

PROGRAMAÇÃO ECLÉTICA

A programação técnica do 55º Congresso Brasileiro do Concreto teve início com a palestra magna proferida pelo diretor de relações institucionais da Sobratema (Associação Brasileira de Tecnologia para a Construção e Mineração), o economista Carlos Alberto Laurito, sobre “Investimentos, concessões e mercado brasileiro de equipamentos – cenário e expectativas para 2014”, baseada em recente estudo da entidade sobre o setor, no dia 29.



PROF. LIA PIMENTEL COORDENA PAINEL DE DISCUSSÕES COM AUTORES DE TRABALHOS NO III SIMPÓSIO DE INFRAESTRUTURA



PROF. BERNARDO TUTIKIAN, DIRETOR REGIONAL NO RS, É OBSERVADO POR JOSÉ MARQUES FILHO, LÚCIA WILHELM VÉRAS, TÚLIO BITTENCOURT, PAULO SILVA E LUIZ PRADO (ESQ. P/DIR.)

Além da palestra, a Cerimônia de Abertura, que contou com as presenças do Secretário do Planejamento da Prefeitura de Gramado, Paulo Silva, e da diretora do Núcleo Regional do Comitê Brasileiro de Barragens, Lúcia Wilhelm Vêras de Miranda, premiou os profissionais de destaque do ano e as melhores dissertações de mestrado sobre o concreto (veja matéria nesta edição), e fez uma homenagem póstuma ao seu ex-presidente e membro honorário, falecido no ano passado, Eng. José Zamarion Ferreira Diniz, que muito emocionou o público presente, que lotou o auditório principal do Centro ExpoGramado, aplaudindo em pé a carta escrita e lida por sua filha, Noris Diniz.

Todas as manhãs do evento foram preenchidas pelas palestras de conferencistas renomados de universidades e instituições nacionais e estrangeiras. Ravindra Gettu abriu as Conferências Plenárias, tratando o tema do uso de aditivos e adições para a produção de concretos mais sustentáveis.

Segundo ele, dentre os princípios que devem pautar a produção do concreto, estão: menos consumo de materiais e de energia; redução das emissões de CO₂ e dos desperdícios; planejamento da construção; menor relação água/cimento; aumento da vida útil no projeto; e menor tolerância aos defeitos construtivos. Neste sentido, Ravindra destacou a contribuição que pode ser dada pelos aditivos superplastificantes, ao contribuir para a produção de um concreto mais uniforme, com menor consumo de água e com melhores propriedades, tanto no estado fresco como no endurecido, bem como pelas adições minerais, que aumentam a hidratação do cimento e a durabilidade, e reduzem a demanda por clínquer.

Sua apresentação foi complementada pela do Alberto Delgado Quiñones, gerente de pesquisa e desenvolvimento



EMOCIONADA, NORIS DINIZ LÊ HOMENAGEM AO SEU PAI, ENG. JOSÉ ZAMARION FERREIRA DINIZ

PROF. RAVINDRA GETTU EM SUA PALESTRA NAS CONFERÊNCIAS PLENÁRIAS

da empresa Tecnosil Materiais de Construção e diretor técnico-científico das Indústrias Ulmen Europa (Espanha), que abordou a influência da natureza mineralógica e do caráter químico dos agregados na zona de interface com o cimento Portland.

Na manhã seguinte, Børge Johannes Wigum, professor na Universidade de Ciência e Tecnologia da Noruega e fundador do Centro Internacional de Pesquisa e Tecnologia Aplicada sobre as Reações Álcali-Agregado (RAA), trouxe para discussão o tema da RAA em sua palestra. Apresentação mais do que oportuna porque, após cinco anos de publicação da Norma Brasileira de Reação Álcali-Agregado (ABNT NBR 15577), o Comitê Técnico do IBRACON que trata desse tema (CT201) se reuniu durante o Congresso para discutir propostas a serem apresentadas para sua revisão, visando ampliar o conhecimento para prevenir a ocorrência do fenômeno e controlar casos já existentes. Segundo o gerente de engenharia da Construtora Norberto Odebrecht, uma das empresas patrocinadoras do Congresso, Klaus Zoellner, a reunião do CT 201 foi muito interessante e construtiva, “abordando um assunto de extrema importância, que está sendo e deve continuar a ser estudado, de forma a evitar patologias e eventuais acidentes em estruturas de concreto”.

Alio Kimura, secretário da Comissão de Estudos para a Revisão da Norma NBR 6118 – Projeto de Estruturas de Concreto, cujo texto esteve até o final de outubro em Consulta Nacional, Prof. Sérgio Hampshire, professor da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, e Suely Bueno, presidente da Abece (Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural), sucederam-se para apresentar a palestra técnica que se seguiu “ABNT



PROF. FÁBIO BIONDINI RESPONDE PERGUNTA DE CONGRESSISTA, OBSERVADO PELO PALESTRANTE DAN FRANGOPOL E PELO PRESIDENTE DO IBRACON, PROF. TÚLIO BITTENCOURT



PROF. BØRGE WIGUM EM SUA APRESENTAÇÃO SOBRE A RAA, OBSERVADO PELO PÚBLICO DO 55º CBC E PELO ENG. SELMO KUPERMAN, MEDIADOR DO SEGUNDO DIA DAS CONFERÊNCIAS PLENÁRIAS

NBR 6118 – Evolução, Tendências e Desafios”. Suely Bueno abriu a palestra, destacando a importância da Norma, maior “best-seller” da ABNT, e comentando brevemente os trabalhos da Comissão de Estudos para sua revisão. Sérgio Hampshire veio em seguida para fazer um relato abrangente das mudanças pelas quais deve passar o texto atual, com destaque para a inclusão de especificações para o concreto do grupo II (C55 a C90). Alio Kimura finalizou com um panorama histórico da primeira norma brasileira, destacando seus pioneirismos e seu status de padrão internacional ISO (veja relato técnico no box).

Abriendo o III Simpósio de Infraestrutura Metroviária, Ferroviária e Rodoviária e fechando as Conferências Plenárias, Dan Frangopol, professor do Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura na Universidade Lehigh, nos Estados Unidos, e sócio-fundador da Associação Internacional para a Segurança e a Manutenção de Pontes (IABMAS) e da Associação Internacional para a Engenharia Civil do Ciclo de Vida (IALCCE), tratou dos modelos teórico-computacionais do ciclo de vida útil das estruturas de concreto, cujos instrumentos para avaliação do ciclo de vida útil de pontes de concreto expostas à corrosão foi seguidamente expostos pela palestrante Fábio Biondini, professor de engenharia estrutural da Escola Politécnica de Milano (Itália), secretário geral da Associação Internacional para a Engenharia Civil do Ciclo de Vida (IALCCE) e secretário do conselho executivo da Associação Internacional de Segurança e Confiabilidade Estrutural (IASSAR).

“O III Simpósio de Infraestrutura Metroviária, Ferroviária e Rodoviária abordou assuntos de grande relevância, dentre os quais o Monotrilho da Linha 17 do Metrô de São Paulo, a construção do Metrofor e os desenvolvimentos



ENG. LUIZ PRADO APRESENTA AS TENDÊNCIAS NO CICLO PRODUTIVO DO CONCRETO EM GRANDES CONSTRUÇÕES

tecnológicos na utilização do concreto de ultra-alto desempenho reforçado com fibras em obras de infraestrutura”, ponderou Zoellner.

EVENTOS PARALELOS

Paralelamente ao 55º Congresso Brasileiro do Concreto foi realizado o Seminário das Grandes Construções, onde empresas construtoras brasileiras tiveram a oportunidade de apresentar e comentar as grandes obras que têm sido executadas no país. Abrindo o Seminário, seu coordenador, Luiz Prado Vieira Júnior, diretor de eventos do IBRACON e diretor da Technocret, expôs em linhas gerais as tendências no ciclo produtivo do concreto em grandes construções, frisando, entre outras coisas, a importância das investigações preliminares no projeto básico, os prazos apertados que nem sempre permitem a adoção das melhores soluções técnicas nos projetos executivos e os cuidados que precisam ser tomados no controle tecnológico do concreto.

Sua apresentação foi seguida pela do palestrante da Construtora Camargo Correa, Paulo Cardoso, que apontou as tendências futuras nas metodologias construtivas da empresa, destacando seu compromisso com a sustentabilidade, ao reduzir o consumo do cimento no concreto com as adições minerais, ao usar agregados oriundos de escavações obrigatórias e de pedreiras à montante do barramento em obras hidrelétricas, bem como a areia artificial desses processos, e ao reaproveitar e tratar águas industriais.

Quanto às tendências construtivas futuras em obras hidrelétricas, Cardoso destacou o uso do concreto compactado com rolo (CCR), a barragem de enrocamento com núcleo de concreto asfáltico (UHE Chapecó e UHE Jirau), a barragem de enrocamento com face de concreto (UHE Campos Novos e

UHE Barra Grande), a casa de força subterrânea e a adução através de túneis (Complexo Ceran), e a industrialização, com a pré-montagem.

Para falar do Terminal Portuário Embraporte, obra de logística na margem esquerda do Porto de Santos, que recebeu neste ano o Prêmio Milton Vargas na categoria de Obras de Fundação, da Editora Rudder, bem como o Prêmio Brasil Ambiental, da Câmara Americana de Comércio para o Brasil (Amcham-RJ), foi convidado o representante da Construtora Norberto Odebrecht, Cláudio Tomás Carvalho, que apresentou detalhes de projeto, como as áreas funcionais marítimas e terrestres, os marcos contratuais e os principais quantitativos da obra (148 mil metros cúbicos de concreto estrutural e 276 mil metros quadrados de pavimentos de concreto), e detalhes construtivos, como a dragagem e o tratamento do material contaminado a ser retirado (580 mil metros cúbicos), o estudo de engenharia do aterro com lançamento de geogrelhas, a execução das fundações com a cravação de 1950 estacas, bem como das obras marítimas e terrestres, com destaque para o uso da pavimentação com intertravados para aumentar a produtividade.

Finalizando o Seminário, o professor da Universidade de Brasília (UnB), Lucas Vieira Barros, apresentou a contribuição da rede sismográfica da Eletrobras Eletronorte para o conhecimento da sismicidade brasileira, tanto a natural como a induzida por reservatórios. Numa verdadeira aula de sismologia, o Prof. Barros discorreu sobre como, onde



VISTA AÉREA DO TERMINAL DA EMBRAPORTE



PROF. LUCAS VIEIRA BARROS EM SUA PALESTRA NO SEMINÁRIO DAS GRANDES CONSTRUÇÕES

e o porquê ocorrem os terremotos, os tipos de sismos, as magnitudes mais frequentes, os fatores determinantes no poder de destruição dos sismos, entre outros tópicos. Falando dos terremotos no país, abordou tanto os sismos andinos sentidos no país, quanto a sismicidade brasileira em relação aos vizinhos. Comentou os processos humanos indutores de sismos, como o enchimento dos reservatórios de barragens de usinas hidrelétricas. E finalizou com a exposição da rede sismográfica implantada pelo Eletronorte em suas barragens e sua ligação em sistema com o Observatório Sismológico da UnB.

“O Seminário das Grandes Construções apresentou soluções e obras atualmente em construção no Brasil, o que permitiu enriquecer nossos conhecimentos através de casos práticos”, comentou Zoellner.

Outro evento paralelo foi a Mesa-Redonda sobre projeto, produção, uso, manutenção e inspeção para redução de riscos e aumento de vida útil de estruturas de concreto, como parte das discussões no âmbito do Programa Nacional de Redução de Riscos e Aumento da Vida Útil de Estruturas de Concreto, lançado neste ano pelo IBRACON, ABECE e ALCONPAT (Associação Brasileira de Patologia das Construções).

Surgido no início deste ano, o Programa busca estudar e produzir manuais para procedimentos de inspeção e manutenção de estruturas de concreto, com o intuito de diminuir os riscos das obras civis, aumentar a durabilidade e vida útil das estruturas, bem como de manter o desempenho das edificações ao longo de sua vida.

Com as palestras dos Profs. Luiz Carlos, Enio Pazini e Paulo Helene, foi uma das sessões mais concorridas do Congresso, provavelmente devido à importância e atualidade do tema que procura dar uma boa resposta aos clamores da sociedade e

ao poder público que vem criando leis que obrigam inspeções prediais frequentes, visando reduzir riscos de colapsos.

A Mesa-Redonda ocorrida no Congresso é a terceira do Programa, sendo que a próxima está programada para acontecer em maio de 2014, em Foz do Iguaçu, durante o Congresso Brasileiro de Patologias das Construções. Segundo o diretor-regional do IBRACON no Rio Grande do Sul e coordenador da Mesa-Redonda, Bernardo Fonseca Tutikian, as mesas-redondas se constituem “em momentos oportunos para a troca de ideias e pontos de vista entre os profissionais interessados no tema da inspeção e manutenção de estruturas de concreto, no sentido de se chegar a um entendimento”.

Quem quiser participar, deve-se informar sobre as atividades do Programa no site www.ibracon.org.br. Estão disponíveis também para download as palestras ocorridas na Mesa-Redonda, bem como as que tiveram parte no Seminário das Grandes Construções.

CONFRATERNIZAÇÃO DA COMUNIDADE TÉCNICA

A extensa programação técnica contou ainda com três cursos de atualização e qualificação profissional do Programa Master PEC (Mestre em Produção de Estruturas de Concreto):

- Curso sobre concreto reforçado com fibras, ministrado pelos professores Ravindra Gettu e Antonio Domingues de Figueiredo (professor do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP), onde foram abordados, entre outros, os tópicos das fibras e sua interação com a matriz de concreto, os métodos de experimentação e dosagem, e as principais aplicações do compósito, como pavimentos, concreto projetado, elementos pré-fabricados para túneis, etc.



PROF. LUIZ CARLOS PINTO EM SUA PALESTRA NA MESA-REDONDA, OBSERVADO PELOS DEMAIS PALESTRANTES, BERNARDO TUTIKIAN, PAULO HELENE E ENIO PAZINI (ESQ. P/DIR.)



CURSO OFERECIDO PELA ARCELOR-MITTAL NO CAMINHÃO-ESCOLA DA EMPRESA, PARTE DA PROGRAMAÇÃO DE CURSOS OFERECIDOS NO 55º CBC

- Curso sobre estruturas pré-fabricadas de concreto, oferecido pelos professores Carlos Franco (diretor da CAL-FAC Consultoria e Engenharia) e Íria Doniak (presidente-executiva da Abcic e diretora de cursos do IBRACON), que ofereceu uma visão sistêmica do sistema construtivo com pré-fabricados de concreto, abordando desde o controle de qualidade até a logística, desde seu projeto e normalização até as suas principais aplicações;
- Curso sobre projeto e execução de radier, ministrado pelo professor Fábio Albino de Souza (diretor do Escritório Brasileiro de Protensão e autor do livro em produção “Radier: simples, armado e protendido – métodos de cálculo, projeto e execução”), abordando tópicos do manual em preparação.

E foi completada por palestras técnico-comerciais das empresas patrocinadoras do 55º CBC, por reuniões dos Comitês Técnicos do IBRACON e das suas Diretorias Regionais e pela visita técnica a Siscobrás Pré-fabricados, para conhecer os elementos pré-fabricados produzidos pela empresa, que podem atingir a resistência de até 80Mpa, utilizados na construção de prédios e placas de fachada.

Mas, não só a informação técnica é buscada ansiosamente pelos participantes das edições do Congresso Brasileiro do Concreto. O evento é também o ponto de encontro para velhos amigos e local de confraternização entre a geração de profissionais bem experimentados, há mais de 30 anos atuando no setor construtivo, e a geração de jovens profissionais, de tal forma que todos enriquecem sua “networking”. Todos se encontram nos intervalos entre as palestras e apresentações, nos coquetéis e cafés oferecidos no espaço de exposições das empresas e instituições patrocinadoras, expositoras e apoiadoras, reunidas, neste ano, na IX Feira Brasileira das Construções em Concreto - Feibracon, onde eles puderam



conhecer as novidades em termos de produtos, materiais e soluções oferecidos pelas empresas brasileiras.

“Tudo pareceu-me bem organizado e fiquei bastante impressionado com a área de exibição e pelas competições entre os estudantes”, opinou o professor Børge Wigum. Com ele concordou o consultor da ABESC, Arcindo Vaquero y Mayor: “Todos os anos o IBRACON vem se superando nos Congressos que realiza anualmente. A Feibracon estava excelente, mostrando os avanços tecnológicos disponíveis no mercado do concreto”.

Neste ano, a IX Feibracon foi composta por:

- Patrocinadores: Capes, Odebrecht Infraestrutura, Copel, Eletrobras Eletronorte, Emic, Gerdau, Grace, Itaipu, MC, Schwing Stetter, Sika, Tecnosil, Vedacit e Viapol;
- Expositores: Alto QI, Atex do Brasil, Arcelor Mittal, Copex, Engemix, Érico do Brasil, L & R Equipamentos, Maccaferri do Brasil, Multiplus, Pires & Giovanetti & Guardia e TQS Informática;
- Apoiadores: Abcic, ABNT, ACI, FCI, IABMAS, PINI e RILEM.

Sem falar do aspecto institucional do evento, com a Assembleia Geral do IBRACON e a eleição para o Conselho Diretor da gestão 2013/2015 (veja detalhes nesta edição).

“A participação expressiva da comunidade técnica nacional no evento, desde as empresas do setor, passando pelos órgãos governamentais, até o mundo acadêmico, mostra que, nosso setor continua forte e altamente interativo, contribuindo positivamente para o desenvolvimento do Brasil, sendo o IBRACON uma entidade bastante representativa da tecnologia do concreto no país, avalia o presidente Túlio Bitencourt.



AUTORES DO LIVRO “CORROSÃO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO”, PAULO HELENE E DANIEL VÉRAS (ESQ. P/DIR.) EM SESSÃO DE AUTÓGRAFOS DURANTE A IX FEIBRACON

55º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO

Segundo relatório produzido pelo Grupo Eletrobrás Eletronorte com seus funcionários que participaram do evento, a avaliação obtida quanto ao desempenho dos palestrantes, à programação e à média geral da ação educacional foi satisfatória, com pontuação girando em torno da nota máxima 5, concluindo que a coordenação da entidade promotora do evento atendeu adequadamente as necessidades surgidas durante a ação educacional.

“É recomendável que o IBRACON continue a organizar seu evento anual, reunindo os pesquisadores jovens e experimen-



REPRESENTANTES DA LENTON (ERICO DO BRASIL), DA EMIC E DA ALTOQI APRESENTAM PRODUTOS, PUBLICAÇÕES E INFORMAÇÕES PARA CONGRESSISTAS NA IX FEIBRACON

tados, bem como a indústria e a academia, e as organizações nacionais e internacionais do setor construtivo, num mesmo fórum de debates”, sugeriu Gettu.

FÁBIO LUÍS PEDROSO

T&A. CREDIBILIDADE PARA CONSTRUIR, TECNOLOGIA PARA INOVAR.



Estaleiro Enseada do Paraguaçu



Shopping RioMar Recife



Natal Shopping

A T&A Pré-Fabricados assume o compromisso de uma engenharia de qualidade em cada fase da obra. Aliando experiência e inovação, a T&A oferece soluções customizadas, logística inteligente, acabamento de ponta e alta durabilidade dos produtos – atributos que solidificaram uma trajetória de resultados amplamente reconhecidos no mercado brasileiro. **T&A. Concretizando o futuro.**



FORTALEZA
RECIFE
SALVADOR
SÃO PAULO
www.tea.com.br



QUER SABER OS AVANÇOS
TECNOLÓGICOS EM ANÁLISE
E PROJETO ESTRUTURAL,
MATERIAIS E SUAS
PROPRIEDADES, MÉTODOS
E SISTEMAS CONSTRUTIVOS,
NORMALIZAÇÃO TÉCNICA, E
INSPEÇÃO E RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS?

Matricule-se nos cursos do Programa MASTER PEC!

O Programa Master em Produção de Estruturas de Concreto é um sistema de cursos de qualificação e atualização profissional, que traz aos alunos as inovações tecnológicas na construção civil, com visão sistêmica, ética e sustentável.

Aberto aos profissionais regularmente matriculados ou formados em Engenharia Civil, Arquitetura e Tecnologia, os cursos oferecem a educação continuada indispensável para que se mantenham atualizados e em sintonia com as novidades em seu ramo específico de atuação.

Acesse a página do Programa no site www.ibracon.org.br e informe-se sobre os cursos oferecidos!



O conteúdo dos cursos e os currículos dos professores passam por criterioso processo de análise da Diretoria de Cursos e da Diretoria Técnica do Instituto Brasileiro do Concreto – IBRACON, seja os cursos do próprio Instituto, seja os cursos promovidos por entidades parcerias associadas ao Programa.

Qualifique-se para o mercado de trabalho!

A conclusão de cada curso dá direito a um **Certificado de Participação**, onde são discriminados os créditos e a carga horária do curso. Os alunos que somarem 150 créditos em cursos do Programa, no máximo em quatro anos, têm direito ao **Certificado de Master em Engenharia de Produção de Estruturas de Concreto (Certificado Master PEC)**.



INFORME-SE

www.ibracon.org.br
facebook.com/ibraconOffice
twitter.com/ibraconOffice

CONTATO

Vanessa Pedroso
Tel. (11) 3735-0202
vanessa@ibracon.org.br

IBRACON PREMIA PROFISSIONAIS MA

Na cerimônia de abertura do 55º Congresso Brasileiro do Concreto, fórum nacional de debates sobre a tecnologia do concreto e seus sistemas construtivos, em 29 de outubro, no Expo-Gramado, no Rio Grande do Sul, foram homenageados pelo Instituto Brasileiro do Concreto – IBRACON os profissionais brasileiros que deram significativas contribuições às seguintes categorias de premiação: tecnologia do concreto, engenharia das construções, pesquisa em concreto estrutural, arquitetura, engenharia na região do evento e serviços prestados ao Instituto.

A indicação dos profissionais premiados foi feita por seus pares em votação aberta no site www.ibracon.org.br no ano corrente. A escolha final dos profissionais mais votados foi realizada pelo Conselho Diretor do IBRACON.

Confira os agraciados!



ENTREGA DO PRÊMIO FOI FEITA PELO PROF. JOSÉ TADEU BALBO, DA ESCOLA POLITÉCNICA DA USP

▶ PRÊMIO ARY FREDERICO TORRES Destaque do ano em Tecnologia do Concreto

▶ TATIANA CUREAU CERVO

- ▶ Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), em 1998.
- ▶ Mestre em Engenharia Civil pela UFSM, em 2001, e doutora em Engenharia de Transportes pela Universidade de São Paulo (USP), em 2004.
- ▶ Membro do Comitê Técnico do International Society for Concrete Pavements (ISCP) e membro revisor da Revista IBRACON de Estruturas e Materiais (RIEM).
- ▶ Professora adjunta da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e professora permanente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental daquela universidade.



FEZ A ENTREGA DO PRÊMIO, O PRESIDENTE DO IBRACON, PROF. TULLIO NOGUEIRA BITTENCOURT

▶ PRÊMIO GILBERTO MOLINARI Reconhecimento aos serviços prestados ao IBRACON

▶ ANA ELISABETE PAGANELLI GUIMARÃES DE ÁVILA JACINTHO

- ▶ Graduada em Engenharia Civil pela Fundação Educacional de Barretos, em 1992.
- ▶ Mestre em Engenharia de Estruturas pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (USP), em 1995.
- ▶ Doutora em Engenharia de Estruturas pela mesma instituição, em 1999. Fez pós-doutorado na Escola Politécnica da USP, com término em 2001.
- ▶ Foi professora da Faculdade de Engenharia Civil da Unicamp e, atualmente, é professora-doutora da PUC-Campinas, onde exerce o cargo de Diretora da Faculdade de Engenharia Civil e de líder do grupo de pesquisa “Tecnologia do Ambiente Construído”.
- ▶ Diretora de Pesquisa e Desenvolvimento do Instituto Brasileiro do Concreto, onde atua como coordenadora do Comitê Científico do Congresso Brasileiro do Concreto desde 2005.

IS VOTADOS POR SEUS PARES



FEZ A ENTREGA DO PRÊMIO O DIRETOR DE EVENTOS DO IBRACON, LUIZ PRADO VIEIRA JR.

▶ PRÊMIO ARGOS MENNA BARRETO Destaque do ano em Engenharia de Construções

▶ ARCINDO VAQUERO Y MAYOR

- ▶ Engenheiro civil, formado na Universidade Mackenzie, em 1976, com cursos de aperfeiçoamento nos Estados Unidos e na Suíça.
- ▶ Consultor na área de tecnologia do concreto dosado em central, desenvolve trabalhos para a ABESC (Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem) e a FIPH (Federación Ibero Americana de Hormigón Premezclado), bem como para a Leão Engenharia, Concrexur (Uruguai), Holcim Brasil e Argentina, Construtora Cyrela, entre outras.
- ▶ É responsável por mais de 15 milhões de m³ de concretos aplicados em 35 anos de atuação.



FEZ A ENTREGA DO PRÊMIO, O DIRETOR REGIONAL DO IBRACON, PROF. BERNARDO FONSECA TUTIKIAN

▶ PRÊMIO FRANCISCO DE ASSIS BASÍLIO Destaque em Engenharia na região do evento

▶ ACIR MÉRCIO LOREDO-SOUZA

- ▶ Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em 1988.
- ▶ Mestre em Engenharia Civil pela UFRGS, em 1992.
- ▶ Doutor em Engineering Science pela University of Western Ontario, no Canadá, em 1996.
- ▶ Professor Associado da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, onde atua principalmente nos estudos relativos à ação e efeitos do vento sobre edificações, pessoas e o meio ambiente.
- ▶ Consultor sobre a ação e os efeitos do vento em diversas obras no Brasil e exterior.



A ENTREGA DO PRÊMIO FOI FEITA PELA DIRETORA TÉCNICA DO IBRACON, ENG.ª INÊS BATTAGIN (ESQ.)

▶ PRÊMIO FERNANDO LUIZ LOBO BARBOSA CARNEIRO Destaque do ano como Pesquisador na Área de Concreto Estrutural

▶ SOFIA MARIA CARRATO DINIZ

- ▶ Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), em 1979, e mestre em Ciências e Técnicas Nucleares pela mesma universidade, em 1988.
- ▶ PhD em Engenharia Estrutural pela University of Colorado at Boulder, nos Estados Unidos, em 1994.
- ▶ Professora visitante na University of Pittsburgh, nos Estados Unidos, em 1999/2000 e pesquisadora convidada do National Institute of Standards and Technology (NIST), nos Estados Unidos, em 2001/2002.
- ▶ Atualmente, é professora associada da UFMG, atuando em estruturas de concreto, normalização, confiabilidade estrutural, métodos probabilísticos, materiais de alto desempenho e engenharia de vento.
- ▶ Pesquisadora do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), membro do Conselho Técnico de Atividades do IBRACON, expert credenciada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) junto ao Comitê ISO TC 71 (Concrete, Reinforced concrete and Pre-stressed concrete) e coordenadora da Comissão de Estudos Especiais de Materiais não Convencionais para Reforço de Estruturas de Concreto da ABNT.



