

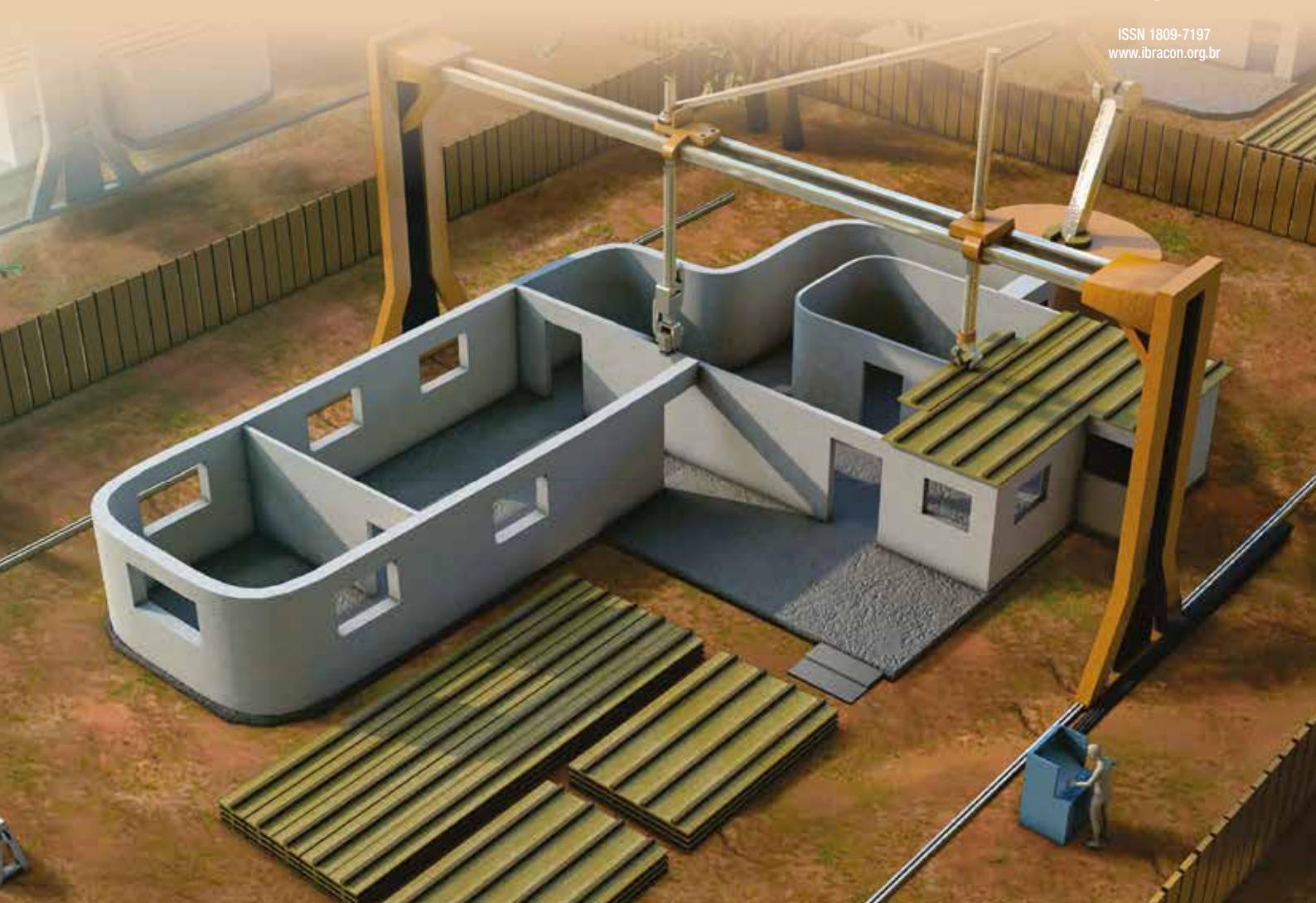
INFORMÁTICA APLICADA A PROCESSOS NA CONSTRUÇÃO

BIM, FABRICAÇÃO DIGITAL E OUTRAS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO



Ano XLIV
85
JAN-MAR
2017

ISSN 1809-7197
www.ibracion.org.br



PERSONALIDADE ENTREVISTADA

ANTONIO PEDREIRA DE FREITAS:
PAIXÃO PELA CONSTRUÇÃO
RACIONALIZADA

ENTIDADES DA CADEIA

RACIONALIZAÇÃO
DA CONSTRUÇÃO DAS
ESCOLAS PAULISTAS

ENSINO E APRENDIZADO NA ENGENHARIA

NOVA ESTRUTURA CURRICULAR
DE ENSINO DA POLI-USP

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

ADITIVOS



ARMADURA



PENETRON

ENSINO, PESQUISA E EXTENSAO



ADIÇÕES



JUNTAS

JEUNE

EQUIPAMENTOS



RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL



ESCRITÓRIOS DE PROJETOS



PhD

JUNTE-SE A ELAS

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

PRE-FÁBRICADOS



CONTROLE TECNOLÓGICO



CONSTRUTORAS



I.a.Falcão bauer

FORMAS



CIMENTO



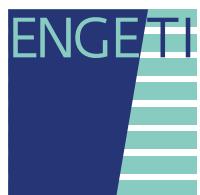
GOVERNO



CONCRETO



**Esta edição é um oferecimento das
seguintes Entidades e Empresas**



Adote concretamente
a revista **CONCRETO & Construções**



CRÉDITOS CAPA

SISTEMA CONSTRUTIVO
"CONTOUR CRAFTING"
DESENVOLVIDO POR
PESQUISADORES DA
UNIVERSIDADE DO SUL
DA CALIFÓRNIA.
FONTE:
WWW.CONTOURCRAFTING.ORG