RECEBEU O PRÊMIO EM NOME DO ARQUITETO MARC RUBIN O ARO. SÉRGIO ALVARO OLIVEIRA. FEZ A ENTREGA DO PRÊMIO O CONSELHEIRO DO IBRACON, PROF. SIMÃO PRISKULNIK

▶ PRÊMIO OSCAR NIEMEYER SOARES FILHO Destaque do ano em Arquitetura Profissional

▶ MARC BORIS RUBIN

- ▶ Nascido em Paris, em 1931, fixou-se em São Paulo, em 1942.
- ▶ Ao tomar contato com a obra de Niemeyer, decidiu que seria arquiteto e que estudaria no Brasil.
- ▶ Formou-se em arquitetura na Universidade de Arquitetura e Urbanismo Mackenzie, em 1956, onde lutou para superar o estilo neoclássico e eclético francês do século XIX ensinado na Escola como o único válido.
- ▶ Estagiou no escritório Rino Levi e, após um concurso com Alberto Botti, entre outros, que ganharia a segunda colocação, abriu o escritório Botti Rubin Arquitetos Associados, em 1955, um dos mais antigos do Brasil.
- ▶ Coautor de todos os projetos e planos urbanísticos da Botti Rubin Arquitetos Associados, com centenas de projetos com obras realizadas no campo da habitação individual e coletiva, edifícios comerciais, sedes administrativas, shopping centers, hospitais, escolas, centros poliesportivos e hotéis.
- ▶ Marc Rubin é sócio-fundador da ASBEA – Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura.

FÁBIO LUÍS PEDROSO

DISSERTAÇÕES PREMIADAS EM 2013

Foram também premiadas as melhores dissertações de mestrado sobre o concreto, na área de estruturas e de materiais, defendidas no período de 01 de março de 2011 a 28 de fevereiro de 2013, cadastradas no Banco de Teses e Dissertações no site do IBRACON. Confira os agraciados!

PRÊMIOS DE TESES E DISSERTAÇÕES 2013

FEZ A ENTREGA
DO PRÊMIO, A
COORDENADORA DA
COMISSÃO CIENTÍFICA,
PROF.^a MÔNICA BARBOSA



FEZ A ENTREGA
DO PRÊMIO, A
COORDENADORA DA
COMISSÃO CIENTÍFICA,
PROF.^a ANA ELISABETE
JACINTHO



▶ PRÊMIO MELHOR DISSERTAÇÃO EM ESTRUTURAS

TÍTULO

Dimensionamento de Vigas de Concreto Armado em Situação de Incêndio

- ▶ **AUTOR:** Gabriela Bandeira de Melo Lins de Albuquerque
- ▶ **ORIENTADOR:** Prof. Dr. Valdir Pignatta e Silva
- ▶ **UNIVERSIDADE:** Universidade de São Paulo – USP

▶ PRÊMIO MELHOR DISSERTAÇÃO EM MATERIAIS

TÍTULO

Tomografia Ultrassônica em Concreto: Desenvolvimento de Ferramenta Computacional

- ▶ **AUTOR:** Lourenço Panosso Perlin
- ▶ **ORIENTADOR:** Prof. Roberto Caldas de Andrade Pinto
- ▶ **UNIVERSIDADE:** Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

ESTUDANTES APRENDEM COMPETINDO NO 55^o CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO

Com o objetivo de auxiliar o ensino e a divulgação das boas práticas construtivas, o Instituto Brasileiro do Concreto - IBRACON organiza anualmente concursos técnicos para os estudantes dos cursos de Engenharia Civil, Arquitetura e Tecnologia. As competições contribuem com a boa formação do jovem engenheiro, arquiteto ou tecnólogo, visando aprimorar sua qualificação para o mercado de trabalho.

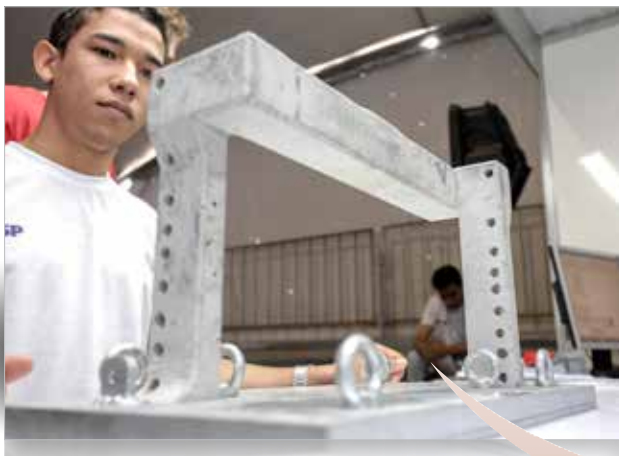
Durante o 55^o Congresso Brasileiro do Concreto, ocorrido de 29 de outubro a 01 de novembro, 227 estudantes de 20 instituições de ensino participaram da 20^a edição do Concurso Aparato de Proteção ao Ovo, 222 estudantes de 23 instituições competiram na 10^a edição do CONCREBOL, 210 alunos de 20 faculdades concorreram ao prêmio da 4^a edição do Concurso Concreto Colorido Ecoeficiente (Eco-CC).

Pode participar todo estudante dos cursos de Arquitetura, Engenharia Civil ou Tecnologia, do Brasil e do exterior, re-

conhecidos pelo Ministério da Educação (MEC) ou órgão regulamentador estrangeiro equivalente, matriculado no ano letivo corrente. Foram permitidas apenas duas equipes por instituição de ensino, sem limitação quanto ao número de membros por equipe. Cada equipe contou com um professor da instituição como responsável em assegurar a conformidade dos trabalhos da equipe com as regras estabelecidas nos Regulamentos de cada um dos Concursos.

A realização das competições aconteceu através do trabalho dedicado de membros da comissão organizadora dos Concursos, formada pelos profissionais Inês Battagin, Bernardo Tutikian, Leandro Trautwein, Janaína Araújo, Alécio Mattana, Fernanda Cardoso, Tiago Ferreira Campos Neto, Gilberto Coelho e Leticia Coelho, e da equipe de apoio, composta pelos profissionais Maurício Schafer, Rodrigo Périco de Souza, Gustavo Prager, Fernanda Pacheco, Roberto Christ e Lucas Herbelé, Luiz Rodrigues, Cesar Pallu e Renato Portela.

► CONCURSO APARATO DE PROTEÇÃO AO OVO (APO)



ESTUDANTE OBSERVA SEU APO ENCAIXAR-SE NO GABARITO

O Aparato de Proteção ao Ovo (APO) é o concurso mais tradicional do IBRACON. A competição desafia o estudante a projetar e construir um pórtico ex-cêntrico de concreto armado, resistente ao impacto variável de uma carga na forma de um cilindro metálico com diâmetro de 50mm, pesando 15kg, que cai de alturas crescentes de 1m, 1,5m, 2m e 2,5m. Como o pórtico tem a função de proteger um ovo colocado sob ele, é denominado Aparato de Proteção ao Ovo.

O concurso é formado por duas etapas. Na primeira etapa, os pórticos têm suas medidas avaliadas e suas massas determinadas. A tolerância dimensional é de



APO É POSICIONADO PARA A PROVA DE CARGA



MEDIDA DA LARGURA DO PÓRTICO



APO NÃO RESISTE AO IMPACTO DA CARGA DINÂMICA

apenas 0,5mm. A massa máxima permitida é de 4kg. O aparato que não atender às exigências dimensionais e de massa do Regulamento é automaticamente desclassificado.

Na segunda etapa, o aparato é colocado sobre um gabarito de posicionamento e fixação, que garante seu alinhamento em relação ao dispositivo de lançamento da carga. Após cada impacto, o ensaio prossegue se o ovo sob o apa-

rato não for danificado ou se o pórtico se mantiver estável no gabarito, não sendo permitido qualquer tipo de ajuste, colocação de calços ou de anteparos.

A pontuação obtida por cada equipe é a somatória das energias parciais resistidas pelo APO (carga x altura). Vence a equipe que obteve a maior pontuação. Em caso de empate, o APO com menor massa indicará a equipe vencedora.

► PREMIAÇÃO APO 2013



EQUIPE RECEBE CHEQUE NO VALOR DE R\$ 3000,00



EQUIPE POSEA JUNTO COM THIAGO FERREIRA CAMPOS NETO (2ª DA DIR. P/ESQ.), DA COMISSÃO ORGANIZADORA



EQUIPE POSEA COM PRÊMIO AO LADO DE ALÉCIO MATTANA (ESQ.) DA COMISSÃO ORGANIZADORA

► 1º LUGAR

UFPR – Universidade Federal do Paraná

- EQUIPE – Aline Ferreira, Ariely Barbosa, Augusto Tufanini, Barbara Maio da Costa, Edson José Amaral Junior, Eduardo Garcia Alves Maliza, Francielle Dranka, Gabriel Augusto Carvalho, Ian Amos Esteves, Isaac Aguiar, Jennifer Desiree Medeiros Cavalheiro, Luan Rodrigo de Almeida Souza, Mauro Vítor Greco Távora, Natália Santos Polegato, Vítor Roberto Thomaz, Valdirene Novello Baldo
- ORIENTADORES – Marcelo Henrique Farias de Medeiros, Nayara Soares Klein, Marlon Garrido
- PONTUAÇÕES – Massa: 3764,4g | Carga: (1m + 1,5m) x 15kg

► 2º LUGAR

Centro Universitário da FEI

- EQUIPE – Gabriela Lilia Akemilha, Gabriel Vicentin Pereira Lapas, Ittalo Nathan Boscache Ayache, Karen Fernandes Silva, Luciano Tadeu Pedroso Albano Pereira, Pedro Amaro Baccarin
- ORIENTADOR – Kurt André Pereira Amann
- PONTUAÇÕES – Massa: 3900,4g | Carga: (1m + 1,5m) x 15kg

► 3º LUGAR

UNOESC – Universidade do Oeste de Santa Catarina

- EQUIPE – Leonardo Consorte, Willian Ricardo Boesing
- ORIENTADORA – Angela Zamboni Piovesan
- PONTUAÇÕES – Massa: 2877,5 | Carga: 1m x 15kg

▶ CONCURSO CONCREBOL

Em sua 10ª edição, o CONCREBOL desafia o estudante a construir uma bola de concreto leve, simétrica, com dimensões pré-estabelecidas, que seja capaz de rolar em uma trajetória retilínea. Seu objetivo é testar a habilidade dos estudantes no desenvolvimento de um método construtivo e na produção de concretos leves homogêneos com parâmetros de resistência otimizados.

O concurso é formado por quatro etapas, nas quais a bola recebe as respectivas pontuações. A primeira etapa consiste em medir o diâmetro da bola em seus três planos ortogonais e tirar a média ponderada dessas medidas. Essa média deve estar entre 207mm e 240mm, para que a bola seja classificada para a próxima etapa. Segundo o valor do diâmetro, a bola recebe uma pontuação, na escala de 0,6 a 1, conforme o Regulamento do Concurso (premiando os diâmetros maiores).

A segunda etapa determina a massa da bola, que deve ser inferior a 11kg, e seu respectivo coeficiente de massa, segundo as faixas em que esta se situe: abaixo de 8kg, o coeficiente é 1; entre 8kg e 9kg, o coeficiente é 0,9; entre 9kg e 10kg, coeficiente 0,7; e, finalmente, entre 10kg e 11kg, coeficiente é 0,5.

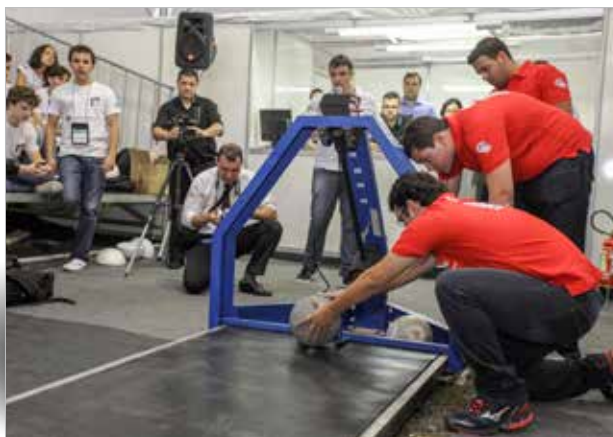
A terceira etapa avalia a uniformidade física da bola e sua capacidade de rolar segundo uma trajetória retilínea. O teste consiste em posicionar a bola na marca do pênalti de um equipamento de impulso, formado por um pêndulo de 20kg de massa com braço de alavanca de 80cm, por uma pista plana de rolamento de 4m e por um gol com dimensões de 40cmx35cm. A partir de um ângulo de 37° o pêndulo é liberado e atinge a bola, que rola para em direção ao gol. Se o chute for convertido em gol, à bola é atribuído coeficiente igual a 1,0; se o gol não ocorrer, a bola recebe coeficiente igual a 0,6.

Por fim, na quarta etapa, a bola é rompida por compressão, sendo determinada sua carga de ruptura; nesta etapa, vence a bola que obtiver a maior carga e este resultado integra, juntamente com os coeficientes anteriores, a fórmula para o cálculo da pontuação final.

Vence o concurso a equipe que conseguir a maior pontuação final. Em caso de empate, o time campeão é o que concorrer com a bola com menor massa específica.



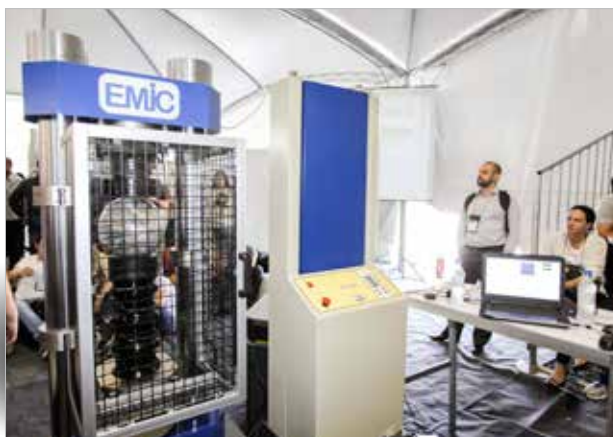
PESAGEM DA BOLA INSCRITA NO CONCURSO



BOLA É POSICIONADA PELO CAPITÃO DA EQUIPE



CHUTE CONVERTIDO EM GOL



BOLA EM ENSAIO DE COMPRESSÃO

► PREMIAÇÃO CONCREBOL 2013



EQUIPE POSA PARA FOTO, AO LADO DO COORDENADOR LEANDRO TRAUTWEIN (COM O PRÊMIO)

► 1º LUGAR

Centro Universitário Mauá

► EQUIPE – Diogo Oliveira Barbosa da Silva, Rafael Sposito Ramires Caravelas, Erika Shmidt, Rafael Molina Barrancos, Lucas Arakaki, Denise Hernandez de Oliveira, Gustavo Elias Khouri, Beatriz Montelato, Rodrigo Marino Goulart, Bianca Furlan Vieira, Mariana Silva Serapião, Caueh Salzedas Teixeira, Nathali Teixeira Ragazzini, Lucas Primo Ferroni, Larissa Xavier de Melo, Verônica Mariti Sesoko, Rodrigo Cardoso da Silva

► ORIENTADORES – Fabio Selleio Prado, Heloísa Cristina Fernandes Cordon

► PONTUAÇÕES – Diâmetro médio: 218,1mm | Massa: 8233,5g
C1: 1,0 C2: 0,9 C3: 1,0 | Carga: 327,935kN | Pontuação final: 0,03898



EQUIPE RECEBE PRÊMIO DA PROF.ª JANÁINA ARAÚJO, DA COMISSÃO ORGANIZADORA (DIR.)

► 2º LUGAR

UERJ – Universidade Estadual do Rio de Janeiro

► EQUIPE – Vinicius Carvalho Costa, Carolina de Oliveira Antunes, Beatriz Nogueira Tavares de Macedo, Guilherme de Mello Hernandez

► ORIENTADORA – Maria Elizabeth da Nóbrega Tavares

► PONTUAÇÕES – Diâmetro médio: 218,7mm | Massa: 7874,1 | C1: 1,0
C2: 1,0 C3: 1,0 | Carga: 232,626kN | Pontuação final: 0,03056



EQUIPE POSA COM PRÊMIO AO LADO DE FERNANDA CARDOSO (ESQ.), DA COMISSÃO ORGANIZADORA

► 3º LUGAR

URI – Santo Ângelo

► EQUIPE – Silvane Santos da Silva, Marina Munaretto Copetti

► ORIENTADOR – Nelson Seidler

► PONTUAÇÕES – Diâmetro médio: 219,1 | Massa: 7897,9g C1: 1,0 C2: 1,0
C3: 1,0 | Carga: 203,623kN | Pontuação final: 0,02664

▶ CONCURSO CONCRETO COLORIDO ECOEFICIENTE (ECO-CC)

Seu objetivo é testar a habilidade dos estudantes em produzir um concreto colorido, capaz de atingir altas resistências no ensaio à compressão axial, com reduzido consumo de ligantes.

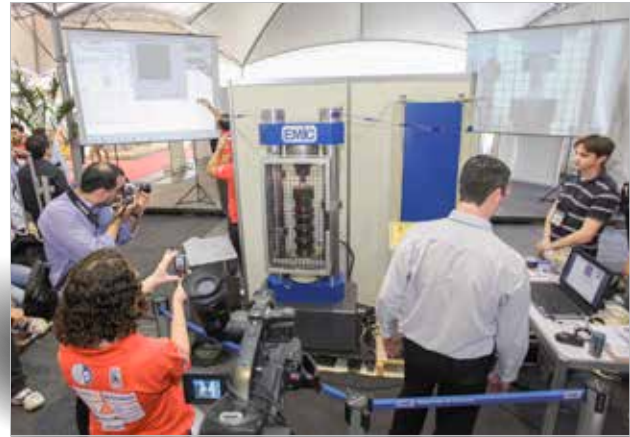
A competição é formada por três etapas. Na primeira etapa, são avaliadas as dimensões, massa e coloração (tonalidade) dos corpos de prova. Passam para a segunda etapa os corpos de prova com dimensões 50mmx100mm (diâmetro x altura), admitida tolerância máxima de 0,5mm, desde que se mantenha a relação $h=2d$ (medida da altura igual a duas vezes a medida do diâmetro). Ainda na primeira etapa, são atribuídos coeficientes aos corpos de prova segundo os gradientes de cor do concreto, avaliados em conjunto e visualmente pela Comissão Organizadora, na presença dos participantes. São desclassificados os corpos de



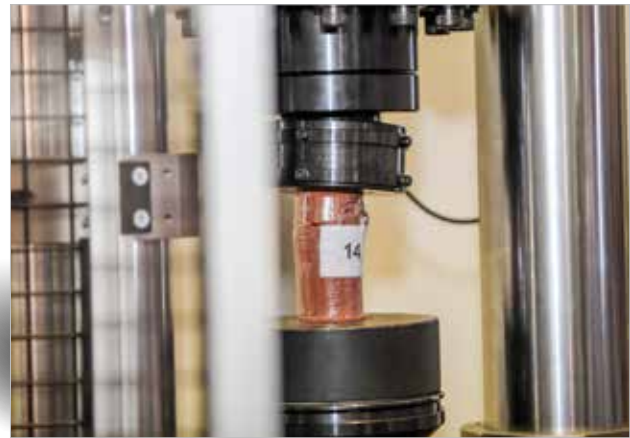
MEDIDA DA ALTURA DO ECO-CC



PESAGEM DO ECO-CC



ECO-CC NO TESTE DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL



ROMPIMENTO DO CORPO-DE-PROVA PARTICIPANTE DA COMPETIÇÃO

prova com coloração próxima ao do concreto convencional, do concreto branco e do concreto escuro.

Na segunda etapa, os corpos de prova são rompidos por compressão axial, tendo registrada a máxima carga para sua ruptura. Na última etapa, é feita uma inspeção visual do corpo de prova rompido para verificação da conformidade de seus componentes com o Regulamento.

A pontuação final é o resultado da carga de ruptura do corpo de prova multiplicado por seu coeficiente de cor. Vence o concurso a equipe que conseguir a maior pontuação final. Em caso de empate, é considerado vencedor o corpo de prova com melhor eficiência no uso de ligantes, definida como a razão entre o consumo declarado de ligantes totais (em kg/m^3) e a tensão de ruptura do concreto (em MPa).

► PREMIAÇÃO ECO-CC 2013



55º Congresso Brasileiro do Concreto
GRAMADO | RS



RICARDO TADEU PINTO DE FARIA, DA VEDAOCIT, RECEBE PRÊMIO EM NOME DA EQUIPE VENCEDORA DA DIRETORA TÉCNICA, INÊS BATTAGIN

► 1º LUGAR

Centro Universitário Adventista
(Campus Engenheiro Coelho)

- EQUIPE – Lucas da Silva Barboza, Andrews Magaieski Graepp, Denison de Souza Hanelt, Luiz Fernando Kowalski, Gracieli Locatelli Dias, Camila do Mont Figueiredo, Alef Rayan Souza Valentina, Jéssica Kelly Gonçalves Rodrigues, Rebeca Santos Silva, Maiara Gomes Montaute, Murilo Aziz Araujo, Joanna Aurora Dorini, Eliseu Cunha Gonçalves, Pedro Augusto da Silva Pereira, Jonatas Victor Rotondani
- ORIENTADORES – Debora Pierini Gagliardo, Artur Lenz Sartorti, Jean Cleudes Gagliardo
- PONTUAÇÕES – Massa: 430,3 | Cor: 1 | Carga: 41466,586kgf
Seção: 1968,734887mm² | Compressão: 206,5531008MPa
Pontuação final: 206,5531



EQUIPE RECEBE PRÊMIO DA PROFª JANAINA ARAÚJO, DA COMISSÃO ORGANIZADORA

► 2º LUGAR

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

- EQUIPE – Allan Silveira Baptista, Alexandre Oliveira, Anne Caroline Dal Bello, Felipe Hirata Bianchin, Gustavo Madres, Josiane Manini da Silva, Mikael Maçaneiro, Vanessa Giaretton Cappelleso
- ORIENTADORES – Ana Paula Kirchheim, Denise Dal Molin, Abraão Bernardo Rohden, Guilherme Hoern Trindade
- PONTUAÇÕES – Massa: 527,3g | Cor: 1 | Carga: 32192,658kgf
Seção: 1968,734887mm² | Compressão: 160,3578682MPa
Pontuação final: 160,3579



EQUIPE POUSA PARA FOTO AO LADO DO PRESIDENTE DO IBRACON, TULIO BITTENCOURT (2º DA DIR. P/ESO.)

► 3º LUGAR

UFPE – Universidade Federal de Pernambuco

- EQUIPE – Pedro França, Marconi Cavalcanti, Rafael Girão, Átila Galdino, Alisson Almeida, Lucio Victor, Cleandro Alencar, Indira Samantha Ana Emilia
- ORIENTADOR – Prof. Arnaldo Carneiro
- PONTUAÇÕES – Massa: 500,3g | Cor: 1 | Carga: 30578,662kgf
Seção: 1976,344531mm² | Compressão: 151,7317608
Pontuação final: 151,7318

A premiação das equipes vencedoras ocorreu no jantar de confraternização do 55º Congresso Brasileiro do Concreto e estas, além da placa alusiva ao resultado no Concurso, foram agraciadas com um cheque no valor de R\$ 3000,00.

FÁBIO LUÍS PEDROSO

SÓCIOS DO IBRACON ELEGEM OS MEMBROS DO CONSELHO DIRETOR

Em votação direta e secreta, os associados ao Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON) elegeram os membros do Conselho Diretor para a gestão 2013/2015.

Puderam participar da eleição todos os associados ao IBRACON, adimplentes e com mais de seis meses de filiação, excluídos os da categoria Estudante de Graduação. Nas cédulas de votação, os sócios assinalaram seu voto nos nomes dos associados que desejaram concorrer às vagas do Conselho Diretor ou indicaram um associado de sua preferência no campo em branco.

A cédula pôde ser remetida ao IBRACON pelos Correios

(meio no qual o sócio se identificava no envelope, mas não na cédula) ou depositada nas urnas espalhadas pelo Centro de Convenções da ExpoGramado, local de realização do 55º Congresso Brasileiro do Concreto. As 74 cédulas recebidas pelos Correios tiveram seus envelopes abertos publicamente pelos membros da Comissão de Apuração, formada pelos associados Cláudio Kerr do Amaral, Angêla Borges Masuero, Anne Neiry de Mendonça Lopes, Carla Sahium Traboulsi, João Rafael Guimarães, Eduardo Cherutti e presidida por Flávio Moreira Salles, e foram depositadas fechadas nas urnas de votação, totalizando 180 cédulas.

Destas, três cédulas enviadas foram anuladas em razão



Comissão de Apuração, com seu presidente, Flávio Moreira Salles, à direita.

Tabela 1 – Eleitos - Membros do Conselho Diretor

Sócios titulares mantenedores e coletivos		Total
1º	ABCP	120
2º	Poli-USP	106
3º	IPT	100
4º	Falcão Bauer	79
5º	Furnas	74
6º	ABCIC	72
7º	Gerdau	69
8º	ABESC	68
9º	CNO	66
10º	Otto Baumgart	62

Sócios titulares individuais		Total
1º	Inês Battagin	90
2º	Cláudio Sbrighi Neto	80
3º	Ana Elisabete Jacintho	79
4º	Augusto de Vasconcelos	79
5º	Nélson Covas	73
6º	Vladimir Paulon	70
7º	Antonio Laranjeiras	65
8º	Enio Pazini Figueiredo	63
9º	Júlio Timermam	62
10º	Luiz Prado	61



de duplicidade de votos e outra por conter mais de 10 nomes indicados na categoria Individuais.

Confira os eleitos na Tabela 1!

Órgão máximo deliberativo do Instituto Brasileiro do Concreto, o Conselho Diretor é formado pelos 10 associados mais votados na categoria Individual e pelos 10 associados mais votados na categoria Coletivos/Mantenedores. Também fazem parte do Conselho, os ex-presidentes do IBRACON, como conselheiros permanentes.

Dentre outras atribuições, cabe ao Conselho a eleição do novo Presidente do IBRACON, que deve ser escolhido entre seus conselheiros da categoria Pessoa Física. O Presidente escolhido deve ser sócio diamante, além de cumprir uma série de outros requisitos, mas principalmente, apresentar um bom Programa de Trabalho. A eleição do novo presidente do IBRACON está marcada para o próximo dia 12 de dezembro.

FÁBIO LUÍS PEDROSO

A maior linha de produtos químicos para construção civil

Obras bem protegidas. Sempre.

A Viapol oferece soluções customizadas para todo tipo de obra, com proteção e eficácia.

operamarketing.com.br

www.viapol.com.br
 SP (11) 2107-3400
 BA (71) 3507-9900



Associado ao Instituto Brasileiro de Impermeabilização



Sistema de Gestão da Qualidade Certificado NBR



Nossa marca é proteger sua obra

PROGRAMA QUER MELHORAR A QUALIDADE NO PROCESSO CONSTRUTIVO BRASILEIRO

A sociedade brasileira tem tomado conhecimento nos últimos anos de episódios de queda de edificações em construção ou reforma. O caso mais recente ocorreu em São Paulo, num prédio de dois pavimentos em construção na zona leste, que deixou pelo menos sete pessoas mortas e 26 feridas, segundo informações do Corpo de Bombeiros. Há dois anos, o caso da queda do Edifício Liberdade, no centro do Rio de Janeiro, com 20 andares, provocada por uma reforma feita na clandestinidade, ganhou notoriedade nacional. Casos como o Edifício Palace II (1998), na Barra da Tijuca, no Rio de Janeiro, com 20 andares, o Edifício Areia Branca (2004), de 12 andares, na região metropolitana de Recife, e o Edifício Real Class, em Belém do Pará (2011), com 30 andares, apesar de mais recuados no tempo, continuam presentes no imaginário popular como exemplos nefastos de má construção ou de ausência de manutenção.

Contribuir para o desenvolvimento da qualidade no processo construtivo brasileiro, tanto em sua fase de projeto e execução quanto na fase de uso da edificação, é a missão do Programa Nacional de Redução de Riscos e Aumento da Vida Útil das Edificações, lançado neste ano pelas entidades Associação Brasileira das Patologias das Construções (ALCONPAT), Sindicato da Habitação de São Paulo (Secovi-SP), Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural (ABECE) e Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON), entre outras. O IBRACON vem discutindo o tema desde a queda do Edifício Areia Branca, em 2004.

Entre os objetivos do Programa, estão:



PROF. BERNARDO TUTIKIAN FALA DO PROGRAMA NACIONAL DE REDUÇÃO DE RISCOS E AUMENTO DA VIDA ÚTIL DAS EDIFICAÇÕES, OBSERVADO PELOS DEBATEDORES PAULO HELENE, ENIO PAZINI E LUIZ CARLOS PINTO

- Viabilizar leis municipais, estaduais e nacionais de inspeção de edificações, bem como sua efetiva aplicação por meio de procedimentos adequados, tanto do ponto de vista técnico quanto por profissionais devidamente capacitados e habilitados;
- Criar condições técnicas e organização do setor construtivo brasileiro para reduzir e gradativamente eliminar as ocorrências de ruína parcial ou total de estruturas de concreto;
- Interagir com entidades representativas de outros subsistemas que indiretamente afetam a segurança e vida útil dos edifícios, com a finalidade de criar procedimentos técnicos complementares aos da segurança estrutural;
- Disseminar entre proprietários públicos e privados, e usuários de edifícios as práticas de uso e manutenção para as estruturas de concreto.

As discussões em torno do tema da inspeção e manutenção de edificações já surtiram efeitos. Acaba de entrar em vigor a norma brasileira ABNT NBR 16230 – Qualificação e Certificação de Pessoal – Requisitos, que estabelece as competências mínimas exigidas dos profissionais que desejam atuar na inspeção de estruturas de concreto. Está também em discussão em Comissão de Estudo da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), em fase de Consulta Nacional, o projeto de Norma para Reforma de Edificações.

Entre outras ações em desenvolvimento no Programa Nacional de Redução de Riscos e Aumento da Vida Útil das Edificações, estão:

- A criação e o desenvolvimento de norma e manual de procedimentos de inspeção de estruturas de concreto de edifícios em uso;
- A criação e o desenvolvimento de material orientador aos proprietários e administradores de edifícios sobre procedimentos para contratação de serviços especializados de inspeção de estruturas de edificações em uso;
- A estruturação do conteúdo e padronização das aulas de um programa de cursos para capacitar profissionais interessados em realizar inspeções;
- A associação da capacitação do profissional a um sistema de certificação alinhado com as exigências de inspeção de estruturas de concreto.



PROF. LUIZ CARLOS PINTO EM MOMENTO DE SUA APRESENTAÇÃO



MOMENTO DA PALESTRA DO PROF. BERNARDO TUTIKIAN

O Programa tem realizado mesas-redondas de inspeção e manutenção predial em vários estados brasileiros para divulgar o que tem sido realizado e para debater e trocar ideias sobre o tema. A última mesa-redonda aconteceu no dia 31 de outubro, durante a realização do 55º Congresso Brasileiro do Concreto (55º CBC), em Gramado, no Rio Grande do Sul, com participação expressiva dos congressistas – a sala, com capacidade para 600 pessoas, estava lotada, inclusive os corredores!

MESA-REDONDA DISCUTE MEDIDAS PARA REDUÇÃO DE RISCOS

A diminuição de acidentes com construção e reforma de edificações passa necessariamente, segundo os palestrantes da Mesa-Redonda ocorrida no 55º CBC, pela estruturação de um sistema de qualidade na execução e manutenção das obras, composto pelo controle tecnológico do concreto, pela auditoria de projeto e pelas inspeções durante a construção e após a entrega da edificação para uso. “O projeto é apenas a disposição do que almejamos numa obra. Se não assegurarmos de que a obra foi executada segundo os parâmetros do projeto, as projeções de vida útil não se sustentam”, ilustrou o palestrante Luiz Carlos Pinto da Silva Filho, diretor da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Segundo ele, um sistema de inspeção com vistas a assegurar a qualidade do processo construtivo, deveria ser formado, além das inspeções durante a execução, por:

- Inspeção cadastral quando da entrega da edificação: espécie de certificado de nascimento da obra, onde constasse resistência à compressão aos 28 dias (fck), módulo de elasticidade e permeabilidade do concreto usado nos elementos estruturais, bem como cobrimento das armaduras, condições ambientais, qualidade de execução e modelo de previsão de vida útil, entre outras informações;
- Inspeções regulares para assegurar a funcionalidade dos subsistemas da edificação, como elevadores, instalações elétricas e hidráulicas, entre outros;
- Inspeções especiais que assegurassem a segurança estrutural, com a vistoria de elementos de fachada, marquises, reservatórios, etc.;
- Inspeção emergencial, em casos da necessidade de ações excepcionais para evitar acidentes.

No entanto, os desafios para sua implantação por meio de leis não são poucos, sendo citado pelo palestrante: a forma de viabilizar o sistema economicamente, com a implantação dos custos de manutenção e intervenção em edificações; o escopo da inspeção, com a priorização dos elementos de maior risco (pilares de garagem, elementos de fachada, fundações e instalações elétricas/hidráulicas); a periodicidade de cada uma das inspeções, em função das idades das edificações; e a definição clara da responsabilidade técnica do inspetor.

“O custo de uma edificação é o custo de construí-la e de mantê-la, de modo que ela cumpra com suas

finalidades de desempenho ao longo de sua vida útil. Este custo de manutenção está associado ao uso e operação da edificação, mas também pode ser reflexo de problemas ocorridos nas fases de planejamento, projeto, fornecimento de materiais e execução da obra. Dessa forma, o projetista, o construtor e o proprietário possuem responsabilidades em relação a ele”, exemplificou, em seguida, o palestrante Enio Pazini Figueiredo, professor da Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás (UFG). Citando a lei de Sitter sobre a evolução dos custos das intervenções, vaticinou: “quanto mais demormos para fazer a manutenção preventiva ou corretiva necessária, mais crescem os custos da intervenção”.

À lista de desafios para implantação de um sistema de qualidade na construção, Pazini acrescentou a necessidade de uma normalização nacional adequada para a inspeção de estruturas de concreto de edificações em uso. “Quais são os critérios relativos aos ensaios de inspeção que devem embasar as decisões? Quantas medidas de resistividade? De potencial de corrosão? De profundidade de carbonatação”, inquiriu dos presentes.

Falando dos mecanismos de deterioração que impactam a vida útil das estruturas, o palestrante Prof. Paulo Helene, diretor da PhD Engenharia, ressaltou a necessidade de fazer uma distinção entre envelhecimento precoce e envelhecimento natural da estrutura de concreto. Para ele, o que incomoda quando se fala de qualidade da construção é o envelhecimento precoce, não previsto em projeto, que acontece antes dos 50, 63 ou 75 anos (VUP da ABNT NBR 15575).

A ABNT NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto traz quatro mecanismos de deterioração associado ao concreto (lixiviação, expansão por sulfatos, expansão por reação álcali-agregado e intemperismo), dois associados ao aço (corrosão por carbonatação e corrosão por cloretos) e diversos associados à estrutura (ações mecânicas, movimentações térmicas, impactos, ações cíclicas, retração, fluência e relaxação).

Em sua palestra, Helene exemplificou a importância de se entender esses mecanismos para reduzir riscos e a incidência de problemas na construção civil. Tomando por referência a lixiviação, ensinou: “A lixiviação é o mecanismo de carregamento de sais solúveis pela água através de fissuras e dos poros do concreto. Seus sinto-



PROF. ENIO PAZINI FALA DO CUSTO DE UMA EDIFICAÇÃO EM SUA PALESTRA NA MESA-REDONDA



PROF. PAULO HELENE DURANTE SUA APRESENTAÇÃO NA MESA-REDONDA

mas são as manchas esbranquiçadas e as eflorescências na superfície da estrutura. A continuidade prolongada do mecanismo pode trazer a redução do PH do concreto, com conseqüente corrosão das armaduras e redução da vida útil da edificação. A prevenção da lixiviação é obtida pela menor relação água/cimento e pelo uso de adições na dosagem do concreto, bem como pela cura do concreto lançado e pela impermeabilização da estrutura”.

Contextualizando quando o mecanismo de deterioração torna-se um problema de qualidade na execução, observou que “se a RAA (reação álcali-

-agregado) ocorrer num prazo de 50 ou 65 anos, ela está associada ao envelhecimento natural da edificação; mas, ocorrendo num prazo de 20 anos, é um problema patológico, que não deveria ocorrer”.

Finalizando, Paulo Helene chamou a atenção do público para o fato da profissão do engenheiro civil ser de confiança pública e, por conta disso, dever ser exercida com responsabilidade, dentro dos parâmetros normativos. “Casos graves podem ocorrer na construção de habitações populares, onde o usuário, com o advento dos problemas construtivos deixa de pagar as prestações do financiamento, o que pode levar o banco financiador à falência, inviabilizam o sistema de financiamento habitacional por uma grande responsabilidade da engenharia civil”, concluiu.

FÁBIO LUÍS PEDROSO



Pontes e Pórticos Rolantes
Capacidades de 05 a 40 toneladas
vãos até 30m.



Consultoria, Equipamentos para Pré-Moldados

Weller - C. Holzberger Industrial Ltda.

Rua Alfa, 400 - CEP 13505-620 - Distrito Industrial - Rio Claro - Brasil

Tel. ++55 (19) 3522 5900 Fax: ++55(19) 3522 5905

www.wch.com.br e-mail: wch@wch.com.br

A onda de concreto que flutua no M.A.R.

IVAN RAMALHO DE ALMEIDA – PROFESSOR TITULAR (APOSENTADO)
UFF

1. INTRODUÇÃO

Surgiu recentemente uma grande novidade na Praça Mauá, centro da cidade do Rio de Janeiro: a cobertura fluida do Museu de Arte do Rio (CF do MAR). Projetada por Bernardes + Jacobsen Arquitetura, a peça estrutural tem forma de onda do mar, véu, lençol, nuvem, tapete voador... a imaginação é o limite. O fato é que ela tem quase 1700m², pesa 800 toneladas e “flutua” a cerca de 30m de altura, unindo dois prédios revitalizados que integram o novo museu. À esquerda, da década de 40, em estilo modernista, o conjunto da antiga Estação Rodoviária do Rio de Janeiro (Mariano Procópio) com o Hospital da Polícia Civil. À direita, o Palacete Dom João VI, em estilo eclético, de 1916, que esteve desocupado nos últimos 10 anos.

Desde a inauguração, na data de aniversário da cidade, 1º de março de 2013, o primeiro prédio sedia a Escola do Olhar (lado educativo do museu), enquanto o segundo abriga as exposições propriamente ditas.

A recuperação e reutilização desses edifícios, concebida e realizada pela Prefeitura e pela Fundação Roberto Marinho, integra o processo de revitalização pelo qual passa a região portuária da cidade.

2. CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DA ESTRUTURA

Do ponto de vista arquitetônico, desejava-se obter uma estrutura esbelta e leve, que “flutuasse” sobre as duas edificações, ligando-as. Inicialmente, pensou-se em executá-la em concreto estrutural branco, mas os altos custos envolvidos fizeram com que a ideia refluísse. Permaneceu, contudo, o desejo de que o concreto fosse o mais claro possível e sem marcas em sua superfície inferior.



a) Vistos de frente, com a Praça Mauá em 1º plano, a Polícia Federal e o INT nos fundos e o Viaduto da Perimetral e o Porto à direita



b) Vistos por trás, com a antiga rodoviária em 1º plano e o Edifício A Noite ao fundo à direita.

Figura 1 – Os prédios antes da intervenção

Do ponto de vista da engenharia civil, trata-se de uma laje suspensa de cobertura de concreto armado com contorno retangular e dimensões de 25m X 67m e espessura média de 19cm, mas predominantemente de 15cm, com engrossamentos que chegam aos 30cm no entorno dos pilares mais solicitados. A geometria é ondulada na direção vertical, tanto na superfície superior quanto na inferior, sem nenhuma simetria em nenhuma direção.

Em alguns pontos, a diferença de cotas entre o topo de uma parte côncava e o fundo de uma parte convexa adjacente atinge 1,50m de altura.

A peça, sem vigas, apoia-se em 37 tubos de aço gal-

vanizado com apenas 16,8cm de diâmetro externo, predominante na Escola do Olhar; e 27,3cm no Palacete, e entre 0,7 e 1,9cm de parede. Nas extremidades, há balanços de 4 a 5m na frente, 5m nas laterais e 6m atrás, e, entre os prédios, há um vão livre de mais de 13m.

O projeto estrutural conceitual e a primeira modelação matemática da CF foram realizados pelo escritório GOP (da Cidade do Porto - Portugal). O cálculo estrutural foi levado a cabo pela Cerne Enga. (do Rio de Janeiro) e verificado pela Engeti (de São Paulo). A construção ficou a cargo da Concrejato, o gerenciamento foi da Engineering e a consultoria de concreto, da W.G.Corrêa.



a) Vista de frente



b) Vista de fundos, com a passarela metálica que liga os dois prédios ao centro da imagem

Figura 2 – Imagem artística do projeto



Para evitar juntas, pretendia-se que a peça fosse executada de uma só vez, com um volume de 320 m³ de concreto, f_{ck} 40MPa, módulo de deformação relativamente alto e pouca retração. A durabilidade da estrutura deveria ser elevada, minimizando-se o nível de fissuração através da adoção de materiais e técnicas construtivas adequadas.

3. MATERIAIS EMPREGADOS

3.1 FÔRMAS

Esta etapa, logo no início do processo, constituiu-se no primeiro grande desafio a ser superado na obra: como realizar a fôrma da C.F., com uma forma tão complexa? Diversas opções foram pensadas.

Um primeiro orçamento de empresa especializada de atuação internacional, com fôrma inferior e superior de madeira superou todo o montante disponível para a obra. Pensou-se também em realizar em madeira uma fôrma inferior fixa e outra superior, parcial e temporária, para auxiliar a modelação do concreto, bem como aventou-se a hipótese (logo abandonada) da modelação com areia enrijecida, tal como usada em fundição.

A solução que terminou por ser adotada, porém, foi a confecção da fôrma inferior em isopor, sem fôrma superior. A tarefa foi executada por artesãos da Escola de Samba “Acadêmicos do Salgueiro”, que a esculpiram a partir de um modelo geométrico e acompanhamento topográfico nas peças de isopor de alta densidade: EPS tipo 2, mais denso, no centro, e EPS tipo 1, nas bordas.

A base plana de madeira foi apoiada em um escoramento suspenso nos prédios existentes e em seu entorno, e o isopor, fornecido em blocos de 0,50m x 0,30m x 1,00m, subiu em módulos de cerca de 6m x 8m, com altura variando entre 1,00 e 1,70m e peso em torno de 800kg, posicionados por uma grua, como peças de quebra-cabeças. A ligação entre os módulos foi efetuada com uma resina especial.

Como não houve fôrma superior, o concreto teve de vencer acíves e declives por autossustentação, sem segregar, e foi depois moldado manualmente com desempenadeiras e réguas apoiada em guias de madeira.

Dado o seu ineditismo, até que se atingisse o nível técnico adequado à obra, foram confeccionados 3 protótipos em escala real, com variações nas densidades do EPS, até que se obtivesse a resistência capaz de suportar (sem perder a forma) os pesos da densa armadura de aço e do trânsito de materiais, equipamentos e pessoal durante a preparação e o processamento da concretagem.

Foi necessária ainda a execução de uma camada superficial mais rígida e resistente no isopor, que não fosse perfurada pelos espaçadores de fundo de fôrma, característica essa que só foi atingida após diversos testes, com aplicação da resina à base de água Bariplast E 627 enrijecida com fibra de vidro e recoberta com talco industrial em pó.

3.2 ARMADURAS

Com um peso total de barras de aço superior a 100.000kg, a estrutura possuía alta densidade de arma-

dura - mais de $310\text{kg}/\text{m}^3$, em sua maioria constituída por malha dupla, com barras de aço de $12,5\text{mm}$ de bitola, espaçadas de 15cm .

O aço CA-50, detalhado predominantemente em barras retas, foi galvanizado pela empresa B. Bosch S.A., de Jundiá. Onde houve necessidade de complementar algum detalhe ou dobrar alguma barra, aplicou-se uma proteção a frio com o produto Galvite. O custo desse tratamento encareceu a armação em cerca de 30%.

O peso dessa armadura dificultou a seleção dos espaçadores de fundo de fôrma, que ou deformavam ou partiam, embora devessem resistir tanto aos esforços mecânicos envolvidos na concretagem quanto ao ataque do meio ambiente marinho ao longo do tempo, além de não poderem marcar a estrutura após a desforma.

Diversos formatos de produtos comerciais plásticos foram testados sem sucesso. Na sequência, foram moldados experimentalmente espaçadores de argamassa de cimento, em copos plásticos de água, de café ou caixas

de ovos, que, descobriu-se, posteriormente, giravam, deixando a armadura sem apoio no fundo da fôrma. O modelo que apresentou o resultado mais razoável foi mesmo a tradicional “cocada”, de seção quadrada com cerca de 5cm de aresta e altura igual ao cobrimento mínimo da armadura (3cm). O material utilizado na fabricação das peças (6.700 unidades), entretanto, foi um graute comercial de alta resistência, fornecido semi-pronto, seco, ensacado (Enckrete 40, da MC Bauchemie).

3.3 CONCRETO

Para conformar a CF, o concreto fresco deveria ser coeso o suficiente para vencer aclives e declives sem segregar, embora trabalhável a ponto de ser transportado e lançado por bombeamento e adensado com vibrador de imersão, depois de atravessar a densa malha dupla de armaduras.

Era completamente indesejável a presença de fissuras, já que no estado endurecido o concreto deveria ser

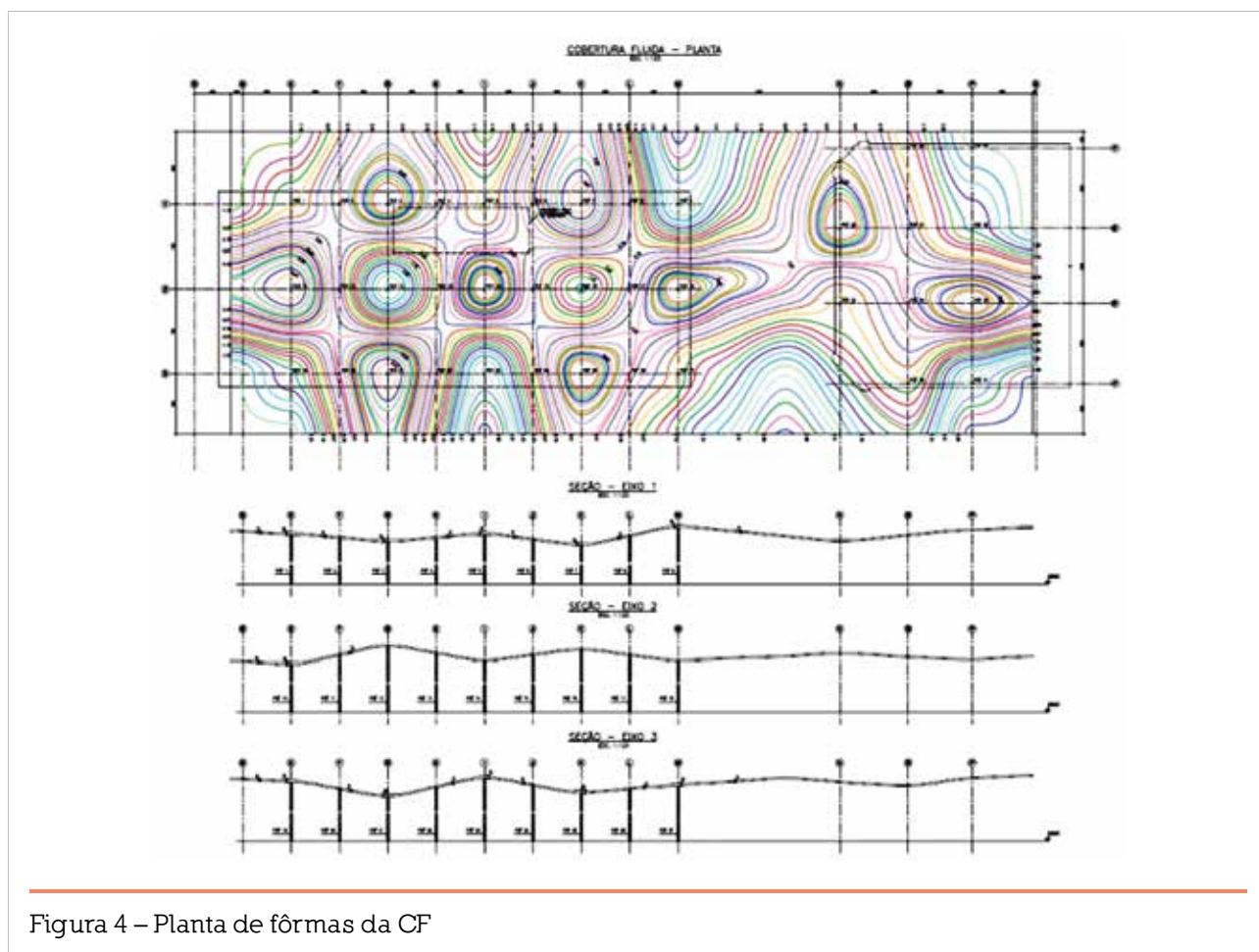


Figura 4 – Planta de fôrmas da CF



Figura 5 – Alguns formatos de espaçador testados. À direita, um deles “girado”

impermeável e durável, mesmo no meio ambiente marinho do cais do Porto do Rio de Janeiro.

Para tanto, a consultoria de tecnologia de concreto especificou que a composição deveria atender as exigências da segunda coluna da Tabela 1.

3.3.1 Estudo inicial na central de concreto

Meses antes da concretagem da CF, foram testadas algumas composições de concreto com variações dos tipos e dosagens de aditivos, agentes cristalizantes e fibras sintéticas na central selecionada para fornecer o material.

O cimento utilizado foi o CP III 40 RS Votoran e os aditi-

vos testados foram dos tipos polifuncional Rheoset Tec Mult 411 (para promover redução de água e garantir trabalhabilidade do concreto com o fator A/C adequado à durabilidade pretendida para a estrutura) e retardador de pega (para garantir a manutenção das características de trabalhabilidade do concreto durante o transporte e o lançamento nas fôrmas). O retardador, porém, foi substituído pelo uso de gelo, na proporção de 80% da água de amassamento, que teve ainda as funções complementares de elevar a coesão, retardar a pega e reduzir a temperatura da mistura, diminuindo a propensão do concreto à fissuração.

Foram empregadas ainda sílica ativa Silmix (para garantir resistência, coesão e durabilidade ao concreto),

Tabela 1 – Características do concreto

Materiais e características	Especificadas	Obtidas nos testes preliminares
f_{ck}	$\geq 40\text{MPa}$	$\geq 50\text{MPa}$
Cimento	$\geq 360\text{kg/m}^3$	391kg/m^3
Fator A/C	$\leq 0,45$	0,45 (relação A/(C+s))
Tamanho máximo do agregado	$\leq 25\text{mm}$	25mm
Abatimento	$10 \pm 2\text{cm}$	11cm
Teor de argamassa seca	De 52% a 55%	53,4%
Sílica ativa	$7 \pm 1\%$ da massa de cimento	7,4% da massa de cimento
Microfibra de polipropileno	$\geq 0,6\text{kg/m}^3$	$0,6\text{kg/m}^3$
Agente cristalizante	$\geq 2\%$ da massa de cimento	2% da massa de cimento
Água	$\leq 180\text{kg/m}^3$	189kg/m^3
Teor de ar	$\leq 4\%$	-
Temperatura do concreto depois do adensamento	$\leq 28^\circ\text{C}$	21°C
Aditivo polifuncional	-	0,7% da massa de cimento e sílica



Figura 6 – Protótipos - espaçador fura a fôrma

microfibras de polipropileno Neomatrix (para aumentar a coesão do concreto no estado fresco e diminuir a propensão do concreto à fissuração nos estágios iniciais de endurecimento) e agente cristalizante Xypex Admix C-500, para aumentar a impermeabilidade da estrutura ao longo do tempo.

As características do traço selecionado para o prosseguimento dos testes estão na terceira coluna da Tabela 1.

3.3.2 Testes em protótipos

Ao todo foram concretados, no próprio canteiro da Praça Mauá, três protótipos, que reproduziram, em escala real, trechos da borda da laje com maior inclinação (aproximadamente 20°) e de uma área com pilar apoiado em uma sapata (com maior densidade de armadura à sua volta).

Considerando-se a possibilidade de ocorrência de incompatibilidade química entre a resina que revestia a fôrma de isopor e os produtos desmoldantes que seriam nela aplicados antes da concretagem, foram testados diversos destes produtos, bem como os agentes de cura química.

O concreto, fornecido em caminhão betoneira e transportado para as fôrmas por bomba-lança, apresentou-se denso e coeso, sem nenhum indício de segregação, com teor de argamassa adequado para bombeamento, permeou sem dificuldade pela malha da armadura e distribuiu-se adequadamente na fôrma.

Durante os testes em protótipos, foram feitas observações importantes sobre a prática da vibração, tais como: o pequeno raio de ação dos vibradores disponíveis na oca-

sião, a necessidade de treinamento dos vibradoristas, etc.

As ocorrências indesejáveis observadas nos primeiros protótipos, após a desmoldagem, foram corrigidas no terceiro, que atingiu uma qualidade bastante satisfatória. Já, o traço de concreto foi aprovado sem alterações.

4. CONCRETAGEM DA CF

A consultora de concreto elaborou um documento com as especificações para a inspeção prévia de escora-

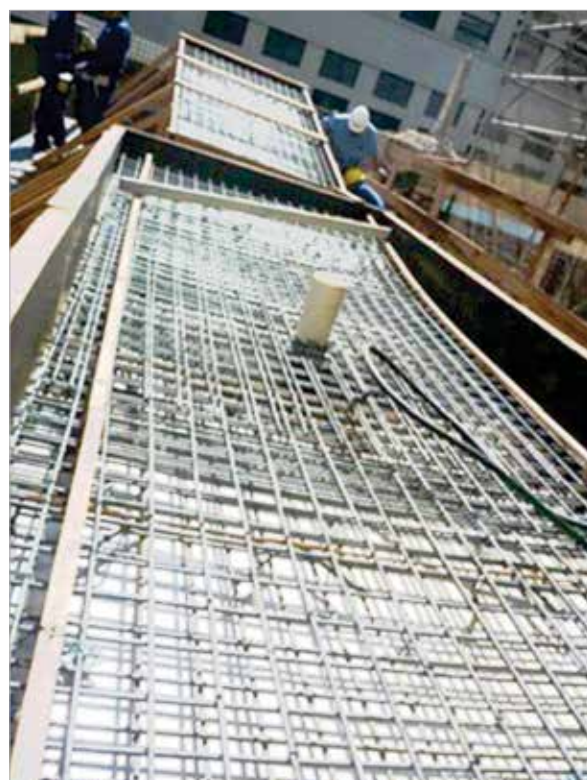


Figura 7 – Protótipos 1 e 2 antes e durante a concretagem

mento, fôrmas e armaduras e para o controle de execução de mistura, transporte, lançamento, adensamento e cura do concreto, no qual se incluiu ainda a logística de concretagem da CF do MAR.

A concretagem ocorreu num sábado (dia escolhido para facilitar as interdições de rua), a partir das 12:00h. No concreto do primeiro caminhão foram medidos o abatimento (12 cm), a temperatura (16 °C) e o teor de ar (3,6%).



Figura 8 – Terceiro protótipo depois de desmoldado



Figura 9 – Preparativos antes da concretagem

O concreto foi recebido por duas equipes de concretagem, uma para cada tubulação de bomba disponível. Foi lançado por mangotes flexíveis, espalhado com enxadadas e adensado com vibradores de agulha. Atingido o nível delimitado pelas guias de madeira, procedeu-se ao acabamento, executado inicialmente por desempenadeira metálica (rodo de corte) e seguido de desempeno manual com desempenadeiras metálicas.

Cerca de 8 horas após o início, as frentes de concretagem começaram a encontrar as áreas onde haviam sido lançados os primeiros concretos recebidos. Por receio da formação de juntas de concretagem, procedeu-se a medida da temperatura do concreto inicial (24°C), que se apresentou ainda trabalhável. Em seguida, efetuou-se a revibração desse concreto em conjunto com o concreto novo, o que foi realizado sem nenhum problema.

Ao final dos serviços (por volta das 00:30h), a concretagem como um todo foi considerada satisfatória, mas avaliou-se também que, com pouco esforço adicional, poderia ter sido aprimorada.

Dez dias após a concretagem, realizou-se uma inspeção na superfície superior da CF e não se constatou a existência de nenhuma fissura, por menor que fosse. Nessa altura já haviam sido retiradas as fôrmas laterais em 50% do perímetro e foi verificada apenas um vazio (broca) de pequenas dimensões (poucos centímetros). O concreto, além de tudo, apresentava-se muito claro, quase branco, como era desejado.

Na ocasião, já estavam disponíveis os resultados dos ensaios realizados aos 7 dias de idade e foi possível prever que a resistência à compressão do concreto no mínimo

chegaria bastante próxima à desejada e que o módulo de elasticidade já havia atingido o nível pretendido.

Quando parecia tudo resolvido, na reunião convocada para liberar a retirada do escoramento, soube-se que as detonações em rocha do Túnel do Binário começariam no dia seguinte, bem em frente ao MAR. O início da retirada do escoramento foi, então, postergado por alguns dias, até que Cerne e Engeti realizassem uma análise das influências desses serviços na estrutura do MAR.

5. CONTROLE TECNOLÓGICO

A consultora especializada preparou um plano de controle tecnológico do concreto da CF, com relação de ensaios, frequências e metodologias, mapa de rastreamento do concreto na estrutura e planilha de inspeção na usina de concreto, cujos resultados se apresentam resumidamente a seguir.

5.1 ABATIMENTO

Em cerca de metade dos caminhões foi respeitado o limite de 10 ± 2 cm, com o concreto fresco apresentando excelente coesão. De um certo ponto da concretagem em diante, porém, por solicitação da construtora, parte da água retida nos caminhões betoneira (50 a 80 litros) passou a ser incorporada à mistura, com o intuito de acelerar o ritmo dos trabalhos. O abatimento atingiu então, em alguns casos, 16 cm, mas sem apresentar nenhuma segregação.

5.2 TEMPERATURA

Medida em todos os caminhões, variou entre 16°C e 21°C , dentro dos limites especificados.



Figura 10 – Aspectos da CF pouco antes da concretagem, ressaltando a densidade de armadura. No canto inferior direito, a elevação que o concreto teve de galgar sem segregar



Figura 11 – Aspectos da CF durante a concretagem

5.3 TEOR DE AR

Variou entre 2,3% e 3,6%, também dentro do padrão especificado.

5.4 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

A cada 5 caminhões entregues na obra, as resistências foram medidas em 3 idades, para que se observasse sua evolução ao longo do tempo. Na Fig. 12, verifica-se que, aos 3 dias de idade, superaram sempre os 20 MPa, aos 7 dias, superaram os 30 MPa e chegaram a 40 MPa, e, aos 28 dias, superaram sempre os 40 MPa e atingiram mais de 50 MPa.

Observou-se, contudo, uma tendência de redução das resistências com o avanço da concretagem (linhas pretas tracejadas, praticamente paralelas), que se repete nas 3 idades pesquisadas.

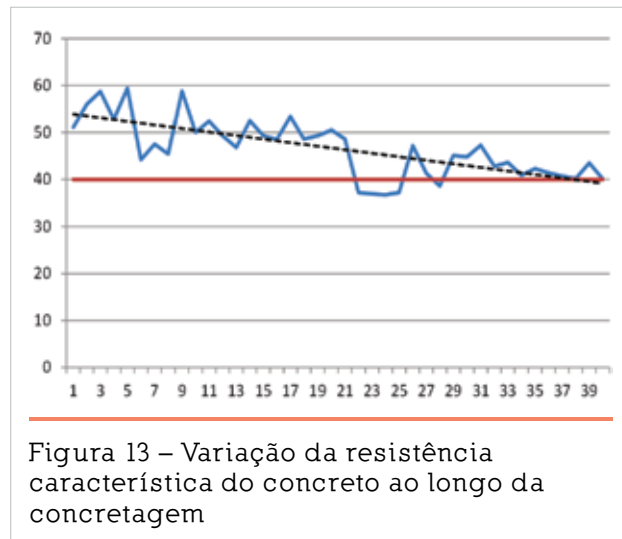
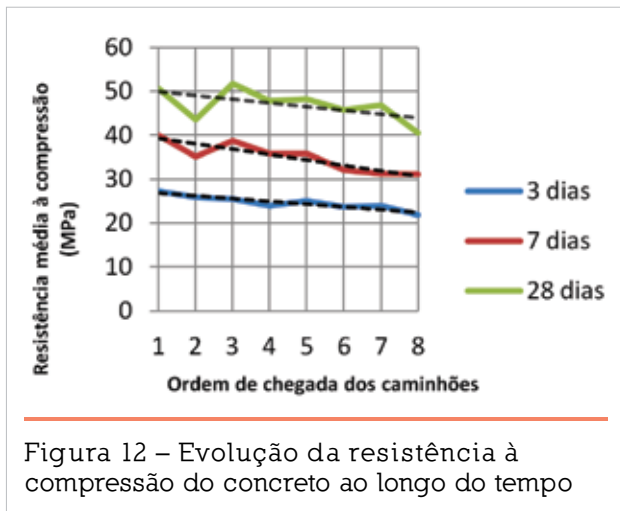
Na Fig. 13, computados os resultados de todos os 40

caminhões em que foi medida a resistência aos 28 dias, verificou-se que a resistência média de todos os lotes foi de 46,5 MPa e o desvio-padrão de 6,17, valores compatíveis com este tipo de amostragem. Confirmou-se a tendência de redução da resistência característica ao longo do tempo de evolução da concretagem.

Em 5 lotes (12,5%), a resistência característica do concreto não atingiu o valor especificado. Os resultados obtidos, entre 37,2 e 38,6, afastaram-se em até 3,3 MPa - ou 8,25% - dos 40 MPa previstos.

Essas variações foram atribuídas principalmente às introduções de água solicitadas na obra. Posteriormente, verificou-se que, tanto as notas fiscais quanto os boletins de moldagem, registraram que os 5 lotes anômalos encontravam-se entre um total de 10 caminhões que chegaram à obra com o abatimento dentro do intervalo especificado e houve solicitação de acréscimo de água.

Admitindo-se, porém, que a resistência à compres-



são do concreto cresce com o tempo e também que a CF só começou a ser plenamente descimbrada um bom tempo após a concretagem, considerou-se que estas ocorrências possivelmente não comprometeriam minimamente o comportamento da estrutura, embora a última palavra sobre essa questão devesse ser dada pelo projetista estrutural.

5.5 RASTREAMENTO DO CONCRETO NA CF

Permitiu a precisa localização da posição onde foi lançado o concreto de cada um dos caminhões betoneira, constituiu-se, assim, em um dado importante para a avaliação do projetista no sentido de considerar a relevância da questão supramencionada (no caso, a irrelevância).

5.6 MÓDULO DE DEFORMAÇÃO (SECANTE A 30% DA TENSÃO DE RUPTURA)

Variou entre 23,6, e 25,9 GPa, aos 7 dias, e entre 28,9 e 31,4 GPa, aos 28 dias.

A fórmula da norma brasileira NBR 6118:2003 para cálculo do módulo de deformação a partir da resistência característica do concreto, $E_{cs} = 0,85 (5600 f_{ck}^{1/2})$, estima valores compreendidos entre 34,5 e 32,7GPa, ou seja, cerca de 10% superiores aos obtidos nos ensaios. Sabe-se, contudo, que os concretos com agregados graúdos do Rio de Janeiro costumam apresentar resultados mais baixos que os assim previstos, que foram então considerados consistentes e coerentes com os esperados.

5.7 PENETRAÇÃO DE ÁGUA SOB PRESSÃO

Os resultados estão na Tabela 2.

Os relatórios dos ensaios registraram a presença de vazios visualmente identificáveis em todos os seis corpos de prova relativos aos caminhões 01 e 31, que apresentaram as mais elevadas penetrações de água. Como os concretos desses mesmos caminhões não registraram resultados anômalos de resistência à compressão ou módulo de elasticidade em nenhuma das idades ensaiadas, deduziu-se que os vazios dos corpos de prova, mais do que da baixa qualidade do próprio material, foram decorrentes, muito provavelmente, de deficiência de adensamento durante a moldagem.

A norma europeia ENV 206 considera um concreto com alto grau de impermeabilidade se a média dos 3 resultados for ≤ 20 mm e o valor máximo for ≤ 50 mm. Desconsiderando-se os resultados dos cps anômalos, verifica-se que o valor médio de penetração de água supera o limite, mas também que o valor máximo, correspondente a um concreto impermeável, foi atendido.

Em uma segunda avaliação, com o gráfico de Sallstrom,

Tabela 2 – Penetrações de água sob pressão

Caminhão (ordem de chegada)	Penetração de água (mm)	
	Média	Máxima
1	73,3	85,0
11	50,0	50,0
21	46,7	50,0
31	70,0	75,0



Figura 14 – Obra pronta

verificou-se que os valores médios desses concretos correspondem a coeficientes de permeabilidade inferiores a 10^{-9} cm/seg, atribuídos a concretos com alto grau de impermeabilidade.

Desta forma, admitiu-se que o concreto da CF tem um grau de impermeabilidade adequado, lembrando-se ainda que o material possui, na sua constituição, um agente cristalizante, que, apesar de ter presença pouco perceptível em ensaios rápidos com pressão de água elevada, comprovadamente possui atuação positiva em penetrações de água mais lentas, realizadas sob menor pressão, tendo sido esse exatamente o objetivo da sua inclusão no traço do concreto da CF (que, além disso, seria impermeabilizada na superfície superior e revestida na inferior).

5.8 INSPEÇÃO NA CENTRAL

A central do Caju da Engemix forneceu os atestados de calibração das balanças de cimento, agregados, água e aditivos, todos considerados corretos. As umidades medidas nos materiais foram sempre de 4% na areia natural, 1% na areia artificial e 0% nas britas.

Os dados de pesagem dos componentes do concreto respeitaram o estudo de traços previamente executado pela consultora nesta própria central e mantiveram-se constantes ao longo de toda a jornada. Segundo as próprias palavras do relatório de controle da central, *“nenhum ponto relevante foi detectado no dia do acompanhamento”*.

5.9 ANÁLISE GLOBAL FINAL DO CONTROLE TECNOLÓGICO

A título de conclusões das determinações efetuadas no concreto da CF do MAR, foi possível avaliar que as re-

sistências à compressão estiveram, em 12,5% dos casos, abaixo da desejável, embora este fato venha a ter pouca importância em termos de resistência ou durabilidade da obra. A resistência à penetração de água também poderia ter sido um pouco maior, embora os resultados confiáveis encontrem-se nos limites aceitáveis.

Fora isso, todos os outros aspectos envolvidos no controle tecnológico do concreto, tanto no estado fresco quanto no endurecido, foram atendidos a contento.

6. OBSERVAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

Ao final de todo o processo de concretagem da CF, avaliou-se como acertadas as práticas adotadas desde as etapas iniciais: definição do traço de concreto em ensaios realizados na central, confirmação do traço e testes dos procedimentos de concretagem em 3 protótipos, até que se atingisse o grau aceitável de execução na concretagem real.

Também foram avaliadas como adequadas as especificações de construção e controle de qualidade do material e seus resultados, de forma que, do ponto de vista da tecnologia do concreto, a execução da cobertura fluida do Museu de Arte do Rio, um tipo de estrutura com características de ineditismo no país e até no exterior, pode ser considerada um sucesso da engenharia nacional, com um produto final realmente espetacular.

7. AGRADECIMENTOS

A todos os envolvidos na obra, em especial aos Engos. José Eduardo Bigno (Engineering), Geraldo Filizola (Cerne), Felipe Menezes (Concrejato), Wanderley Corrêa (W.G.Corrêa) e à Arq. Cláudia Coutinho (Fundação Roberto Marinho). ●

A norma brasileira de lajes alveolares

ENG^a DRA. DANIELA GUTSTEIN – COORDENADORA DA CE DE LAJES E PAINÉIS ALVEOLARES DE ESTRUTURAS DE CONCRETO PRÉ-FABRICADAS, NA ELABORAÇÃO DA NORMA DE LAJES ALVEOLARES, E CORPO TÉCNICO ENGEVIX ENGENHARIA

1. INTRODUÇÃO

Em 2011, foi publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) a Norma Lajes Alveolares Pré-moldadas de Concreto Protendido - Requisitos e Procedimentos (ABNT NBR 14861)^[1], após três anos de trabalho intenso da Comissão de Lajes e Painéis Alveolares de Estruturas de Concreto Pré-fabricadas. Essa Norma originou-se de uma revisão da versão anterior, intitulada “Laje pré-fabricada - Painel alveolar de concreto protendido - Requisitos”, publicada em 2002, que não compreendia aspectos técnicos suficientes para o desenvolvimento e emprego do produto painel alveolar pré-fabricado, nem do produto laje alveolar, que também era abordado indiretamente na norma, ou seja, a norma era pouco abrangente e as definições não se aplicavam à atual realidade destes produtos no contexto brasileiro e não estavam alinhadas às exigências internacionais. Desta forma, representantes da cadeia produtiva de lajes e painéis alveolares (pré-fabricadores, projetistas e meio acadêmico) buscavam subsídios em normas de outros países, pela falta de normalização brasileira adequada. A Comissão de Estudo decidiu, então, tratar os dois produtos separadamente (laje e painel alveolar), iniciando os trabalhos de normalização pela laje alveolar.

No contexto internacional, a principal norma de referência adotada pela Comissão é a EN 1168^[2], que corresponde ao eurocódigo relacionado ao produto laje alveolar, ou seja, uma norma específica deste produto pré-fabricado, que tem sido discutida e revisada constantemente pelo meio técnico internacional. Manuais do PCI (*Precast/Prestressed Concrete Institute*) e da fib (*Fédération Internationale du Béton*) também foram con-

sultados, pois abordam temas relacionados ao projeto, fabricação, montagem, controle tecnológico e sistemas estruturais compostos pelas lajes alveolares.

Neste contexto, a Comissão de Estudo teve um trabalho importante, enquanto atenta aos trabalhos internacionais de referência e às normas existentes para as lajes alveolares, decidiu abordar o produto laje alveolar, com suas especificações de projeto e produção, atendendo às características dos sistemas estruturais compostos pelas lajes alveolares usualmente adotados no Brasil. Para isso, foi necessário tratar temas relacionados desde a fabricação até a montagem e solidarização da laje alveolar com o capeamento estrutural, sempre que os mesmos não eram abordados ainda em normas brasileiras (no caso, a norma de Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-moldadas - ABNT NBR 9062^[3], que é a norma brasileira de referência na hierarquia de normas da ABNT).

Este artigo descreve um pouco do processo de elaboração da norma brasileira de lajes alveolares, com as etapas e setores envolvidos, de forma a complementar o trabalho descrito em Gutstein et al (2010)^[4], ilustrando a importância da normalização das lajes alveolares no Brasil. Como esta Norma é muito abrangente, aborda-se neste artigo os principais aspectos nela contidos com relação à fabricação e montagem desses produtos na construção civil brasileira.

2. COMISSÃO DE ESTUDO DE LAJES E PAINÉIS ALVEOLARES

A Comissão de Estudo de Lajes e Painéis Alveolares de Estruturas de Concreto Pré-fabricadas (CE-18:600.19) foi instalada em 2008 no âmbito do Comitê Brasileiro de Cimento, Concreto e Agregados da ABNT (ABNT/CB-

18). O objetivo principal dessa Comissão compreende a normalização de Lajes e Painéis Alveolares de estruturas de concreto pré-fabricadas e conta com a participação de pessoas diretamente envolvidas e especializadas no assunto, do meio técnico (produtores, projetistas e demais consumidores) e do meio acadêmico. Além de pessoas envolvidas com o setor produtivo, a Comissão conta também com a participação de representantes que vem acompanhando o processo de desenvolvimento de normas técnicas relacionadas ao setor, o que é extremamente importante na contextualização e coerência com as normas nacionais e internacionais de referência.

A Comissão escolheu a coordenação e secretaria para a elaboração da norma de laje alveolar em função da experiência em normalização na área de estruturas pré-fabricadas e do conhecimento técnico sobre o tema. Foi coordenada pelo Prof. Marcelo de Araújo Ferreira de 2008 a meados de 2009 e, depois, pela presente autora até a sua publicação. O primeiro coordenador é pesquisador na área de lajes alveolares, coordenador do NETPRE/UFSCar (Núcleo de Estudos e Tecnologia em Pré-moldados de Concreto da Universidade Federal de São Carlos) e também representante brasileiro do comitê de Lajes Alveolares da *fib* (*Fédération Internationale du Béton*), organização não lucrativa criada em 1998, através da integração do *CEB* (*Comité Euro-International du Béton*) e da *FIP* (*Fédération Internationale de la Précontrainte*). A coordenadora é representante de produtores de lajes alveolares e da Comissão responsável pela revisão da ABNT NBR 9062:2006 (atuando como membro e secretária desta Comissão durante todo o processo).

A CE contou com representantes de diversos setores da cadeia produtiva, como de fabricantes de lajes alveolares, de insumos e de equipamentos, projetistas, pesquisadores (em especial, os representantes do NETPRE) e consumidores do produto. As associações ABECE (Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural) e ABCIC (Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto) desempenharam papel importante na Comissão, através de seus membros representantes. O Selo de Excelência ABCIC^[5], dentre outros documentos disponibilizados por produtores, foram tomados como referência importante pela qualidade técnica e pelo consenso de produtores já formado.

A importância da laje alveolar na construção civil brasileira e o desenvolvimento do setor nos últimos anos motivaram ações conjuntas de fortalecimento do proje-

to, produção, controle tecnológico e ainda de parcerias entre fabricantes e entidades de pesquisa. Essas ações têm sido coordenadas pela ABCIC, desde 2001, envolvendo fabricantes associados e grupos de pesquisa, como o NETPRE/UFSCar. Destacam-se os programas de ensaios desenvolvidos em parceria entre fabricantes e o NETPRE, bem como a filiação à *fib*, em 2008, onde representantes da ABCIC e do NETPRE têm atuado junto ao comitê de pré-fabricação da entidade. A ABCIC tem buscado a certificação de produtos e promovido o desenvolvimento tecnológico e empresarial do setor, de forma a atender às necessidades do mercado, o que requer a revisão e elaboração das normas técnicas em consonância com as tendências mundiais, bem como com a experimentação e a experiência brasileira adquiridas na área.

A elaboração da norma de lajes alveolares constituiu a primeira atividade desta Comissão e foi finalizada em 2011. Atualmente essa Comissão elabora a norma de painéis alveolares pré-fabricados, cujos trabalhos se iniciaram em janeiro de 2013 e tem a programação de serem finalizados até o final de 2014. O produto painel alveolar está sendo tratado separadamente, uma vez que apresenta características estruturais e funcionais diferenciadas das lajes alveolares.

3. NORMA DE LAJES ALVEOLARES - CONTEÚDOS ABORDADOS

Seguindo as diretrizes da ABNT para a elaboração do texto-base, a CE 18:600.19 definiu o sumário apresentado na Tabela 1, tendo como base a norma EN 1168^[2] e sua aplicabilidade no contexto nacional. Esta norma e demais manuais do *fib* e PCI também foram consultados na elaboração do texto-base.

Foram formados três grupos de trabalho para o desenvolvimento de partes do texto-base, preliminarmente à apreciação em plenária. Os grupos de trabalho foram descritos em Gutstein et al (2011)^[4] e seus conteúdos desenvolvidos foram acompanhados pela coordenação da CE e aprovados pelos membros participantes. Os principais temas abordados são discutidos a seguir.

3.1 ESCOPO E DEFINIÇÕES

O escopo e as definições da Norma desempenham um papel importante, pois determinam os produtos e suas características, que estão sendo normalizados. A

Tabela 1 – Sumário da norma de lajes alveolares

Número e título	ABNT NBR14861:2011 Lajes alveolares pré-moldadas de concreto protendido – requisitos e procedimentos
Seção 1	Escopo
Seção 2	Referências normativas
Seção 3	Termos e definições
Seção 4	Simbologia
Seção 5	Materiais
Seção 6	Requisitos para o produto acabado
Seção 7	Dimensionamento das seções transversais
Seção 8	Projeto de sistemas estruturais compostos por lajes alveolares
Seção 9	Capecimento estrutural
Seção 10	Verificação experimental
Seção 11	Métodos de produção das lajes alveolares
Seção 12	Documentação técnica
Bibliografia	-

Comissão procurou, sempre que possível, prescrever seus conteúdos de forma a não impedir as inovações e o desenvolvimento tecnológico. Neste sentido, em situações não cobertas pela Norma ou cobertas de maneira simplificada, se permite a consulta de procedimentos, normas estrangeiras ou internacionais aplicáveis, que forem aceitas pela comunidade técnica e acadêmica, desde que demonstrado o atendimento ao nível de se-

gurança previsto na Norma Brasileira. Com isso, a comunidade técnica pode considerar aqueles documentos previstos na bibliografia da Norma para estas condições especiais.

Para as definições, apresentam-se a seguir os destaques:

- **Laje alveolar** corresponde ao elemento de concreto pré-moldado, produzido em condições industriais, fora do local de utilização definitiva, sob rigorosas condições de controle de qualidade (de forma a atender aos requisitos para a produção destes elementos apresentados na Seção 11 da ABNT NBR14861^[1]). A seção transversal da laje alveolar é caracterizada por armadura longitudinal ativa, que corresponde à totalidade da armadura inferior de tração necessária. Também se caracteriza pela ausência de armadura transversal de cisalhamento e possui geometria composta pela presença de almas de concreto e alvéolos, conforme ilustrado na Figura 1. A Norma prevê que a geometria dos alvéolos pode ser definida em projeto, conforme o equipamento e processo produtivo adotado, adotando-se outros formatos de alvéolos, desde que atendendo aos requisitos de cobrimentos mínimos de armadura estabelecidos na ABNT NBR9062^[3] e distâncias mínimas e máximas entre fios ou cordoalhas conforme 7.10.2 da ABNT NBR 14861^[1].
- **Chave de cisalhamento** ou **chaveta** corresponde ao



Figura 1 – Exemplo de lajes alveolares com alvéolos circulares, sendo (a) armazenamento e (b) comprovação experimental em fábrica

elemento estrutural propriamente dito que é formado por concreto, graute ou argamassa após o preenchimento da junta longitudinal que se forma entre as lajes alveolares, promovendo a solidarização e a transmissão de esforços entre peças.

- **Capa estrutural** corresponde ao elemento capa de concreto, que é moldado no local sobre a superfície formada pelas lajes alveolares. A utilização da capa estrutural tem como objetivo o acréscimo de sua capacidade estrutural devido à seção composta formada pela capa e laje alveolar. Também pode ser projetada para permitir a consideração do efeito diafragma ou comportamento de lajes contínuas em estruturas de pisos ou de coberturas compostas por lajes alveolares, conforme estabelece a ABNT NBR 14861^[1] na Seção 8.

A partir dessas definições, a Norma ajustou a nomenclatura de chaveteamento e capeamento estrutural, que correspondem, então, ao processo executivo da chaveta e da capa estrutural, respectivamente.

3.2 MATERIAIS

A seção de Materiais foi elaborada a partir do detalhamento das prescrições da ABNT NBR9062^[3], tendo como enfoque as lajes alveolares e como referência as prescrições do Selo de Excelência - ABCIC^[5] e procedimentos de empresas produtoras de lajes alveolares, além dos manuais de referência já citados.

Neste contexto, o projeto e produção das lajes alveolares deve atender:

- À resistência mínima de liberação de protensão ($f_{ck} \geq 21\text{MPa}$) e considerar a sequência de liberação de protensão a ser seguida;
- O dimensionamento estrutural dos elementos, que deve fazer parte dos itens obrigatórios de projeto segundo a Seção de Documentação Técnica (Seção 12 - ABNT NBR 14861).

A norma estabelece que a resistência de projeto a ser considerada para liberação da protensão deve ser confirmada por meio da realização de ensaios realizados na mesma idade, garantindo-se a rastreabilidade do processo e o histórico para o cliente. A resistência estabelecida para o manuseio em sua respectiva idade (f_{cj}) também deve ser verificada. A resistência aos 28 dias também deve ser atendida e, no caso da utilização de ci-

mento CPV ARI, admite-se que o controle estatístico seja feito aos 14 dias, desde que haja correlação estabelecida com a resistência aos 28 dias. Desta forma, a Norma permite que se faça uma avaliação prévia da resistência em idades menores, desde que se acompanhe também a resistência aos 28 dias, determinando a relação entre as resistências na idade j dias considerada e na idade para controle.

Merecem atenção também os aspectos:

- **Determinação da dosagem** - Se admite somente dosagem experimental para a produção das lajes alveolares, onde deve ser mantido registro dos resultados de ensaios realizados indicando: fator a/c adotado, trabalhabilidade, resistência à compressão no momento da liberação da protensão (na idade adotada pela produção e aos 14 dias ou 28 dias para fins de controle estatístico) e ensaio de módulo de elasticidade nas idades de liberação da protensão, aos 7 dias, 14 dias ou 28 dias, conforme a ABNT NBR 8522. A norma estabelece que, sempre que houver alguma alteração na dosagem, seja nos materiais ou especificação de projeto ou outros, uma nova verificação deve ser conduzida.

- **Controle tecnológico** - Para o controle tecnológico dos produtos lajes alveolares, a norma especifica a verificação da dosagem, com a frequência dos ensaios a serem realizados e a verificação da trabalhabilidade e sua resistência mecânica.

Nestes itens, a norma remete à ABNT NBR 12655, especificando condições especiais que devem ser observadas para o caso das lajes alveolares, uma vez que os lotes previstos na ABNT NBR 12655 não se aplicam ao processo produtivo das lajes alveolares. Assim, a ABNT NBR 14861 estabelece que os ensaios de controle tecnológico devem ser realizados no concreto destinado à moldagem de cada pista de protensão e sempre que houver alteração no proporcionamento dos materiais, ou paralisação e posterior retomada dos trabalhos.

As lajes alveolares podem ser moldadas por fôrmas fixas ou produzidas por equipamentos, como máquinas extrusoras ou moldadoras. Neste sentido, a trabalhabilidade deve ser verificada de acordo com o processo de produção adotado:

- No processo por extrusão, onde a concretagem é feita por meio da máquinas extrusoras, a Norma dispensa a verificação da consistência, uma vez que o abatimento

nulo é inerente ao processo produtivo;

- No processo por moldagem, onde a concretagem é feita por meio de máquinas moldadoras, o abatimento do concreto deve ser verificado com relação ao abatimento estabelecido na dosagem experimental, atendendo às especificações da ABNT NBR NM 67;
- No processo de concretagem convencional, a determinação da consistência deve ser feita seguindo as prescrições da ABNT NBR 12655, complementada pela ABNT NBR 15823-1, quando se tratar de concreto autoadensável.

Na verificação da resistência mecânica, a ABNT NBR14861 também estabelece que podem ser empregados métodos não destrutivos para a avaliação da resistência durante as fases transitórias, desde que seja feita uma correlação entre as leituras obtidas pelo equipamento escolhido com a resistência mecânica obtida pelo processo tradicional, nas mesmas condições. No entanto, a Norma não permite que sejam adotados métodos não destrutivos em etapas de rotina, como: de controle de qualidade, de avaliação de resistência e na liberação

das etapas de retirada das fôrmas e do corte das armaduras protendidas (ato da liberação da protensão, no processo por pré-tração).

3.3 REQUISITOS PARA O PRODUTO ACABADO

As tolerâncias de fabricação das lajes alveolares de concreto protendido foram definidas a partir do Selo de Excelência ABCIC^[5], que, por sua vez, foi elaborado tendo como base os manuais do PCI e procedimentos de produtores de forma consensual na Associação. As tolerâncias definidas na Norma são reproduzidas na Tabela 2, onde são também previstas que outras variações dimensionais podem ser assumidas para o caso de produtos que tenham dimensões irregulares em sua forma, por exemplo, no caso de peças cortadas em diagonal conforme o projeto arquitetônico. A Figura 2 foi elaborada a partir da ilustração constante na ABNT NBR 14861, indicando-se alguns limites trazidos na norma.

Além disso, conforme também é estabelecido na ABNT NBR9062, a norma de lajes alveolares permite

Tabela 2 – Tolerâncias de fabricação de lajes alveolares

Dimensões		Tolerâncias (mm)
Comprimento (L)	$L \leq 5 \text{ m}$	± 10
	$5 \text{ m} < L \leq 10 \text{ m}$	± 15
	$L > 10 \text{ m}$	± 20
Altura da laje (h)	$h \leq 150 \text{ mm}$	- 5, + 10
	$h \geq 250 \text{ mm}$	± 15
	$150 \text{ mm} < h < 250 \text{ mm}$	Interpolação linear
Espessura da alma	b_w	- 10 e + 15
	\sum_{bw}	- 20 ^a
Recortes/vazios (i)		± 20
Posição de chapas metálicas ou furos para fixação (d)		± 15
Posição do cabo de protensão (vertical e horizontal) (e)		± 10
Esquadro dos cantos		± 5
Esquadro diagonal	$L \leq 10 \text{ m}$	± 15
	$L > 10 \text{ m}$	$\pm 2 \text{ mm por metro}$
Planicidade (b no plano)	$L \leq 5 \text{ m}$	$\pm 3 \text{ mm}$
	$L > 5 \text{ m}$	$\pm L/1\,000$
Distorção	Largura $\leq 1 \text{ m}$	$\pm 3 \text{ mm a cada } 30 \text{ cm}$
	Largura $> 1 \text{ m}$	$\pm 10 \text{ mm}$
Linearidade (b)		$\pm L/1000$
Alinhamento transversal (j)		$\pm L/500$

Onde L é o comprimento do elemento pré-moldado e demais dimensões são representadas na Figura 2.

^a Convém atender à limitação da tolerância para a soma das larguras das almas entre alvéolos (tolerância de $\sum_{bw} \leq 20 \text{ mm}$).

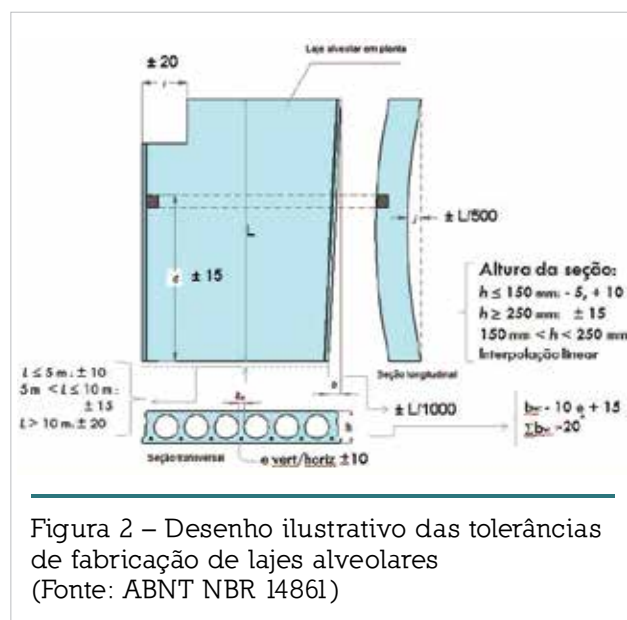
Fonte: ABNT NBR 14861

que se adotem valores de tolerâncias diferenciadas das prescrições abordadas, desde que o projetista valide a solução, em situações onde o desempenho estrutural, arquitetônico ou a durabilidade da obra não sejam comprometidos. Especificações similares são encontradas em manuais do PCI. Isso pode ocorrer porque muitas das tolerâncias estabelecidas na Norma são variações de geometria que ocorrem durante a produção, cujos limites são definidos de forma que a montagem e/ou o sistema estrutural formado após a montagem não sejam prejudicados. Assim, as folgas adotadas para o projeto e dimensionamento das estruturas são definidas a partir das tolerâncias pré-estabelecidas e devem permitir a montagem da estrutura. Conforme o caso específico, é possível verificar se determinadas situações particulares prejudicariam a montagem ou os critérios de projeto assumidos na obra, e permitir ou não que variações dimensionais dos limites da norma sejam adotados, o que depende, portanto, de condições específicas.

3.4 ASPECTOS DE PROJETO DAS LAJES ALVEOLARES

Os aspectos relacionados ao projeto das lajes alveolares foram tratados nas Seções 7, 8 e 9 da Norma. Essas Seções apresentam conteúdo importante e vasto, para os quais deve-se reservar um trabalho específico e, portanto, não serão abordados em detalhe neste momento. No entanto, vale a pena ressaltar a subdivisão feita pela Norma, onde se aborda na Seção 7 as prescrições de projeto (dimensionamento) das seções transversais e, na Seção 8, as prescrições de projeto dos sistemas estruturais compostos por lajes alveolares. Essa subdivisão foi feita para destacar a importância de cada uma das etapas, onde, após o dimensionamento dos elementos, deve-se estudar com atenção os sistemas estruturais formados pelas lajes alveolares, onde dependendo dos critérios de projeto adotados, deve ser projetados sistemas que atendam a esses requisitos, como: efeito diafragma, comportamento de lajes contínuas, ligações (das lajes com seus apoios ou entre lajes alveolares adjacentes), dentre outros abordados na Seção 8.

Na Seção 7, a Norma estabelece critérios para a determinação dos esforços resistentes das seções dos elementos e das seções compostas com a capa estrutural. São abordadas as verificações dos esforços solicitantes com relação aos esforços resistentes conforme



os possíveis modos de falha dos elementos observados nos resultados de análises experimentais e literatura de referência, conforme abordado em Gutstein et al (2010) [4]. São previstas as verificações para a resistência à flexão, à força cortante, ao fendilhamento longitudinal, ao esforço cortante nas chavetas ou chaves de cisalhamento, resistência à punção, às ações especiais (provenientes de cargas concentradas ou esforços de torção), bem como o dimensionamento dos apoios de lajes alveolares (tipos de apoio e prescrições de apoio mínimo) e verificação ao escorregamento da cordoalha.

Na Seção 9, a norma aborda tanto o projeto do elemento (capa estrutural) quanto a sua execução (capeamento estrutural). O projeto estrutural da capa passou a ser obrigatório dentre a documentação de projeto, sempre que a capa tiver função estrutural, colaborando na seção resistente com a laje alveolar e demais elementos estruturais, conforme sua definição (3.1). Nesse projeto deve ser previsto, além do detalhamento da armadura longitudinal, as armaduras das juntas, especificações do concreto, cobrimentos e interfaces com demais projetos complementares (tubulações, aberturas, recortes e outros). Responsabilidades das diferentes partes envolvidas no processo são tratadas também nesta seção, uma vez que são determinantes para a minimização dos problemas que podem ocorrer nestes sistemas. O sucesso do sistema estrutural formado pelas lajes alveolares compostas por capa estrutural, que tem sido largamente utilizado no Brasil, depende de uma gerência de interfaces cuidadosa entre produtor, projetista,



Figura 3 – Lajes alveolares: (a) içamento durante a montagem; (b) e (c) lajes montadas aguardando a colocação da armadura da capa estrutural; (d) concretagem da capa estrutural

responsável pela montagem e solidarização da capa estrutural, além de outros intervenientes do processo que podem haver em função do sistema adotado. A aplicação das lajes alveolares no Brasil pode estar associada a sistemas totalmente pré-fabricados, pré-moldados, mistos ou híbridos e a coordenação das partes e troca de informações é crucial neste processo. A Figura 3 ilustra algumas etapas de montagem de lajes alveolares em sistemas formados por laje alveolar, capa estrutural e estrutura pré-fabricada.

3.5 MÉTODOS DE PRODUÇÃO DAS LAJES ALVEOLARES

Na Seção 11 da Norma são abordadas as etapas de produção e suas particularidades a serem atendidas. Esta Seção foi baseada na ABNT NBR 9062 e em procedimentos de fabricantes, dentre outras referências. Os requisitos e procedimentos previstos nesta Seção compreendem as etapas de produção e inspeção que devem ser respeitadas durante o processo produtivo das lajes alveolares. A produção das lajes alveolares inicia-se a partir

do planejamento da produção, passando pela preparação e protensão das cordoalhas, atendendo a critérios para a concretagem, cuidados com a cura (normal ou acelerada), o momento e procedimentos para a realização do corte das cordoalhas e a liberação da protensão. Após a transferência da protensão para o concreto das lajes, o concreto protendido deve ser verificado quanto ao nível de protensão que está submetido, através da verificação do escorregamento de cordoalhas. Eventuais fissuras que ocorrem durante o processo devem ser identificadas e avaliadas conforme o controle de qualidade estabelecido pelo fabricante e defeitos maiores devem ser avaliados pelo responsável pelo projeto estrutural. As lajes alveolares são, portanto, autotestadas durante seu processo de fabricação, pois, no momento da liberação da protensão, já se verifica que, se o concreto e condições de produção foram feitos adequadamente, os cabos não deslizam e atendem aos requisitos estabelecidos nas normas e especificações de fabricante, que é um parâmetro importante e indicativo de qualidade.

4. CONCLUSÕES

A aprovação final da Norma de lajes alveolares foi um desafio para a Comissão de Estudo, pois, além de ser fruto de um consenso entre as diversas partes envolvidas e representadas na Comissão durante as reuniões realizadas, contemplando os aspectos das publicações de pesquisas na área, dados de ensaios de comprovação experimental, procedimentos de produtores e ao mesmo tempo seguindo as diretrizes da normalização e literatura internacional e nacional de referência que se tinha até o momento, foi preciso cumprir com os prazos estabelecidos pela ABNT. A ABCIC e o NETPRE tiveram um papel fundamental no desenvolvimento dos trabalhos de normalização, pois o Selo de Excelência e a comprovação experimental obtida de publicações realizadas em parceria com fabricantes foram os principais documentos de referência consultados e utilizados pela Comissão, além da Norma Europeia.

Este trabalho apresentou alguns aspectos importantes abordados na norma brasileira de lajes alveolares, complementando assuntos abordados na primeira publicação durante o início dos trabalhos da Comissão. Dentre as atividades inicialmente planejadas, se observa que a Comissão atendeu às expectativas abordando diversos temas esperados pela comunidade técnica. No entanto, o trabalho continua com a elaboração da norma de painéis pré-fabricados, bem como na atual revisão em andamento da ABNT NBR9062, onde se pretende tratar demais assuntos de interesse para as lajes alveolares, como a resistência ao fogo. A nova Norma vem a preencher lacunas de padronizações mínimas relacionadas às lajes alveolares e aos sistemas estruturais formados pelas mesmas, bem como de especificações e orientações

para minimizar problemas, discussões técnicas e contratuais entre produtores, projetistas e proprietários. Também a concorrência desleal tende a ser reduzida, uma vez que passam a existir padrões mínimos brasileiros. O setor de estruturas pré-fabricadas e de consumidores (demais obras que utilizam as lajes alveolares) tende a se consolidar com a normalização do setor, onde se estabelecem padrões mínimos de segurança, produção e de controle de qualidade. A Norma foi desenvolvida de forma a permitir o avanço tecnológico e de maneira a ser atendida pela boa prática de engenharia de fabricantes, projetistas e demais responsáveis envolvidos.

5. AGRADECIMENTOS

À ABCIC e produtores de lajes alveolares associados, representados pela Eng^a Iria Lícia Oliva Doniak, pela participação na Comissão de Lajes e Painéis, pelos materiais de referência e pela coordenação das ações de envolvimento de toda a cadeia produtiva (meio acadêmico, fabricantes, projetistas e outros) em prol da elaboração desta Norma.

À Eng^a Inês Battagin e ABNT/CB-18, pelo importante apoio aos trabalhos da Comissão.

Aos projetistas que tiveram participação ativa junto à coordenadora do Grupo de Trabalho GT-3: Eng. Eduardo Barros Millen e ABECE, Eng. Andreas G. Mathes, Eng. João do Couto Filho e Eng. Rubem C. Schwingel.

Ao NETPRE/UFSCAR, USP/São Carlos, em especial ao Prof. Marcelo de Araújo Ferreira, demais professores parceiros e sua equipe de pesquisadores, pela participação ativa dos trabalhos da Comissão.

À UFG, em especial ao Prof. Daniel de Lima Araújo, pelas referências e discussões.

Referências Bibliográficas

- [01] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 14861: Lajes alveolares pré-moldadas de concreto protendido. Rio de Janeiro, 2011.
- [02] COMITÉ EUROPEU DE NORMALIZAÇÃO. EN 1168: Precast concrete products - Hollow core slabs. Brussels, 2005.
- [03] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 9062: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro, 2006.
- [04] Gutstein, D.; Battagin, I.L.da S.; Doniak, I.L.O.; Almeida Filho, F.M.de; Ferreira, M. A. A norma brasileira de lajes alveolares: ações conjuntas da cadeia produtiva do setor. *Concreto & Construções - Ibracon*, nº. 59, Jul-Ago-Set, 2010.
- [05] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA DE CONCRETO - ABCIC. Documentos integrantes do sistema de gestão do Selo Excelência ABCIC. São Paulo, 2003. Disponível em: http://www.abcic.org.br/selo_excelencia.asp. Acesso em: 9 de novembro de 2013. ●

Normas de pré-fabricados de concreto em destaque

O momento ímpar da construção civil brasileira, com os investimentos governamentais em infraestrutura, exige soluções versáteis, que possibilitem a construção de estruturas seguras e duráveis, em curto espaço de tempo.

Nesse cenário, a produtividade dos processos e a qualidade dos produtos tornam-se metas indispensáveis à geração da necessária confiabilidade dos sistemas construtivos, impulsionando o crescimento das soluções industrializadas.

Não obstante todas as demais exigências, o custo/benefício é considerado nessa escolha e deve ser avaliado para a vida útil da estrutura, pois decisões que premiam apenas o custo inicial pesam na balança social.

A junção de todos esses fatores permite iniciar uma análise que considera as questões da sustentabilidade, se aliarmos o respeito ao meio ambiente a todas as exigências já mencionadas para as soluções a serem propostas, visando a modernização do modelo construtivo brasileiro.

Nesse contexto, a normalização técnica aparece como ferramenta indispensável ao registro e à popularização das soluções, indo ao encontro da boa técnica e favorecendo a conquista dos melhores resultados.

Com essa visão, o setor da pré-fabricação em concreto no Brasil tem trabalhado não apenas para garantir a padronização e a qualidade de seus produtos, mas sistematizado a construção pré-fabricada, considerando as especificidades dessa solução. Isso explica o acentuado crescimento verificado nos últimos anos, que espelha a seriedade e o comprometimento do Setor com ações voltadas à busca desses ideais.

À frente dessas iniciativas, a Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto (ABCIC) congrega parcela expressiva das indústrias pré-fabricadoras brasileiras e firma parcerias com entidades nacionais e estrangeiras, que possibilitam multiplicar os esforços aplicados nas mais distintas linhas de atuação. Trabalhando com a universidade no entendimento das melhores soluções para cada desafio técnico encontrado, tem avançado na interlocução com entidades internacionais, como a *fib* (Fédération

Internationale du Béton) e o PCI (Precast/Prestressed Concrete Institute) e se estruturado no fortalecimento de ferramentas, como o Selo de Excelência.

Trabalhos como esse agregam valor ao embasamento técnico necessário para o desenvolvimento das normas brasileiras, pois configuram a realidade nacional, traçando um paralelo com o que se pratica em países desenvolvidos.

Desde a publicação da ABNT NBR 9062, em 1985 (primeira Norma brasileira direcionada às estruturas pré-moldadas de concreto), muitos avanços foram registrados em função de sua implementação prática. A revisão de 2006 trouxe o estabelecimento de tolerâncias para as dimensões dos elementos estruturais, possibilitando sintonia entre as fases de projeto, produção e montagem das estruturas, o que certamente merece destaque pela lógica melhoria gerada nas relações entre as partes envolvidas no processo construtivo. Nessa mesma linha, essa Norma estabelece requisitos específicos para o controle de liberação da protensão e da desforma dos elementos pré-moldados, cujo atendimento possibilita sua movimentação, transporte e colocação na estrutura sem danos ao seu desempenho inicial e ao longo da vida útil.

Assim como a EN 13369 (*Common rules for precast concrete products*), a ABNT NBR 9062 estabelece as diretrizes para todos os documentos normativos específicos para os pré-moldados de concreto e se relaciona fortemente com as normas para estruturas convencionais, delimitando sua aplicabilidade e registrando as especificidades. Essa linearidade facilita o uso das normas e propicia o desenvolvimento de novos documentos, complementando as regras gerais da ABNT NBR 9062, como os a seguir relacionados:

- **ABNT NBR 14861:2011 Lajes alveolares pré-moldadas de concreto protendido – Requisitos e procedimentos:** Norma Brasileira, publicada em 2011, que estabelece os requisitos e procedimentos aplicáveis à produção e ao uso das lajes alveolares de concreto protendido. Essa Norma aborda desde o projeto de sistemas estruturais com o uso das lajes alveolares, passando por detalhes de sua fabricação, movimentação e controle da quali-

FOTOS: BANCO DE IMAGENS DA ABOIC



Estrutura pré-fabricada aplicada em edifício garagem composta por pilares, lajes alveolares e vigas

dade, até os cuidados com sua colocação na estrutura e a execução da capa de concreto complementar, quando aplicável. Para situações não cobertas pela Norma ou tratadas de forma simplificada, indica-se bibliografia especializada que pode ser consultada.

- **Projeto de Norma 18:600.23-001 – Estacas pré-fabricadas de concreto – Requisitos:** em fase final de aprovação pela ABNT, cujos trabalhos de elaboração foram iniciados há três anos com a publicação da nova ABNT NBR 6122:2010 (Projeto e execução de fundações), frente à necessidade de detalhamento para cada uma das escolhas no leque de possibilidades de elementos de fundação para os diferentes tipos de construções. A Norma, a ser publicada em breve pela ABNT, prevê requisitos para o uso das estacas como elementos de fundação profunda e abrange tanto os elementos pré-fabricados como os pré-moldados. Com isso, todos os consumido-



Aplicação de estacas pré-fabricadas em obras portuárias

res (construtores, empresas especializadas na execução de fundações, especificadores, projetistas, etc) terão a possibilidade de adquirir esses elementos estruturais conhecendo suas características, fiscalizar seu recebimento na obra e atender com mais facilidade os requisitos de segurança e durabilidade exigidos.

- **Projeto 18:600.19-001 – Painéis pré-moldados de concreto – Requisitos e procedimentos:** trabalho de normalização em início de desenvolvimento, que tem como objetivo contemplar as principais tipologias de painéis pré-moldados de concreto utilizados no Brasil, sejam eles estruturais ou não. Assim como as lajes alveolares, os painéis devem também ter sua aplicação detalhada na futura norma brasileira, com a indicação dos requisitos aplicáveis a cada uma das situações de uso, trazendo mais certezas a projetistas e especificadores, possibilitando a comprovação de seu desempenho e, com isso, ampliando a procura e o uso do produto.
- **ABNT NBR 15146-3 Controle tecnológico do concreto – Qualificação de pessoal – Pré-moldado de concreto:** fechando o círculo do controle da qualidade dos processos de produção e montagem das estruturas pré-moldadas de concreto, foi publicada em 2011 a Parte 3 da Norma Brasileira que estabelece os requisitos para cada uma das categorias profissionais responsáveis por esse trabalho. Essa Norma é composta atualmente de três partes, onde:
 - a Parte 1 estabelece os requisitos gerais para a qualificação de pessoas que realizam as atividades de controle tecnológico dos materiais componentes do concreto para as mais diversas aplicações, além dos requisitos específicos para as atividades de controle do concreto fresco e endurecido moldado no local, que podem ser estendidas a outros campos de uso do concreto,



Montagem de painel pré-fabricado em edifício habitacional

dependendo de suas especificidades;

- a Parte 2 segue o objetivo principal da primeira, mas estabelece requisitos direcionados ao controle de pavimentos de concreto;
- a Parte 3 vai um pouco além das demais, estabelecendo o atendimento à Parte 1, no que couber, e os requisitos para a qualificação de pessoas que realizam o controle do concreto para pré-moldados, no estado fresco e endurecido, e também para a inspeção em todas as operações, da fabricação à montagem das estruturas com esses os elementos.

A ABNT NBR 15146 (todas as Partes) não informa como devem ser ministrados os conhecimentos ou realizado o treinamento das pessoas, mas nivela as competências profissionais para quatro categorias:

- auxiliar ;
- laboratorista;
- tecnólogo;
- inspetor.

Na Parte 3, o Inspetor ganha destaque por ser um profissional afeito a diversas atividades, sendo denominado de “Inspetor de produção e montagem de pré-moldado de concreto”. Esse profissional deve estar apto a analisar e avaliar os resultados de ensaios previstos nas normas brasileiras e a realizar todas as inspeções abrangidas na gestão dos processos de produção e montagem de elementos pré-moldados de concreto, conforme a seguir:

- materiais para a produção de pré-moldado: recebimento e armazenamento de insumos e elementos que serão utilizados na produção do pré-fabricado;
- desenvolvimento de traços, preparação de concreto, cura, execução de fôrmas, execução de armaduras passiva e protendida, execução de alças, insertes e afins, controle tecnológico da produção e do produto acabado;
- estoque e montagem: armazenamento, transporte, manuseio, acabamento, identificação, locação de fundações,



Armazenamento de estacas pré-fabricadas na indústria

montagem, ligações, controle dos elementos montados;

- especificações e projetos: verificação da quantidade, dimensões (diâmetros e comprimentos), posicionamento e cobrimentos de armaduras, detalhes de ligações, localização das alças de içamento, volume e peso da peça, verificação das especificações de montagem, verificação do controle de atualização cronológica de documentos de projetos (desenhos, especificações, instruções de serviço, memorial de cálculo).

A didática de apresentação dos requisitos normalizados, em todas as Partes da ABNT NBR 15146, permite processos de certificação que fortalecem o reconhecimento profissional e trazem garantia às empresas, facilitando a contratação e o estabelecimento de planos de carreira.

O Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON), através de seu Núcleo de Qualificação e Certificação de Pessoas (NQCP), é acreditado pelo INMETRO como Organismo Certificador de Pessoas (OCP) e dispõe de processos de avaliação de todas as categorias profissionais previstas na ABNT NBR 15146.

O profissional candidato à avaliação deve apresentar aptidão para a realização das tarefas, comprovar experiência e grau de escolaridade (o tempo de experiência é função da graduação), além de obter bons resultados na realização das provas teóricas e práticas exigidas para comprovar sua competência.

Espera-se que o ano de 2014 traga muitas oportunidades de crescimento para a construção civil brasileira, especialmente com a publicação dos documentos ora em discussão nas Comissões de Estudo da ABNT. Além daqueles já comentados, cumpre mencionar os trabalhos de revisão da ABNT NBR 6118 (Projeto de estruturas de concreto), em fase final de aprovação, com ampliação de seu escopo, o que possibilitará sua aplicação ao projeto de estruturas de concreto até 90 MPa. Os esforços investidos na atualização do acervo de normas brasileiras devem também ser ressaltados, pois tem trazido luz a muitas questões antes mal resolvidas e fortalecido a importância da normalização técnica no País.

É muito provável que as discussões para atualização da ABNT NBR 9062 se estendam até o final do próximo ano, face à sua complexidade e abrangência, assim como a Norma em elaboração para os painéis pré-moldados de concreto. No entanto, os frutos desse trabalho já estão sendo percebidos, mesmo antes da publicação da Norma, com o crescimento do conhecimento gerado pela iniciativa, que possibilita reunir expressiva parcela do meio técnico nacional.

INÊS BATTAGIN

DIRETORA TÉCNICA DO IBRACON E SUPERINTENDENTE DO ABNT/CB-18 ●

Pré-dimensionamento de paredes de concreto armado moldadas no local de um edifício residencial

THALES COUTO BRAGUIM – ENGENHEIRO CIVIL, MESTRANDO
TULIO NOGUEIRA BITTENCOURT – PROFESSOR ASSOCIADO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS E FUNDAÇÕES – EPUSP/USP

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Em 10 de Maio de 2012, foi publicada a norma Brasileira ABNT NBR 16055:2012 – Paredes de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos.

Por se tratar de um sistema estrutural diferente, que vai além dos conceitos da ABNT NBR 6118:2007 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimentos, projetistas de estruturas recorriam às referências e normas internacionais. Com a publicação desta norma, o mercado de construção de casas e edifícios em paredes de concreto é estimulado, e projetistas estruturais ganham mais um parâmetro para dimensionar suas estruturas em paredes de concreto.

A comparação de resultados entre alguns modelos de cálculo, bem como dos procedimentos para o dimensionamento das paredes de concreto indicados na norma brasileira, com os equivalentes indicados em normas internacionais é de extrema importância para se adquirir sensibilidade para uma nova norma, e validar modelos mais simples e menos trabalhosos a partir daqueles mais complexos.

1.2 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo a verificação do



Figura 1 – Edifício Jardim Botânico em fase de construção – 10 pavimentos-tipo concretados

pré-dimensionamento de paredes de concreto armado de um edifício. As solicitações de força normal de cál-

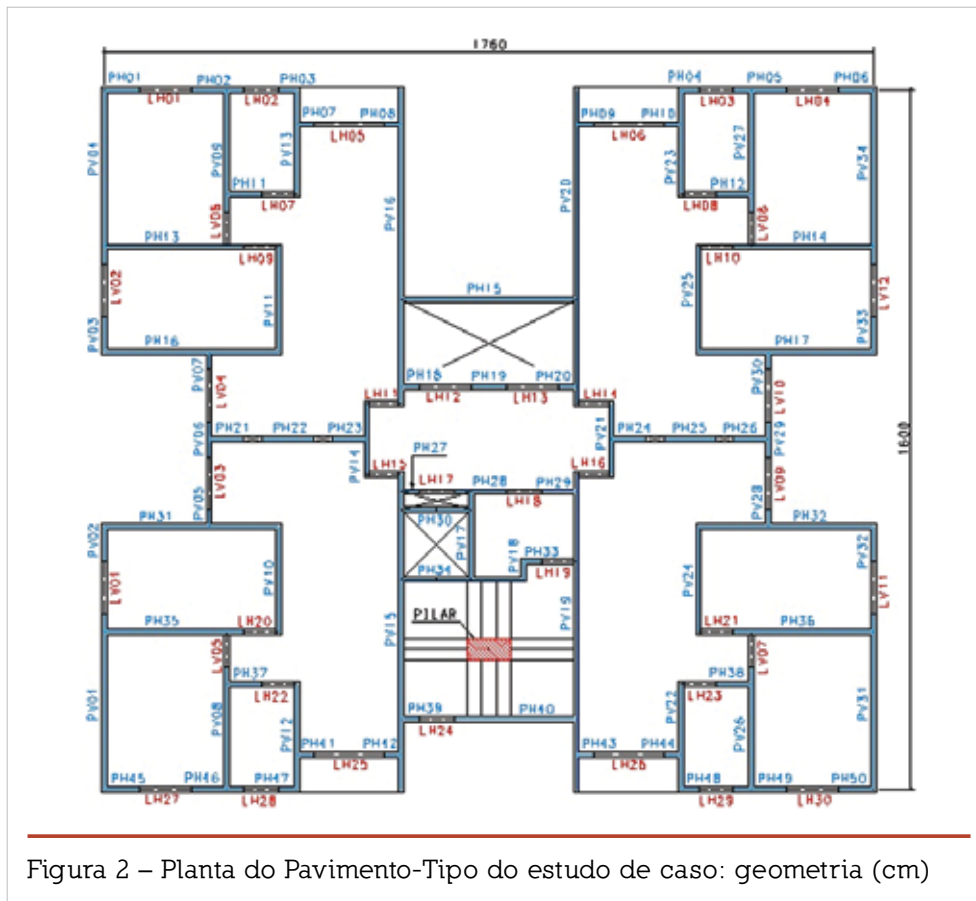


Figura 2 – Planta do Pavimento-Tipo do estudo de caso: geometria (cm)

culo, obtidas apenas por cargas verticais, e por meio de dois modelos distintos, serão verificadas com as diferentes formulações de resistência última à compressão propostas pelas normas Australiana (AS 3600), Americana (ACI 318), Europeia (Eurocode 2) e Brasileira (NBR 16055:2012).

1.3 MÉTODO

Será utilizado como estudo de caso o edifício Jardim Botânico apresentado na Figura 1, construído na cidade de São Bernardo do Campo pela construtora Sergus. O número de pavimentos foi adotado igual a 15 pavimentos-tipo, sendo a distância de piso a piso de 2,80 m, não havendo transições no primeiro pavimento nem o ático previsto no projeto original.

Primeiramente serão obtidas as cargas nas fundações através de dois modelos de distribuição de cargas verticais: Grupos Isolados de Paredes e Modelo em Elementos Finitos.

em concreto armado, dimensionadas com 10 cm de espessura, sob ação de carga permanente de 0,10 tf/m² e carga variável de 0,15 tf/m², existem em todas as regiões exceto nos poços de elevador e pressurização.

O único pilar da estrutura, também em concreto armado, encontra-se no meio do poço da escada, com dimensões de 100/50.

O concreto utilizado tem resistência característica à compressão de 25 MPa.

3. DISTRIBUIÇÃO DE CARGAS VERTICAIS

3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Num edifício residencial, as cargas verticais são determinadas somando-se o peso próprio dos elementos estruturais com as ações permanentes e variáveis.

Segundo NUNES (2011), atualmente para o cálculo de edifícios de paredes de concreto armado, são utilizados procedimentos análogos aos empregados na

A força normal solicitante de cálculo não poderá ser maior que a força normal resistente de cálculo, esta última obtida pelas quatro normas citadas. Desta maneira, se concluirá se a espessura da parede adotada inicialmente é suficiente.

2. ESTUDO DE CASO

A planta do pavimento-tipo do estudo de caso utilizado é apresentada na Figura 2.

As paredes de concreto armado e os lintéis, trechos de paredes de concreto armado sob e sobre portas e janelas, foram adotadas com espessura de 10 cm inicialmente.

As lajes maciças

alvenaria estrutural, o que justifica, neste trabalho, a utilização dos modelos Grupo Isolado de Paredes e Método dos Elementos Finitos.

Nos dois casos, considerou-se o método das charneiras plásticas para distribuir as cargas das lajes nas paredes.

3.2 GRUPO ISOLADO DE PAREDES

Segundo CORRÊA & RAMALHO (2003), um grupo é um conjunto de paredes que são totalmente solidárias. As cargas são uniformizadas em cada grupo de paredes (somam-se as cargas das paredes contidas no grupo e dividi-se pelo comprimento total do grupo). Isso significa que as forças de interação em cantos e bordas são consideradas suficientes para garantir o espalhamento e a uniformização total em uma pequena altura. Por outro lado, desconsideram-se as forças de interação nas aberturas (lintéis). Dessa forma, cada grupo definido trabalhará isolado dos demais.

A Figura 3 apresenta a definição dos Grupos Isolados de Parede para o estudo de caso e as Tabela 1 e 2, os resultados da força normal ao nível da fundação, por grupo e por parede, respectivamente.

3.3 MODELO EM ELEMENTOS FINITOS

É um modelo complexo e de análise trabalhosa. A vantagem é que a distribuição e a uniformização de cargas verticais ocorrem de forma automática, através do fluxo de tensões e compatibilização de deslocamentos de cada nó.

Para este modelo, foi utilizado o software SAP2000. As paredes foram discretizadas utilizando-se elementos de casca plana quadra-

dos com nós nos vértices com 6 graus de liberdade cada (Figura 4). Os lintéis e o pilar, foram modelados com elementos de barra.

As lajes foram idealizadas como um diafragma rígido em seu plano. Os nós das paredes discretizadas, ao nível do pavimento, estão ligados a um nó-mestre mediante a utilização de *links* rígidos, que permitem representar o diafragma rígido no plano horizontal (Figura 5).

Os nós ao nível da fundação foram considerados engastados. A Figura 6 apresenta o modelo do edifício desenvolvido no software SAP2000.

A Tabela 3 apresenta os resultados de carga vertical ao nível da fundação, de cada parede, obtidos com o Modelo em Elementos Finitos.

3.4 COMPARAÇÃO DE RESULTADOS

A Tabela 4 apresenta a diferença em porcentagem da força normal característica das paredes ao nível da fundação, entre os modelos GIP (Grupo Isolado de Paredes) e MEF (Modelo em Elementos Finitos).

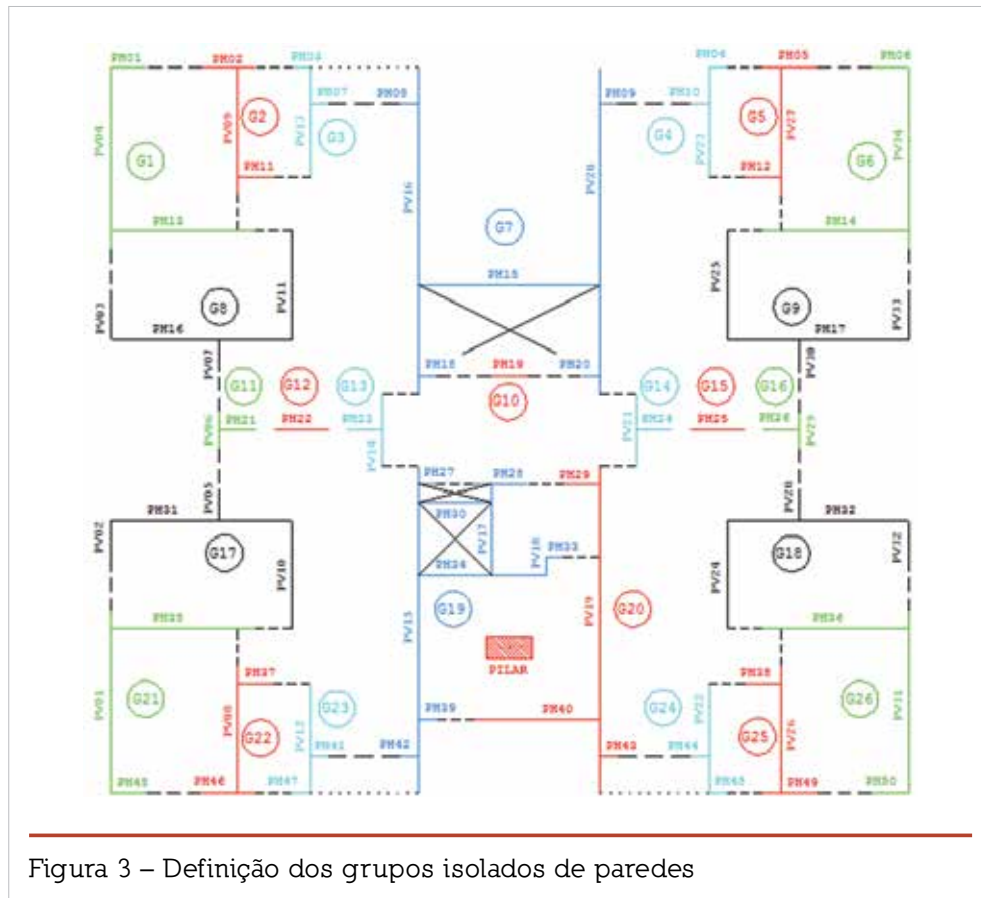


Figura 3 – Definição dos grupos isolados de paredes

Tabela 1 – Grupos isolados de paredes e suas respectivas cargas ao nível da fundação

Grupo	Paredes	L total (m)	NSk fund (tf)	η_k , solic fund (tf/m)
G1	PH01, PH13 e PV04	8,00	171,80	21,47
G2	PH02, PH11 e PV09	4,80	108,88	22,68
G3	PH03, PH07 e PV13	3,20	80,40	25,13
G4	PH04, PH10 e PV23	3,20	80,40	25,13
G5	PH05, PH12 e PV27	4,80	108,88	22,68
G6	PH06, PH14 e PV34	8,00	171,80	21,47
G7	PH08, PH09, PH15, PH18, PH20, PV16 e PV20	20,00	363,60	18,18
G8	PH16, PV03, PV07, PV11	7,60	188,37	24,79
G9	PH17, PV25, PV30 e PV33	7,60	188,37	24,79
G10	PH19	0,80	22,80	28,50
G11	PH21 e PV06	1,60	42,33	26,46
G12	PH22	1,20	29,93	24,94
G13	PH23 e PV14	2,40	64,23	26,76
G14	PH24 e PV21	2,40	64,23	26,76
G15	PH25	1,20	29,93	24,94
G16	PH26 e PV29	1,60	42,33	26,46
G17	PH31, PV02, PV05 e PV10	7,60	188,37	24,79
G18	PH32, PV24, PV28 e PV32	7,60	188,37	24,79
G19	PH27, PH28, PH30, PH33, PH34, PH39, PH42, PV15, PV17 e PV18	16,80	325,30	19,36
G20	PH29, PH40, PH43 e PV19	11,20	237,50	21,21
G21	PH35, PH45 e PV01	8,00	171,80	21,47
G22	PH37, PH46 e PV08	4,80	108,88	22,68
G23	PH41, PH47 e PV12	3,20	80,40	25,13
G24	PH44, PH48 e PV22	3,20	80,40	25,13
G25	PH38, PH49 e PV26	4,80	108,88	22,68
G26	PH36, PH50 e PV31	8,00	171,80	21,47

Apenas 5,9% dos resultados apresentam diferenças maiores que 10%. Eles ocorrem na parede PH19, nas paredes do grupo G13 e o seu simétrico G14. Observando a definição dos grupos isolados em planta, evidencia-se que tanto a parede PH19 como os grupos G13 e G14 são adjacentes a lintéis. Uma possível causa dessa diferença de resultado é a simplificação que o modelo GIP faz ao considerar que não há forças de interação entre lintéis e

paredes. Desta forma, a redistribuição de esforços limita-se apenas entre paredes dentro de um mesmo grupo isolado e, por isso, os resultados das PH19, grupo G13 e grupo G14 são maiores em relação ao MEF.

Ratifica-se a qualidade do modelo GIP, tanto pela sua simplicidade como pela grande quantidade de resultados muito próximos ao MEF.

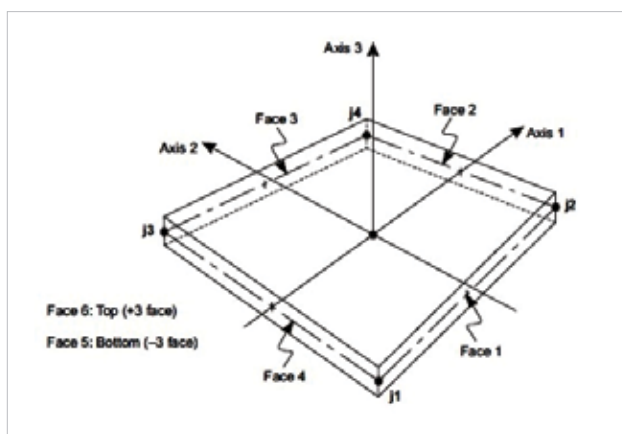


Figura 4 – Eixos locais do elemento Shell (Biblioteca SAP2000)

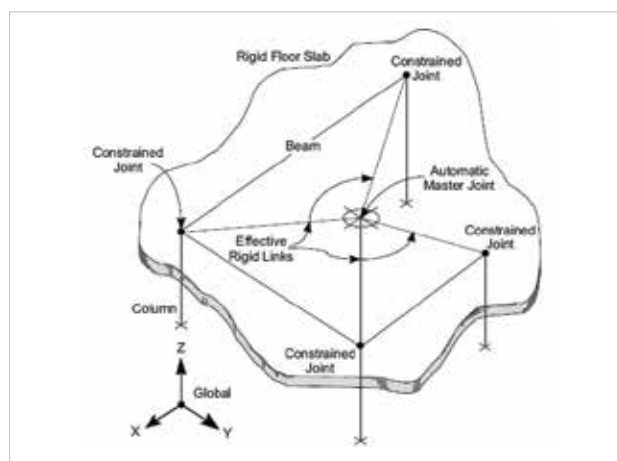


Figura 5 – Modelagem das lajes ao nível do pavimento como diafragma rígido - SAP2000

Tabela 2 – Grupos isolados de paredes: resultados de carga ao nível da fundação por parede

Grupo isolado de paredes				Grupo isolado de paredes			
Parede	L (m)	NSk fund (tf)	ηk , solic fund (tf/m)	Parede	L (m)	NSk fund (tf)	ηk , solic fund (tf/m)
PH01	0,80	17,18	21,47	PH44	0,40	10,05	25,13
PH02	1,20	27,22	22,68	PH45	0,80	17,18	21,47
PH03	0,40	10,05	25,13	PH46	1,20	27,22	22,68
PH04	0,40	10,05	25,13	PH47	0,40	10,05	25,13
PH05	1,20	27,22	22,68	PH48	0,40	10,05	25,13
PH06	0,80	17,18	21,47	PH49	1,20	27,22	22,68
PH07	0,40	10,05	25,13	PH50	0,80	17,18	21,47
PH08	0,40	7,27	18,18	PV01	4,00	85,90	21,47
PH09	0,40	7,27	18,18	PV02	0,80	19,83	24,79
PH10	0,40	10,05	25,13	PV03	0,80	19,83	24,79
PH11	0,80	18,15	22,68	PV04	4,00	85,90	21,47
PH12	0,80	18,15	22,68	PV05	0,40	9,91	24,79
PH13	3,20	68,72	21,47	PV06	0,80	21,17	26,46
PH14	3,20	68,72	21,47	PV07	0,40	9,91	24,79
PH15	4,00	72,72	18,18	PV08	2,80	63,52	22,68
PH16	4,00	99,14	24,79	PV09	2,80	63,52	22,68
PH17	4,00	99,14	24,79	PV10	2,40	59,49	24,79
PH18	0,40	7,27	18,18	PV11	2,40	59,49	24,79
PH19	0,80	22,80	28,50	PV12	2,40	60,30	25,13
PH20	0,40	7,27	18,18	PV13	2,40	60,30	25,13
PH21	0,80	21,17	26,46	PV14	1,60	42,82	26,76
PH22	1,20	29,93	24,94	PV15	7,20	139,41	19,36
PH23	0,80	21,41	26,76	PV16	7,20	130,90	18,18
PH24	0,80	21,41	26,76	PV17	2,00	38,73	19,36
PH25	1,20	29,93	24,94	PV18	0,40	7,75	19,36
PH26	0,80	21,17	26,46	PV19	7,20	152,68	21,21
PH27	0,40	7,75	19,36	PV20	7,20	130,90	18,18
PH28	1,20	23,24	19,36	PV21	1,60	42,82	26,76
PH29	0,80	16,96	21,21	PV22	2,40	60,30	25,13
PH30	1,60	30,98	19,36	PV23	2,40	60,30	25,13
PH31	4,00	99,14	24,79	PV24	2,40	59,49	24,79
PH32	4,00	99,14	24,79	PV25	2,40	59,49	24,79
PH33	0,40	7,75	19,36	PV26	2,80	63,52	22,68
PH34	2,80	54,22	19,36	PV27	2,80	63,52	22,68
PH35	3,20	68,72	21,47	PV28	0,40	9,91	24,79
PH36	3,20	68,72	21,47	PV29	0,80	21,17	26,46
PH37	0,80	18,15	22,68	PV30	0,40	9,91	24,79
PH38	0,80	18,15	22,68	PV31	4,00	85,90	21,47
PH39	0,40	7,75	19,36	PV32	0,80	19,83	24,79
PH40	2,80	59,38	21,21	PV33	0,80	19,83	24,79
PH41	0,40	10,05	25,13	PV34	4,00	85,90	21,47
PH42	0,40	7,75	19,36	PILAR	1,00	94,50	94,50

4. RESISTÊNCIA ÚLTIMA À COMPRESSÃO

4.1 AS 3600

O código Australiano apresenta a seguinte formulação simplificada, considerando vinculações nas paredes apenas em sua base e topo:

$$\phi \cdot N_u = \phi \cdot (t_w - 1,2 \cdot e - 2e_a) \cdot 0,6 \cdot f_c \quad [1]$$

onde:

N_u : resistência última à compressão por unidade de comprimento;
 ϕ : fator de minoração da resistência ; $\phi=0,6$ para elementos comprimidos;

t_w : espessura da parede;

f_c : resistência característica à compressão do concreto (MPa);

e : excentricidade inicial de 1ª ordem;

e_a : excentricidade de 2ª ordem;

A excentricidade de 2ª ordem é definida pela Equação 2:

$$e_a = \frac{(H_{we})^2}{2500 \cdot t_w} \quad [2]$$

onde:

H_{we} : altura efetiva da parede.

4.2 ACI 318

A resistência última à compressão pelo código Americano considera também que as paredes tenham vinculações apenas em sua base e em seu topo:

$$\phi \cdot P_{mw} = 0,55 \cdot \phi \cdot f_c' \cdot A_g \cdot [1 - (k \cdot H / 32 t_w)^2] \quad [3]$$

onde:

P_{nw} : resistência última à compressão;

ϕ : fator de minoração da resistência; $\phi = 0,65$ para elementos comprimidos;

t_w : espessura da parede;

f_c' : resistência característica à compressão do concreto (MPa);

A_g : área bruta da seção transversal da parede;

H: altura total da parede;

k: coeficiente para definir a altura efetiva da parede.

Tabela 3 – Cargas ao nível da fundação do modelo em elementos finitos

Modelo em elementos finitos				Modelo em elementos finitos			
Parede	L (m)	NSk fund (tf)	ηk , solic fund (tf/m)	Parede	L (m)	NSk fund (tf)	ηk , solic fund (tf/m)
PH01	0,80	17,68	22,10	PH44	0,40	9,24	23,10
PH02	1,20	27,98	23,32	PH45	0,80	17,99	22,49
PH03	0,40	9,70	24,24	PH46	1,20	28,20	23,50
PH04	0,40	9,77	24,42	PH47	0,40	9,80	24,50
PH05	1,20	28,23	23,53	PH48	0,40	9,73	24,33
PH06	0,80	18,11	22,63	PH49	1,20	28,02	23,35
PH07	0,40	9,22	23,05	PH50	0,80	17,70	22,13
PH08	0,40	7,33	18,32	PV01	4,00	88,75	22,19
PH09	0,40	7,40	18,49	PV02	0,80	19,40	24,25
PH10	0,40	9,27	23,18	PV03	0,80	19,50	24,38
PH11	0,80	18,07	22,58	PV04	4,00	88,84	22,21
PH12	0,80	18,00	22,50	PV05	0,40	9,45	23,63
PH13	3,20	71,38	22,31	PV06	0,80	20,25	25,31
PH14	3,20	70,83	22,14	PV07	0,40	9,50	23,74
PH15	4,00	73,55	18,39	PV08	2,80	63,69	22,74
PH16	4,00	96,85	24,21	PV09	2,80	63,52	22,68
PH17	4,00	96,45	24,11	PV10	2,40	59,47	24,78
PH18	0,40	7,48	18,71	PV11	2,40	59,28	24,70
PH19	0,80	17,57	21,96	PV12	2,40	57,12	23,80
PH20	0,40	7,45	18,64	PV13	2,40	56,63	23,59
PH21	0,80	19,88	24,85	PV14	1,60	38,47	24,04
PH22	1,20	29,93	24,95	PV15	7,20	146,56	20,36
PH23	0,80	18,80	23,50	PV16	7,20	138,76	19,27
PH24	0,80	19,04	23,80	PV17	2,00	38,77	19,39
PH25	1,20	29,93	24,95	PV18	0,40	8,18	20,45
PH26	0,80	19,85	24,81	PV19	7,20	154,51	21,46
PH27	0,40	7,78	19,46	PV20	7,20	139,33	19,35
PH28	1,20	24,27	20,23	PV21	1,60	38,89	24,31
PH29	0,80	16,89	21,11	PV22	2,40	56,88	23,70
PH30	1,60	30,66	19,16	PV23	2,40	56,82	23,67
PH31	4,00	96,45	24,11	PV24	2,40	58,89	24,54
PH32	4,00	97,00	24,25	PV25	2,40	59,15	24,65
PH33	0,40	7,90	19,76	PV26	2,80	63,66	22,74
PH34	2,80	55,12	19,69	PV27	2,80	63,61	22,72
PH35	3,20	70,98	22,18	PV28	0,40	9,50	23,75
PH36	3,20	71,45	22,33	PV29	0,80	20,25	25,31
PH37	0,80	18,07	22,59	PV30	0,40	9,43	23,59
PH38	0,80	18,10	22,62	PV31	4,00	89,32	22,33
PH39	0,40	7,91	19,77	PV32	0,80	19,66	24,57
PH40	2,80	56,90	20,32	PV33	0,80	19,55	24,44
PH41	0,40	9,32	23,31	PV34	4,00	89,25	22,31
PH42	0,40	7,79	19,48	PILAR	1,00	94,50	94,50

Tabela 4 – Cargas ao nível da fundação dos diferentes modelos

Parede	MEF (tf)	GIP (tf)	%	Parede	MEF (tf)	GIP (tf)	%
PH01	17,68	17,18	-2,8	PH44	9,24	10,05	8,8
PH02	27,98	27,22	-2,7	PH45	17,99	17,18	-4,5
PH03	9,70	10,05	3,7	PH46	28,20	27,22	-3,5
PH04	9,77	10,05	2,9	PH47	9,80	10,05	2,6
PH05	28,23	27,22	-3,6	PH48	9,73	10,05	3,3
PH06	18,11	17,18	-5,1	PH49	28,02	27,22	-2,9
PH07	9,22	10,05	9,0	PH50	17,70	17,18	-3,0
PH08	7,33	7,27	-0,7	PV01	88,75	85,90	-3,2
PH09	7,40	7,27	-1,7	PV02	19,40	19,83	2,2
PH10	9,27	10,05	8,4	PV03	19,50	19,83	1,7
PH11	18,07	18,15	0,4	PV04	88,84	85,90	-3,3
PH12	18,00	18,15	0,8	PV05	9,45	9,91	4,9
PH13	71,38	68,72	-3,7	PV06	20,25	21,17	4,5
PH14	70,83	68,72	-3,0	PV07	9,50	9,91	4,4
PH15	73,55	72,72	-1,1	PV08	63,69	63,52	-0,3
PH16	96,85	99,14	2,4	PV09	63,52	63,52	0,0
PH17	96,45	99,14	2,8	PV10	59,47	59,49	0,0
PH18	7,48	7,27	-2,8	PV11	59,28	59,49	0,3
PH19	17,57	22,80	29,8	PV12	57,12	60,30	5,6
PH20	7,45	7,27	-2,5	PV13	56,63	60,30	6,5
PH21	19,88	21,17	6,5	PV14	38,47	42,82	11,3
PH22	29,93	29,93	0,0	PV15	146,56	139,41	-4,9
PH23	18,80	21,41	13,9	PV16	138,76	130,90	-5,7
PH24	19,04	21,41	12,5	PV17	38,77	38,73	-0,1
PH25	29,93	29,93	0,0	PV18	8,18	7,75	-5,3
PH26	19,85	21,17	6,6	PV19	154,51	152,68	-1,2
PH27	7,78	7,75	-0,5	PV20	139,33	130,90	-6,1
PH28	24,27	23,24	-4,3	PV21	38,89	42,82	10,1
PH29	16,89	16,96	0,4	PV22	56,88	60,30	6,0
PH30	30,66	30,98	1,1	PV23	56,82	60,30	6,1
PH31	96,45	99,14	2,8	PV24	58,89	59,49	1,0
PH32	97,00	99,14	2,2	PV25	59,15	59,49	0,6
PH33	7,90	7,75	-2,0	PV26	63,66	63,52	-0,2
PH34	55,12	54,22	-1,6	PV27	63,61	63,52	-0,1
PH35	70,98	68,72	-3,2	PV28	9,50	9,91	4,4
PH36	71,45	68,72	-3,8	PV29	20,25	21,17	4,5
PH37	18,07	18,15	0,4	PV30	9,43	9,91	5,1
PH38	18,10	18,15	0,3	PV31	89,32	85,90	-3,8
PH39	7,91	7,75	-2,1	PV32	19,66	19,83	0,9
PH40	56,90	59,38	4,4	PV33	19,55	19,83	1,4
PH41	9,32	10,05	7,8	PV34	89,25	85,90	-3,8
PH42	7,79	7,75	-0,6	PILAR	94,50	94,50	0,0
PH43	8,16	8,48	4,0				

4.3 EUROCODE 2

O Eurocode 2 considera vinculações nas quatro extremidades da parede na expressão apresentada abaixo: onde:

$$N_{Rd} = b \cdot h_w \cdot f_{cd} \cdot \phi \quad [4]$$

- N_{Rd} : resistência última à compressão;
- b : comprimento da seção transversal da parede;
- h_w : espessura da parede;
- f_{cd} : resistência de cálculo à compressão do concreto;
- ϕ : excentricidade incluindo efeitos de 2ª ordem;

A excentricidade, incluindo efeitos de 2ª ordem, é definida na Equação 5:

$$\phi = 1,14 \cdot (1 - 2e_{tot} / h_w) - 0,02 l_0 / h_w \leq (1 - 2e_{tot} / h_w) \quad [5]$$

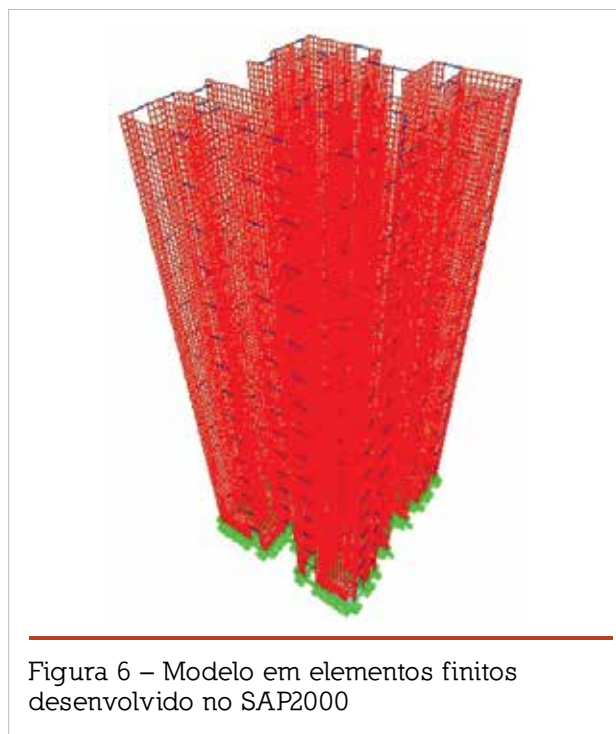


Figura 6 – Modelo em elementos finitos desenvolvido no SAP2000

along two edges		$\beta = 1,0$ for any ratio of l_w/b																			
Along three edges		$\beta = \frac{1}{1 + \left(\frac{l_w}{3b}\right)^2}$	<table border="1"> <thead> <tr> <th>bl_w</th> <th>β</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,2</td><td>0,26</td></tr> <tr><td>0,4</td><td>0,59</td></tr> <tr><td>0,6</td><td>0,76</td></tr> <tr><td>0,8</td><td>0,85</td></tr> <tr><td>1,0</td><td>0,90</td></tr> <tr><td>1,5</td><td>0,95</td></tr> <tr><td>2,0</td><td>0,97</td></tr> <tr><td>5,0</td><td>1,00</td></tr> </tbody> </table>	bl_w	β	0,2	0,26	0,4	0,59	0,6	0,76	0,8	0,85	1,0	0,90	1,5	0,95	2,0	0,97	5,0	1,00
bl_w	β																				
0,2	0,26																				
0,4	0,59																				
0,6	0,76																				
0,8	0,85																				
1,0	0,90																				
1,5	0,95																				
2,0	0,97																				
5,0	1,00																				
Along four edges		$\beta = \frac{1}{1 + \left(\frac{l_w}{b}\right)^2}$ if $a \geq l_w$ $\beta = \frac{b}{2l_w}$ if $b < l_w$	<table border="1"> <thead> <tr> <th>bl_w</th> <th>β</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,2</td><td>0,10</td></tr> <tr><td>0,4</td><td>0,20</td></tr> <tr><td>0,6</td><td>0,30</td></tr> <tr><td>0,8</td><td>0,40</td></tr> <tr><td>1,0</td><td>0,50</td></tr> <tr><td>1,5</td><td>0,69</td></tr> <tr><td>2,0</td><td>0,80</td></tr> <tr><td>5,0</td><td>0,96</td></tr> </tbody> </table>	bl_w	β	0,2	0,10	0,4	0,20	0,6	0,30	0,8	0,40	1,0	0,50	1,5	0,69	2,0	0,80	5,0	0,96
bl_w	β																				
0,2	0,10																				
0,4	0,20																				
0,6	0,30																				
0,8	0,40																				
1,0	0,50																				
1,5	0,69																				
2,0	0,80																				
5,0	0,96																				

Figura 7 – Tabela 12.1 do Eurocode 2: obtenção de β conforme vinculações da parede

O comprimento efetivo da parede (l_0), é definido por $l_0 = \beta \cdot l_w$, onde:

l_w : altura livre da parede de piso a teto;

β : coeficiente que depende das vinculações da parede;

Para obter β , deve-se consultar a tabela 12.1 do Eurocode 2, apresentada na Figura 7.

4.4 NBR 16055:2012

A expressão brasileira para a resistência última à compressão também considera vinculações nas quatro extremidades da parede:

$$\eta_{d, resist} = \frac{(0,85 \cdot f_{cd} + \rho \cdot f_{scd}) \cdot t}{k_1 [1 + 3k_2 (2 - k_2)]} \leq \frac{(0,85 \cdot f_{cd} + \rho \cdot f_{scd}) \cdot t}{1,643} \leq 0,4 \cdot f_{cd} \cdot t \quad [6]$$

onde:

$\eta_{d, resist}$: resistência última à compressão por metro linear;

f_{cd} : resistência de cálculo à compressão do concreto;

f_{scd} : resistência de cálculo à compressão do aço;

ρ : taxa geométrica da armadura vertical da parede, não maior que 1%;

t : espessura da parede;

A_c : área da seção transversal de concreto da parede;

A definição dos coeficientes k_1 e k_2 depende do índice de esbeltez da parede, que é definido pela Equação 7.

$$\lambda = \frac{l_e \cdot \sqrt{12}}{t} \quad [7]$$

O comprimento equivalente da parede, representado por l_e , é obtido em função das vinculações dela e definido na Figura 2 da NBR 6118:2007, apresentada abaixo na Figura 8.

Para qualquer valor de λ , $k_1 = 35/\lambda$. Quando o índice de esbeltez estiver no intervalo $35 \leq \lambda \leq 86$, k_2 vale zero. Se o índice de esbeltez estiver no intervalo $86 < \lambda \leq 120$, k_2 é definido pela Equação 8.

$$k_2 = (\lambda - 86)/120 \quad [8]$$

5. PRÉ-DIMENSIONAMENTO

As paredes PH13, PH16, PH22, PVO4, PV11 e PV14 serão pré-dimensionadas caso a força normal solicitante de cálculo (NSd) não supere a força normal resistente de cálculo (NRd).

Para obtenção das ações de cálculo (F_d), será considerada a combinação da Equação 9, adaptando os coeficientes de majoração de ações permanentes γ_g e de ações variáveis γ_q , conforme as respectivas normas. F_{gk} representa as ações permanentes diretas, F_{q1k} representa a ação variável principal.

$$F_d = \gamma_g \cdot F_{gk} + \gamma_q \cdot F_{q1k} \quad [9]$$

As paredes PH16, PVO4 e PV14 são separadas em a e b, pelo fato de existirem paredes transversais a elas, as quais mudam as condições de vinculação da parede. A situações a e b, levam em conta este fato.

A Tabela 5 apresenta as forças normais características oriundas de cargas permanentes e variáveis.

As tabelas 6 a 9 mostram as forças normais solicitantes de cálculo e forças normais resistentes de cálculo, obtidas através dos coeficientes de majoração e expressões de resistência última à compressão, respectivamente, conforme normas utilizadas neste trabalho.

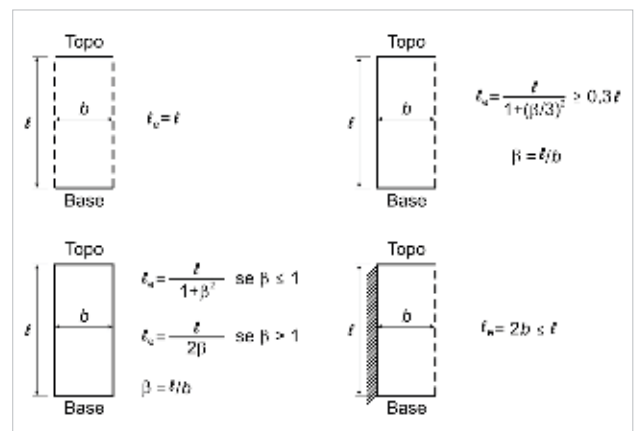


Figura 8 – Figura 2 da NBR 16055: comprimento equivalente l_e conforme vinculações da parede

5.1 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS PELAS NORMAS

As normas australiana e americana têm em comum o fato de considerarem vinculações apenas na base e no topo da parede, havendo, portanto, apenas um plano de flexão.

A norma australiana diferencia-se na consideração da dis-

tância entre paredes transversais no cálculo da altura útil da parede. Quando a distância entre paredes transversais é menor que a altura da parede em análise, o AS 3600 apresenta resultados maiores que o ACI 318, como ocorre para o caso das PH16a e PH16b (Tabelas 6 e 7). Quanto menor a altura útil, menor será a excentricidade de 2ª ordem e, consequentemen-

Tabela 5 – Forças normais de cálculo oriundas de cargas permanentes e cargas variáveis

Modelo Parede	Ações características					
	GIP			MEF		
	perm (tf)	vari (tf)	total (tf)	perm (tf)	vari (tf)	total (tf)
PH13	59,19	9,53	68,72	61,02	10,36	71,38
PH16	83,23	15,91	99,14	81,85	15,00	96,85
PH22	24,73	5,20	29,93	24,73	5,20	29,93
PV04	73,99	11,91	85,90	76,31	12,54	88,84
PV11	49,94	9,55	59,49	49,87	9,41	59,28
PV14	35,26	7,57	42,83	32,23	6,24	38,47

Tabela 6 – Forças normais solicitantes e resistentes de cálculo conforme AS3600

γ_g	1,20	MODELO	Ações de cálculo - AS3600						Pré-dimensionamento - AS3600			
			GIP			MEF			Paredes	NSd(tf) - GIP	NSd(tf) - MEF	NRd(tf) - AS3600
			γ_q 1,50	Paredes	Ngd (tf)	Nqd (tf)	NSd (tf)	Ngd (tf)				
		PH13	71,03	14,30	85,32	73,23	15,53	88,76	PH13	85,32	88,76	49,77
		PH16a	99,88	23,87	123,74	98,22	22,50	120,72	PH16a	123,74	120,72	73,27
		PH16b	99,88	23,87	123,74	98,22	22,50	120,72	PH16b	123,74	120,72	85,71
		PH22	29,68	7,80	37,48	29,68	7,80	37,48	PH22	37,48	37,48	18,66
		PV04a	88,79	17,87	106,65	91,57	18,81	110,37	PV04a	106,65	110,37	6,22
		PV04b	88,79	17,87	106,65	91,57	18,81	110,37	PV04b	106,65	110,37	55,99
		PV11	59,93	14,33	74,25	59,85	14,11	73,96	PV11	74,25	73,96	37,32
		PV14a	42,31	11,36	53,67	38,68	9,35	48,03	PV14a	53,67	48,03	12,44

Tabela 7 – Forças normais solicitantes e resistentes de cálculo conforme ACI318

γ_g	1,20	MODELO	AÇÕES DE CÁLCULO - ACI318						Pré-dimensionamento - ACI318			
			GIP			MEF			Paredes	NSd(tf) - GIP	NSd(tf) - MEF	NRd (tf) - ACI318
			γ_q 1,60	Paredes	Ngd (tf)	Nqd (tf)	NSd (tf)	Ngd (tf)				
		PH13	71,03	15,25	86,28	73,23	16,57	89,80	PH13	86,28	89,80	67,03
		PH16a	99,88	25,46	125,33	98,22	24,00	122,22	PH16a	125,33	122,22	50,27
		PH16b	99,88	25,46	125,33	98,22	24,00	122,22	PH16b	125,33	122,22	33,52
		PH22	29,68	8,32	38,00	29,68	8,32	38,00	PH22	38,00	38,00	25,14
		PV04a	88,79	19,06	107,84	91,57	20,06	111,63	PV04a	107,84	111,63	8,38
		PV04b	88,79	19,06	107,84	91,57	20,06	111,63	PV04b	107,84	111,63	75,41
		PV11	59,93	15,28	75,21	59,85	15,05	74,90	PV11	75,21	74,90	50,27
		PV14a	42,31	12,11	54,42	38,68	9,98	48,65	PV14a	54,42	48,65	16,76

te, maior será a resistência última à compressão da parede.

Em geral, há um acréscimo de resistência na ordem de 25% quando compare-se os resultados da norma americana contra os da australiana, para os casos onde as paredes transversais não são consideradas no cálculo da altura útil.

As normas europeia e brasileira são análogas por considerarem vinculações nos quatro lados da parede. Nos dois casos, percebe-se que as paredes com índice de esbeltez maior que 86 têm a resistência última à compressão bastante reduzida.

Comparando os resultados de força normal resistentes

Se fizermos a verificação de pré-dimensionamento pelo AS 3600 e pelo ACI 318, nenhuma parede tem solicitação menor que a resistência obtida por essas normas, ou seja, há necessidade de aumentar a espessura delas e analisar os resultados novamente.

Percebe-se, nos resultados da NBR 16055 e Eurocode 2, que metade das paredes seriam pré-dimensionadas, o que mostra uma diferença significativa em relação às normas que não consideram vinculação nas extremidades laterais das paredes.

Tabela 8 – Forças normais solicitantes e resistentes de cálculo conforme Eurocode 2

AÇÕES DE CÁLCULO - Eurocode EN1992								Pré-dimensionamento - Eurocode EN1992			
γ_g 1,35	MODELO	GIP			MEF			Paredes	NSd(tf) - GIP	NSd(tf) - MEF	NRd (tf) - Eurocode
γ_q 1,50	Paredes	Ngd (tf)	Nqd (tf)	NSd (tf)	Ngd (tf)	Nqd (tf)	NSd (tf)				
	PH13	79,91	14,30	94,20	82,38	15,53	97,92	PH13	94,20	97,92	51,64
	PH16a	112,36	23,87	136,23	110,50	22,50	133,00	PH16a	136,23	133,00	180,64
	PH16b	112,36	23,87	136,23	110,50	22,50	133,00	PH16b	136,23	133,00	147,84
	PH22	33,39	7,80	41,19	33,39	7,80	41,19	PH22	41,19	41,19	8,08
	PV04a	99,89	17,87	117,75	103,01	18,81	121,82	PV04a	117,75	121,82	43,78
	PV04b	99,89	17,87	117,75	103,01	18,81	121,82	PV04b	117,75	121,82	186,98
	PV11	67,42	14,33	81,74	67,33	14,11	81,44	PV11	81,74	81,44	53,97
	PV14a	47,60	11,36	58,96	43,51	9,35	52,86	PV14a	58,96	52,86	60,70

Tabela 9 – Forças normais solicitantes e resistentes de cálculo conforme NBR 16055

AÇÕES DE CÁLCULO - NBR16055								Pré-dimensionamento - NBR16055			
γ_g 1,40	MODELO	GIP			MEF			Paredes	NSd(tf) - GIP	NSd(tf) - MEF	NRd (tf) - NBR
γ_q 1,40	Paredes	Ngd (tf)	Nqd (tf)	NSd (tf)	Ngd (tf)	Nqd (tf)	NSd (tf)				
	PH13	82,87	13,34	96,21	85,43	14,50	99,93	PH13	96,21	99,93	104,99
	PH16a	116,52	22,27	138,80	114,59	21,00	135,59	PH16a	138,80	135,59	142,86
	PH16b	116,52	22,27	138,80	114,59	21,00	135,59	PH16b	138,80	135,59	95,24
	PH22	34,62	7,28	41,90	34,63	7,28	41,91	PH22	41,90	41,91	21,77
	PV04a	103,59	16,67	120,26	106,83	17,55	124,38	PV04a	120,26	124,38	23,81
	PV04b	103,59	16,67	120,26	106,83	17,55	124,38	PV04b	120,26	124,38	214,29
	PV11	69,92	13,37	83,29	69,82	13,17	82,99	PV11	83,29	82,99	129,75
	PV14a	49,36	10,60	59,96	45,12	8,73	53,85	PV14a	59,96	53,85	47,62

te de cálculo entre a NBR e o Eurocode 2, apesar delas terem uma formulação mais próxima, quando comparada com as demais consideradas neste trabalho, ainda assim fica evidente a diferença de resultados, como mostra a Tabela 10.

5.2 RESULTADOS DOS PRÉ-DIMENSIONAMENTOS

Nas Tabelas 6 a 9, se o resultado da força normal solicitante de cálculo de cada modelo estiver pintado de vermelho, significa que a parede não pôde ser pré-dimensionada com espessura de 10 cm; caso esteja pintado de verde, o pré-dimensionamento foi verificado.

Tabela 10 – Comparação da força normal resistente de cálculo, obtidas pelo Eurocode 2 e pela NBR 16055

Parede	Rd (tf) - Eurocode	Rd (tf) - NBR
PH13	51,64	104,99
PH16a	180,64	142,86
PH16b	147,84	95,24
PH22	8,08	21,77
PV04a	43,78	23,81
PV04b	186,98	214,29
PV11	53,97	129,75
PV14a	60,70	47,62

6. CONCLUSÕES

O modelo em Elementos Finitos, por ser mais refinado e realista, tem análise mais complexa e enorme esforço computacional. Para o tipo de análise apresentada e pela qualidade, rapidez e simplicidade, o modelo Grupo Isolado de Paredes pode substituir o modelo em elementos finitos.

Como há uma considerável diferença nos resultados de carga última obtidas pelas quatro normas utilizadas, sua utilização para a verificação da resistência última à compressão é determinante no pré-dimensionamento das paredes. A NBR 16055:2012, em geral, apresenta resultados mais arrojados.

Outro ponto importante é a verificação de que, quando são consideradas vinculações nas quatro extremidades das paredes, em geral, as resistências obtidas são maiores. Isso

se evidencia pelos resultados maiores de carga última das normas Européia e Brasileira.

Nota-se que nem todas as paredes são dimensionadas com 10 cm de espessura. Conclui-se que é necessário aumentar as espessuras delas, de forma a obter o dimensionamento em 100% dos casos. Observa-se que é recomendável definir uma mesma espessura para todas as paredes de um edifício em paredes de concreto, visando facilitar a fabricação das formas, padronizar geometrias, otimizar a execução das paredes e, por fim, garantir maior qualidade e produtividade.

Ressalta-se que no dimensionamento das paredes, além de considerar as cargas verticais, a verificação de compressão última também deverá englobar os esforços normais oriundos de ações horizontais.

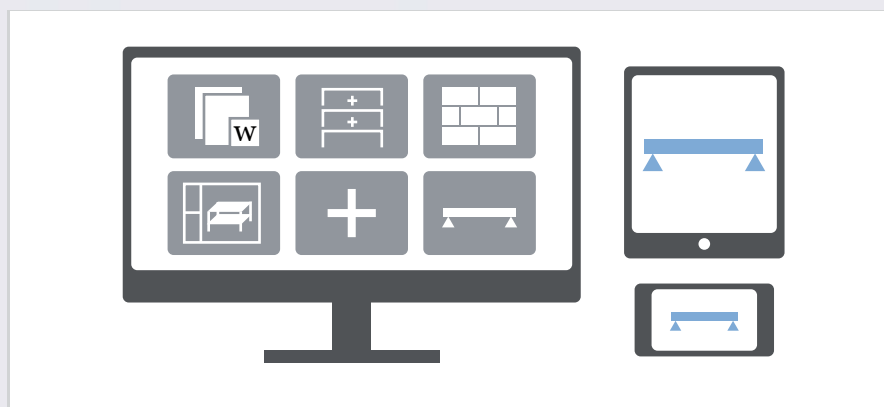
Referências Bibliográficas

- [01] ACI318-(1999). Building Code Requirements for Reinforced concrete. American Concrete Institute, Detroit, 1999.
- [02] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2012) NBR 16055. Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2012.
- [03] AS3600:2001. Concrete Structures. Standards Association of Austrália, North Sydney, NSW, Australia, 2001.
- [04] CORRÊA, M.R.S.; RAMALHO, M.A.. Projeto de edifícios de alvenaria estrutural. São Paulo: Editora PINI Ltda, 2003.
- [05] EN1992:2003. Eurocode 2: Design of Concrete Structures-part 1: General Rules and Rules for Buildings. British Standards Institution, London, 2003.
- [06] NUNES, V.Q.G.. Análise estrutural de edifícios de paredes de concreto armado. Dissertação de mestrado pela Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011. ●

CAD/TQS 17

Concepção, Análise, Dimensionamento, Detalhamento e Gerenciamento de Estruturas de Concreto.

Mais intuitivo, produtivo, refinado e com mobilidade.





6^o CONGRESSO BRASILEIRO DO CIMENTO

19 A 21 DE MAIO DE 2014 - SÃO PAULO - SP - BRASIL

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE CIMENTO REEDITA SEU PRINCIPAL EVENTO



EXPONHA

Espaços Comerciais com mais de 50 opções para mostrar a sua marca ao mercado.

Mais de **50%** da feira vendida

VERIFIQUEM AS FORMAS DE PARTICIPAÇÃO NO SITE DO CONGRESSO.



PARTICIPE

Aproveitem as tarifas especiais para inscrições até o final de 2013.

Pagamento parcelado no cartão de crédito.



VERIFIQUEM AS INFORMAÇÕES NO SITE DO CONGRESSO.



ATUALIZE-SE

Vejam os principais temas do Congresso

- Inovação e Progresso na Indústria Cimenteira
- Legislação Ambiental
- Co-geração de Energia
- Sustentabilidade da Indústria de Cimento e Inovação em Cimentos
- Ações de Fomento para modernização de instalações da Indústria Cimenteira

PARA MAIS INFORMAÇÕES ACESSA:
www.cbcimento.com.br



REALIZAÇÃO



Associação
Brasileira de
Cimento Portland

OFERECEDORES



Concreto leve estrutural com pérolas de EPS

THIAGO CATOIA – DOUTOR EM ENGENHARIA DE ESTRUTURAS
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS (EESC – USP)

MILTON JOSÉ KERBAUY – ENGENHEIRO CIVIL E DIRETOR
GOLDEN STAR EMPREENDIMENTOS

BRUNA CATOIA – DOUTORA EM ENGENHARIA DE ESTRUTURAS
NÚCLEO DE ESTUDOS E TECNOLOGIA EM PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETO (NETPre) – UFSCAR

LIBÂNIO MIRANDA PINHEIRO – PROFESSOR DOUTOR
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS – EESC – USP

1. INTRODUÇÃO

Nas obras de concreto, o peso próprio representa uma grande parcela das ações totais da estrutura, e a redução da massa específica torna-se de grande interesse.

Assim, o concreto leve é apresentado atualmente como um material de construção utilizado em todo o mundo, com aplicação em diversas áreas da construção civil.

A ampla utilização desse material deve-se especialmente aos benefícios promovidos pela diminuição de sua massa específica, como a redução de esforços na estrutura e na infraestrutura das edificações, a economia com fôrmas e cimbramentos, pela redução das solicitações, em comparação com concretos convencionais, bem como a diminuição dos custos com transporte e montagem de construções pré-fabricadas, pela redução no peso dos materiais manuseados, e aumento da produtividade. Além disso, geralmente o concreto leve apresenta isolamento térmico melhor que o do concreto convencional.

Atualmente, além das questões técnicas e econômicas, a escolha dos materiais de construção também está baseada nos aspectos ambientais da aplicação e do uso de materiais. Nesse sentido, o concreto leve possibilita, com sua menor massa específica, diminuição da

armadura, do volume total de concreto, da energia utilizada no transporte e no processo construtivo e, ainda, do consumo de energia no condicionamento térmico das edificações, quando utilizado nas vedações externas.

Os materiais industrializados mobilizam vastos recursos financeiros, consomem uma enorme quantidade de energia e requerem um processo centralizado para sua obtenção, resultando em custo elevado para grande parte da população mundial. Somam-se a isso os resíduos dos materiais, não renováveis, inaproveitáveis, causando permanente poluição.

Assim, o emprego de poliestireno expandido (EPS) como agregado leve na produção de concretos com massa específica reduzida pode abrir portas para o emprego de resíduos, não somente de EPS, mas também de poliuretano (PU) e de outros materiais de mesma natureza, e ainda tornar possível usufruir das propriedades de baixa massa específica desses materiais para produção de concreto leve.

A produção de concreto leve* utilizando esses tipos de resíduos industriais implica não somente o caráter ambiental, mas também econômico, por não despender recursos significativos para produção de agregados leves, e ainda produzir concretos mais leves que os disponíveis no mercado.

* CONCRETO ULTRALEVE®, TAMBÉM DENOMINADO CONCREFLIX® (CFX).

De acordo com Kerbauy (2010), denomina-se concreto leve* estrutural com EPS o concreto contendo poliestireno expandido, que atua como agregado leve e, ao mesmo tempo, como incorporador de ar, destinado para fins estruturais e não estruturais, com massa específica variando entre 400 kg/m³ e 1300 kg/m³, inferior à massa específica usualmente apresentada pelo concreto leve estrutural.

O Poliestireno Expandido (EPS), também conhecido no Brasil como Isopor® ou Estyropor®, é produzido pela expansão da resina de Poliestireno (PS), com o emprego de um gás de expansão.

Nesse processo, são gerados gases voláteis, formando assim as pérolas de EPS. Na expansão, pode-se ter um aumento de volume de até 50 vezes. As pérolas formadas possuem diâmetro variando de 0,5 mm a 2,5 mm. O volume do produto final apresenta entre 95% e 98% de ar e somente o restante de Poliestireno (PS).

Este material caracteriza-se por sua alta dureza, rigidez e baixo custo. Apresenta valores elevados de resistência à tração, perdendo rigidez em temperaturas entre 90°C e 95°C. Pode ser conformado por injeção, extrusão e moldagem por compressão. É um material inodoro, insípido e atóxico, possuindo pequena absorção de umidade.

2. OBJETIVOS

O objetivo principal consiste em determinar as características deste concreto leve* estrutural com pérolas de EPS, necessárias para projetar elementos estruturais com esse material. Como objetivo complementar, apresentam-se testes de aplicações práticas já realizadas, para demonstrar que ele reúne condições para uso em construções.

3. METODOLOGIA

Para atingir os objetivos, foram considerados os seguintes itens: ensaio de plasticidade, massa específica, resistência à compressão simples, módulo de elasticidade, resistência à tração na compressão diametral, resistência à tração na flexão e tenacidade.

3.1 PLASTICIDADE

Para determinação da plasticidade do concreto, foi utilizado o ensaio de espalhamento (*Slump Flow*) indicado pela ASTM C1611:2006 - "Standard test method for

slump flow of self-consolidating concrete". Esse ensaio consiste na medida de espalhamento utilizando o mesmo molde de tronco de cone indicado pela ABNT NBR 7223:1992 - "Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone", para medida do abatimento do tronco de cone (*Slump Test*). No *Slump Flow*, após o preenchimento completo do tronco de cone, sem auxílio de vibração ou adensamento, com sua abertura menor para baixo, o molde é retirado e, após o concreto parar de se mover, realiza-se a medida do espalhamento em duas posições aproximadamente ortogonais. A medida do espalhamento corresponde a média aritmética dessas medidas.

3.2 MASSA ESPECÍFICA

A massa específica no estado fresco foi obtida de acordo com a ABNT NBR 9833:1987 - "Concreto fresco - Determinação da massa específica e do teor de ar pelo método gravimétrico", e representa a massa por unidade de volume de concreto, considerando o ar aprisionado. Um recipiente metálico de 3 dm³ foi preenchido com concreto, utilizando adensamento vibratório de imersão. Em seguida, a superfície de concreto foi regularizada para medida da massa e, através da relação entre a massa contida no recipiente e o respectivo volume, obteve-se a massa específica do concreto no estado fresco.

A massa específica no estado endurecido foi determinada utilizando corpos de prova com 100 mm de diâmetro e 200 mm de altura, antes de ensaiá-los. A massa do corpo de prova foi medida em balança com resolução de 0,1 g, após secagem em câmara climatizada, até constância de massa. O volume foi determinado utilizando paquímetro com precisão de 0,1 mm, adotando-se a média de três medidas em cada direção.

3.3 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES

O ensaio de compressão axial em corpos de prova cilíndricos, de diâmetro de 100 mm e altura de 200 mm, foi realizado de acordo com a ABNT NBR 5739:1994 - "Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos", com velocidade de carregamento constante e igual a 0,3 MPa/s, em um atuador hidráulico servocontrolado.



Figura 1 – Determinação do módulo de elasticidade em corpo de prova cilíndrico

3.4 MÓDULO DE ELASTICIDADE

O módulo de elasticidade foi determinado seguindo recomendações da ABNT NBR 8522:1984 – “Concreto – Determinação do módulo de deformação estática e diagrama tensão-deformação”, solicitando os corpos de prova à compressão simples até a ruptura, com velocidade de deslocamento controlada e igual a 0,01 mm/s, utilizando dois transdutores de base removível, posicionados diametralmente opostos na direção longitudinal do corpo de prova, para obtenção dos respectivos deslocamentos, como mostrado na Figura 1.

Para obtenção das deformações, primeiramente calculou-se a média aritmética dos deslocamentos dos dois transdutores. Em seguida, dividiu-se cada deslocamento médio pelo comprimento da haste utilizada no transdutor (100 mm). Para obtenção das tensões correspondentes a cada deformação, dividiram-se os valores das respectivas forças pela seção transversal do corpo de prova de 100 mm de diâmetro e 200 mm de altura.

Com os resultados obtidos, foi traçado o gráfico de

tensão versus deformação e determinados os módulos de elasticidade tangente inicial (E_{ci}) e secante (E_{cs}).

3.5 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA COMPRESSÃO DIAMETRAL

O ensaio de tração na compressão diametral em corpos de prova cilíndricos, de diâmetro de 100 mm e altura de 200 mm, foi realizado de acordo com a ABNT NBR 7222:1994 – “Argamassa e concreto – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos”, com velocidade de carregamento constante e igual a 0,05 MPa/s, em um atuador hidráulico servocontrolado. Na Figura 2, está indicado o esquema de solicitação de um corpo de prova à compressão diametral, em que o carregamento diametral é aplicado através de duas barras de seção retangular, posicionadas nos apoios inferior e superior. Desta forma, o fendilhamento do corpo de prova é provocado por tensões de tração.

Foi possível comprovar a validade desses ensaios por meio da análise da ruptura dos corpos de prova, sendo



Figura 2 – Ensaio de tração na compressão diametral de corpo de prova cilíndrico



Figura 3 – Ensaio de tração na flexão de corpo de prova prismático

ela diametral, o que representa a correta atuação do carregamento no corpo de prova, durante o ensaio.

3.6 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO

O ensaio de tração na flexão de corpos de prova prismáticos, de seção transversal quadrada de 150 mm e comprimento de 500 mm, foi realizado de acordo com a ABNT NBR 12142:1991 – “Concreto – Determinação da resistência à tração na flexão em corpos de prova prismáticos”, utilizando um dispositivo metálico para carregar o corpo de prova e empregando quatro cutelos, dois para carregamento e dois para apoio, como pode ser visto na Figura 3. O carregamento foi aplicado nos terços do vão, a cada 150 mm, perfazendo 450 mm, com saliências de 25 mm dos eixos dos apoios até as extremidades do corpo de prova, totalizando os 500 mm relativos ao comprimento do corpo de prova.

Para carregar os corpos de prova, foi utilizado um atuador hidráulico servocontrolado, com deslocamento constante, solicitando os corpos de prova até a ruptura, a uma velocidade de deslocamento igual a 0,01 mm/s.

Nesse ensaio, na região de momento máximo, tem-se força cortante nula. Portanto, no terço central, ocorre flexão pura. Foram considerados somente os ensaios em que os corpos de prova apresentaram ruptura nesse terço central.

3.7 TENACIDADE

Tenacidade significa capacidade de absorver tensões,

mesmo sofrendo deformações. Como o concreto em estudo é composto por agregados de EPS, mais deformáveis que os agregados convencionais, esperava-se que ele apresentasse maior deformação que os concretos comuns. Portanto, a medida da tenacidade do concreto leve* com EPS foi considerada importante para comprovar se esse comportamento era confirmado.

Esse ensaio é geralmente utilizado para a análise de concretos com fibras, que garantem mais ductilidade ao concreto, pela capacidade para resistir carregamentos depois da fissuração da matriz de concreto. Portanto, concretos com maior capacidade de deformação podem apresentar menor fragilidade que concretos convencionais.

Como não há norma brasileira que regulamente o ensaio para determinação da tenacidade, seguiu-se o método mais empregado no Brasil, que também é o de concepção mais simples, o prescrito pela norma japonesa JSCE-SF4 (1984).

O ensaio de tenacidade foi realizado conjuntamente com o de tração na flexão, em corpos de prova prismáticos com deslocamento controlado, utilizando dois transdutores LVDT em lados opostos, posicionados no centro do corpo de prova, conforme recomendação da referida norma japonesa, para determinação da flecha no centro do prisma. Detalhes desse ensaio podem ser vistos na Figura 4.

A tenacidade pode ser representada pela área abaixo da curva Força (N) versus Deslocamento (m), que repre-



Figura 4 – Determinação da tenacidade no ensaio de tração na flexão

senta o trabalho (em joules) dissipado no material até certo nível de deformação. Para calcular a tenacidade de cada corpo de prova, primeiramente determinou-se, para cada força aplicada, o deslocamento médio obtido com os dois transdutores. Com os valores obtidos, traçou-se a curva Força (kN) versus Deslocamento (mm) e, empregando-se técnicas de somatória de área, determinou-se a tenacidade em joules.

4. RESULTADOS

Para possibilitar uma boa análise do material e verificar suas potencialidades, foram avaliados três concretos distintos, nos quais se variaram a quantidade de EPS e o consumo de cimento por metro cúbico de concreto. Em função dessas quantidades de materiais, resultaram concretos com resistências menor, média e maior. Os respectivos concretos foram denominados A, B e C.

Visando analisar concretos com facilidade de lançamento e adensamento, foi estabelecido, para todos os concretos avaliados, um espalhamento (*Slump Flow*) igual a 500 mm ± 50 mm que, devido ao menor peso dos agregados, corresponde a um concreto reodinâmico. Esse tipo de concreto apresenta facilidade nas atividades de lançamento, adensamento e nivelamento, além de proporcionar um melhor ambiente de trabalho, pelo menor ruído provocado pelo funcionamento dos vibradores, e um menor desgaste das fôrmas, que geralmente se danificam pelo processo de vibração e adensamento.

Além do espalhamento estabelecido, os concretos avaliados apresentaram boa coesão, observados pelo espalhamento circular da mistura no *Slump Flow*, não apresentaram segregação ou flutuação do EPS, e não ocorreu exsudação da mistura. Portanto, os concretos avaliados apresentaram fluidez e condições ideais para aplicação prática.

A Tabela 1 apresenta as características mecânicas desses concretos relativas ao estado fresco (índice F) e às idades de 1 dia, 7 dias e 28 dias. As características estudadas foram: massa específica (γ), resistência (f_c) e Fator de Eficiência (FE).

Para essa caracterização, foram realizados três ensaios de massa específica no estado fresco, e nas demais idades, foram medidas as massas específicas de todos os corpos de prova cilíndricos.

Aos 28 dias, foram determinadas também: deformação específica de ruptura (ϵ_c), módulos de elasticidade

inicial (E_{ci}) e secante (E_{cs}), resistência média à tração na compressão diametral ($f_{ctm,sp}$), resistência média à tração na flexão ($f_{ctm,f}$) e tenacidade.

Na idade de referência (28 dias), para cada concreto, foram ensaiados 20 corpos de prova cilíndricos, sendo dez solicitados à compressão simples com determinação do módulo de elasticidade e dez à compressão diametral, e mais três corpos de prova prismáticos, solicitados à flexão. Nas demais idades, foram ensaiados cinco corpos de prova cilíndricos à compressão simples.

O Fator de Eficiência (FE) ou Eficiência Estrutural é um parâmetro bastante utilizado para caracterizar os concretos leves, pois relaciona as suas duas principais características: resistência à compressão e massa específica. O Fator de Eficiência é a relação direta entre a resistência à compressão e a massa específica do concreto, e esse fator foi determinado para cada idade de ensaio.

Ao se comparar o Fator de Eficiência dos concretos analisados, pode-se concluir que os valores relativos a 28 dias são muito próximos ao de um concreto convencional

Tabela 1 – Caracterização mecânica do concreto leve

Característica	Unidade	Concreto			
		A	B	C	
Estado fresco	γ_f	kg/m ³	1209	1272	1373
1 dia	γ_i	kg/m ³	1195	1263	1325
	f_{ci}	MPa	7,8	8,7	9,3
	FE ₁	MPa.dm ³ /kg	6,5	6,9	7,0
7 dias	γ_7	kg/m ³	1140	1268	1328
	f_{c7}	MPa	10,2	14,4	14,3
	FE ₇	MPa.dm ³ /kg	8,9	11,4	10,8
28 dias	γ_{28}	kg/m ³	1191	1279	1355
	f_{cm}	MPa	13,3	15,9	17,2
	Desvio padrão		1,13	0,91	0,26
	FE ₂₈	MPa.dm ³ /kg	11,2	12,4	12,7
	ϵ_c	mm/m	1,99	1,93	1,88
	E_{ci}	GPa	8,98	11,3	12,1
	Desvio padrão		0,80	0,95	0,57
	E_{cs}	GPa	8,08	10,08	11,02
	Desvio padrão		0,85	0,44	0,48
	$f_{ctm,sp}$	MPa	1,04	1,11	1,35
	Desvio padrão		0,13	0,14	0,26
$f_{ctm,sp}$	MPa	1,28	1,39	1,48	
Desvio padrão		0,06	0,15	0,04	
Tenacidade	Joule	2,66	2,05	1,21	

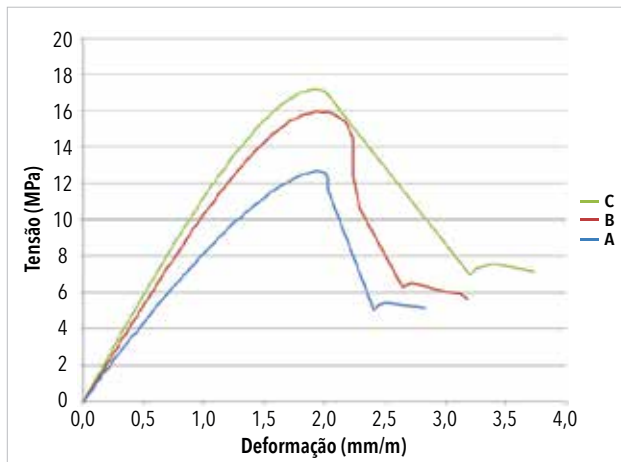


Figura 5 – Diagramas típicos tensão-deformação do concreto leve para os três concretos

de resistência 30 MPa e massa específica de 2400 kg/m³, que possui Fator de Eficiência de 12,5 MPa.dm³/kg.

Para cada um dos concretos, a Figura 5 indica o diagrama típico tensão versus deformação dos corpos de prova cilíndricos submetidos à compressão simples. Foi considerado o corpo de prova que apresentou o comportamento médio para cada concreto. Os respectivos módulos de elasticidade foram próximos ao valor médio calculado, considerando todos os corpos de prova ensaiados aos 28 dias.

A Figura 6 apresenta os diagramas força-flecha dos ensaios de flexão dos corpos de prova prismáticos, aos 28 dias, relativos ao comportamento intermediário de cada concreto.

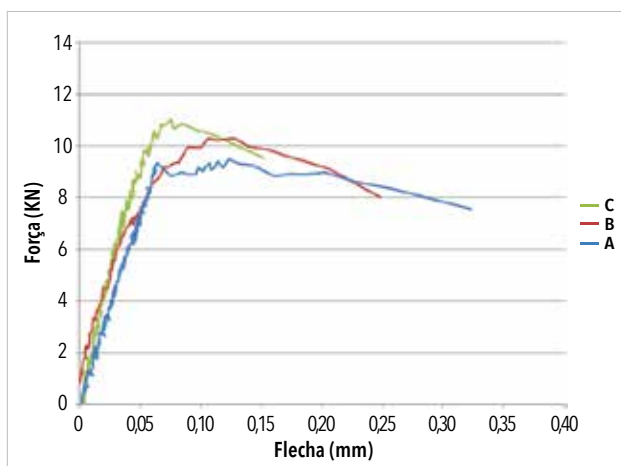


Figura 6 – Diagramas força-flecha dos prismas de CFX ensaiados à flexão

Como pode ser observado nessa figura, ao concreto A corresponde a deformação maior que as dos demais concretos, com resistência significativa, apresentando, portanto, maior tenacidade. Com o concreto C acontece o contrário (menor deformação e menor tenacidade), ficando o concreto B com o comportamento médio.

Cabe destacar que o material em estudo trata-se de um concreto mais leve que os concretos leves atualmente produzidos pelo meio técnico e disponíveis no mercado. Entretanto, pela falta de normas específicas, faz-se a seguir uma análise utilizando recomendações de normas nacionais e internacionais, voltadas para a produção de concretos com agregados leves convencionais.

Os valores de massa específica dos três concretos estudados ficaram abaixo de 1680 kg/m³, valor máximo especificado pela ABNT NBR NM 35:1995 – “Agregados leves para concreto estrutural – Especificações”.

Com relação à resistência mínima da ordem de 17 MPa, exigida pela citada norma e também por outras como o ACI 213R-87 (1987) – “Guide for structural lightweight



Figura 7 – Concreto leve reodinâmico



Figura 8 – Seções transversais de corpos de prova de concreto leve

aggregate concrete” e a ASTM C330:1989 – “Standard specification for lightweight aggregates for structural concrete”, para concretos com agregado leve e areia natural, verifica-se que o concreto C atende essa exigência de resistência mínima.

Os concretos estudados também atendem às exigências para concretos leves de outras recomendações, que só fixam limites para a massa específica, tais como:

- RILEM (1975), menor que 2000 kg/m³;
- CEB-FIP (1977) – “Lightweight aggregate concrete – Manual of design and technology”, menor que 2000 kg/m³;
- NS 3473.E (1998), entre 1200 kg/m³ e 2200 kg/m³; e
- CEN prEN 205-25 (1999) – « Béton. Performances, production et conformité », entre 800 kg/m³ e 2000 kg/m³ (Comité Européen de Normalisation).

Como o concreto leve* com EPS trata-se de um



Figura 9 – Ensaio de laje unidirecional de concreto leve

material inovador, é importante destacar que não há norma específica, e que ele pode ser utilizado para fins estruturais desde que seja comprovado que suas características de desempenho são adequadas para o tipo de elemento estrutural em que ele será empregado.

5. CONCLUSÕES

O concreto estudado apresenta aproximadamente metade da massa específica dos concretos convencionais, com características mecânicas compatíveis com a aplicação prática do material.

A deformação de ruptura (ϵ_c) dos três concretos estudados apresentou valores próximos à deformação de ruptura de concretos convencionais submetidos à compressão (2‰).

O módulo de elasticidade, assim como a resistência dos concretos estudados à tração, apresentaram relações coerentes com a resistência à compressão simples, se comparadas com as respectivas relações referentes aos concretos convencionais.

A Figura 7 mostra que o concreto leve é reodinâmico, com significativa fluidez no estado fresco, que permite que o concreto se espalhe na fôrma sem vibração e sem o emprego de outra ferramenta para essa finalidade.

Além da boa coesão, pode-se constatar a homogeneidade da mistura, sem segregação, pela análise de seções transversais de corpos de prova indicados na Figura 8, serrados na direção longitudinal.

A Figura 9 ilustra o ensaio de uma laje unidirecional de concreto leve, realizado no Departamento de Engenharia de Estruturas da EESC-USP, no qual se



Figura 10 – Laje de concreto leve



Figura 11 – Pannel de fechamento de concreto leve

comprovou que esse concreto é adequado para aplicação em tais tipos de laje, o que pode ser extrapolado para lajes armadas em duas direções ou, até mesmo, para outros tipos de laje, pré-moldadas ou moldadas no local.

Com as características do material obtidas neste trabalho, pode-se concluir que o concreto analisado possui



Figura 12 – Pannel PI de concreto leve

diversas aplicações, algumas já verificadas e exemplificadas nas figuras 10 a 12.

A Figura 10 mostra uma laje de concreto leve, durante seu içamento, na qual pode-se verificar que as pérolas não aparecem na superfície inferior nem nas laterais da peça, apresentando acabamento semelhante ao de peças de concreto pré-moldado comum.

A Figura 11 mostra um teste feito com pannel de fechamento de 10,00 m x 1,25 m x 15 cm, moldado verticalmente, em que se verifica o bom acabamento superficial e a boa textura, características que ainda podem ser melhoradas com procedimentos simples e usuais relativos à execução da peça.

Teste realizado na produção de um pannel “PI” é ilustrado na Figura 12, em que também foi obtido ótimo resultado.

Portanto, pode-se concluir que o concreto leve com pérolas de EPS apresenta características adequadas para aplicações estruturais e que seu uso é promissor, pois reúne condições para ser utilizado em vários tipos de construções.

Mais detalhes podem ser encontrados em Catoia (2012).

Referências Bibliográficas

- [01] CATOIA, T. Concreto Ultraleve® estrutural com pérolas de EPS: caracterização do material e estudo de sua aplicação em lajes. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.
- [02] INTERNATIONAL UNION OF TESTING AND RESEARCH LABORATORIES FOR MATERIALS AND STRUCTURES. Terminology and definitions of lightweight concrete. France: RILEM, 1975.
- [03] JAPAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS. Method of tests for flexural strength and flexural toughness of steel fiber reinforced concrete. JSCE-SF4. Concrete Library of JSCE. Part III-2. Method of tests for steel fiber reinforced concrete. n.3, June 1984.
- [04] KERBAUY, M. J. (2010). Concreto estrutural ultraleve com desmoldagem rápida destinado à fabricação de placas, painéis e lajes. Pedido de patente aprovado pelo Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) (PI-1004268-7).
- [05] NORWEGIAN COUNCIL FOR BUILDING STANDARDIZATION. NS 3473.E. Concrete Structures. Design Rules, 5th edition, 1998. ●

IV Encontro sobre Tecnologia do Concreto – ETEC 2013

Para discutir a aplicação da Norma de Desempenho em estruturas e materiais à base de concreto, a Regional do IBRACON em Mato Grosso do Sul e a Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) organizaram o IV Encontro sobre a tecnologia do concreto, no último dia 22 de novembro.

O evento contou com as palestras do Prof. Paulo Helene (diretor da PhD Engenharia), que explorou as verdades e mitos na confrontação entre as normas

brasileiras ABNT NBR 15575 e ABNT NBR 6118, do Eng. Cláudio Oliveira (gerente de projetos da ABCP), que explorou o tema do desempenho das alvenarias com blocos de concreto, e do Eng. José Granato (gerente técnico e comercial da Viapol), que palestrou sobre durabilidade da impermeabilização frente à Norma de Desempenho.

O ETEC 2013 contou ainda com o apoio da Abece, IEMS e Sermix.

XX Encontro Regional do IBRACON

A Regional do IBRACON no Pará realizou seu vigésimo encontro de 18 a 20 de novembro, na Universidade da Amazônia (Unama), em Belém do Pará.

As palestras apresentadas no evento foram:

- Benefícios do metacaulim em concretos, argamassas e chapiscos, pelo Eng. Neto Bittencourt (Metacaulim do Brasil);
- Processo Executivo do Projeto BRT-Belém, apresentada pelo Eng. Régis Barata (Andrade Gutierrez) e Eng. José Zacarias (Concreteste);
- Recorde do volume de concretagem no Metro de São Paulo, ministrada pelo Eng. Ricardo Faria (Vedacit);
- Análise dos parâmetros de variabilidade dos concretos com resíduos de concreto”, pela Prof^a Luciana Cordeiro (UFPA);
- Desempenho de estruturas de concreto impermeabilizadas por cristalização integral, pelo Eng. Cláudio



Esq. p/dir. Prof^a Mariana Domingues Von Paumgartten Lira (Regional IBRACON/UNAMA), Prof. Miguel Chaquiam (Diretor do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia/UNAMA), Prof. Evaristo Clementino Rezende dos Santos (Pró Reitor de Ensino/UNAMA), Prof. Luís Augusto Conte Mendes Veloso (Diretor Regional do IBRACON e da Faculdade de Engenharia Civil da UFPA)

Ourives (Penetron do Brasil);

- Estudo comparativo entre a NBR 15.575 e NBR 6118, proferida pelo Prof. Paulo Helene (PhD Engenharia);
- Tendências da tecnologia dos aditivos para concreto, pelo Eng. Holger Schmidt;
- Monitoramento estrutural de pontes ferroviárias de concreto, pelo Prof. Luís Augusto Veloso (UFPA).

Palestra técnica na Regional de Alagoas

No último dia 10 de setembro, a Regional de Alagoas realizou na sede do CREA da região a palestra técnica

“Lajes Nervuradas com moldes recuperáveis”, ministrada pelo diretor técnico da Atex do Brasil, Eng. Marcos Terra. ●

ACREDITADO PELO INMETRO PARA CERTIFICAR
MÃO DE OBRA DA CONSTRUÇÃO CIVIL



PROGRAMA IBRACON DE QUALIFICAÇÃO E CERTIFICAÇÃO DE PESSOAL



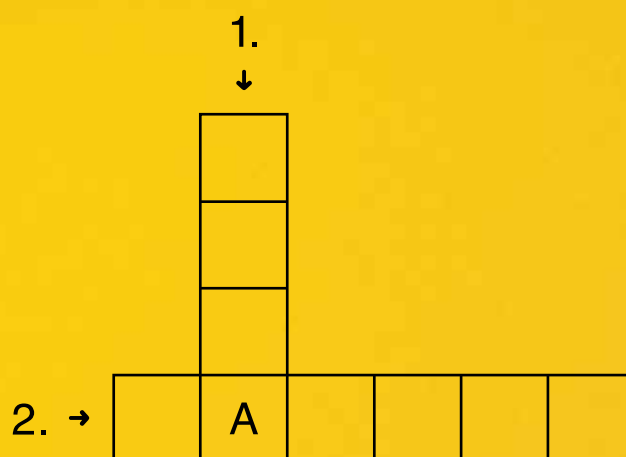
O IBRACON É ORGANISMO CERTIFICADOR DE PESSOAS, ACREDITADO PELO INMETRO (OPC-10).

ESTÃO SENDO CERTIFICADOS AUXILIARES, LABORATORISTAS, TECNOLOGISTAS E INSPETORES DAS EMPRESAS CONTRATANTES, CONSTRUTORAS, GERENCIADORAS E LABORATÓRIOS DE CONTROLE TECNOLÓGICO.

O CERTIFICADO ATESTA QUE O PROFISSIONAL DOMINA OS CONHECIMENTOS EXIGIDOS PARA A REALIZAÇÃO DE ATIVIDADES DE CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO, ENTRE OS QUAIS AS ESPECIFICAÇÕES E PROCEDIMENTOS DE ENSAIOS CONTIDOS NAS NORMAS TÉCNICAS.

A CERTIFICAÇÃO É MAIS UM DIFERENCIAL COMPETITIVO PARA SUA EMPRESA: A GARANTIA DA QUALIFICAÇÃO DOS PROFISSIONAIS CONTRATADOS!

O passatempo de quem usa Vedapren Fast é assim:



1. Verbo secar na 3ª pessoa do singular do presente do indicativo.
2. Sinônimo de veloz.



Com secagem de 2 horas a 25 °C, **Vedapren Fast** deixa sua laje protegida bem rapidinho. E tudo fica ainda mais rápido porque são necessárias apenas duas demãos para a laje ficar impermeabilizada.

Não perca tempo, use Vedapren Fast.

Disponível nas cores: branco, concreto, terracota e verde.

VEDACIT[®]
IMPERMEABILIZANTES