SEÇÕES

- | |
|-------------------------------------------------------------------------|
| 6 Editorial |
| 7 Coluna Institucional |
| 8 Converse com o IBRACON |
| 10 Encontros e Notícias |
| 15 Personalidade Entrevistada:
Antonio Pedreira de Freitas |
| 39 Entidades da Cadeia |
| 52 Mercado Nacional |
| 65 Seção Especial: ensino e
aprendizado na engenharia
de concreto |
| 91 Acontece nas Regionais |
| 93 Estatuto do IBRACON |

INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

22

Fabricação digital e construção industrializada

30

Produtividade e planejamento na fabricação
e montagem de estruturas pré-moldadas

45

BIM favorece o desenvolvimento de projetos
estruturais

NORMALIZAÇÃO TÉCNICA

55

Norma brasileira para desenvolvimento
de componentes BIM

60

Norma brasileira de requisitos e ensaios de galerias
pré-moldadas

ESTRUTURAS EM DETALHES

70

Avaliação de estacas por cross-hole com análise
tomográfica

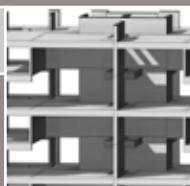
78

Determinação da capacidade de carga de estacas
por carregamento dinâmico

PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

84

Desenvolvimento de concretos leves para
o CONCREBOL



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.

PRESIDENTE DO COMITÊ EDITORIAL

→ Guilherme Parsekian
(alvenaria estrutural)

COMITÊ EDITORIAL – MEMBROS

- Amaldo Forti Battagin
(cimento e sustentabilidade)
- Bernardo Tutikian
(tecnologia)
- Eduardo Millen
(pré-moldado)
- Enio Pazini de Figueiredo
(durabilidade)
- Ercio Thomas
(sistemas construtivos)
- Evandro Duarte
(protendido)
- Frederico Falconi
(projektista de fundações)
- Guilherme Parsekian
(alvenaria estrutural)

JORNALISTA RESPONSÁVEL

→ Fábio Luís Pedroso - MTB 41.728
fabio@ibracon.org.br

PUBLICIDADE E PROMOÇÃO

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

PROJETO GRÁFICO E DTP

→ Gill Pereira
gill@ellemento-arte.com

ASSINATURA E ATENDIMENTO

office@ibracon.org.br

GRÁFICA

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 2017 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.



COORDENADOR DA SEÇÃO ESPECIAL

→ César Daher (ensino)

IBRACON

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

DIRETOR DE EVENTOS

Bernardo Tutikian

DIRETORA TÉCNICA

Inês Laranjeira
da Silva Battagin

DIRETOR PRESIDENTE

Julio Timerman
Paulo Helene

DIRETOR 1º VICE-PRESIDENTE

Túlio Nogueira Bittencourt
Eduardo Barros Millen

DIRETOR 2º VICE-PRESIDENTE

Luiz Prado Vieira Junior

DIRETOR 1º SECRETÁRIO

Antonio D. de Figueiredo
Leandro Mouta Trautwein

DIRETOR 2º SECRETÁRIO

Carlos José Massucato
Enio José Pazini Figueiredo

DIRETOR 1º TESOUREIRO

Claudio Sbrighi Neto
Gilberto Antônio Giuzio

DIRETOR 2º TESOUREIRO

Nelson Covas
Jéssika Pacheco

DIRETORA DE MARKETING

Iria Licia Oliva Doniak



Avançar sempre!

Caro leitor,

Nesta edição da Revista CONCRETO & Construções, veículo oficial do IBRACON, temos artigos interessantíssimos focados no uso da informática como ferramenta imprescindível na melhoria dos processos inseridos na Cadeia Produtiva do Concreto, tema de capa da edição.

Esses artigos corroboram que nossa revista é uma referência na Comunidade Técnica, por contar com um Comitê Editorial de Profissionais sempre empenhados em proporcionar aos associados do IBRACON e demais leitores uma constante divulgação dos temas mais atuais que orbitam a nossa Cadeia Produtiva do Concreto. O tema da informática aplicada ao concreto foi pautado para duas edições consecutivas justamente pela qualidade e quantidade de artigos submetidos para publicação.

Em contrapartida, não podemos deixar de mencionar a grave crise econômica que assola o nosso país desde 2015 e que ainda está longe de terminar, por mais otimista que eu seja.

Eu poderia ficar discorrendo a vocês números setoriais sobre a redução da atividade na Construção Civil, com uma consequente redução no consumo de concreto, mas, como todos sabem, a crise não é setorial. Ela impactou em todos os sistemas construtivos, que estão experimentando uma sensível redução em suas respectivas demandas.

A consequência disso tudo ainda é imprevisível, mas observa-se um movimento de aquisição de empresas tradicionais nacionais por empresas estrangeiras, que se aproveitam da delicada situação da nossa economia para se instalar no nosso país, como sempre foi a meta de várias dessas empresas.

Corremos um real perigo de relegarmos a um segundo plano toda uma tradição e conquistas técnicas da nossa engenharia.

O IBRACON está sensível a esta complexa situação e continuará sendo sempre a Entidade com um viés eminentemente técnico, voltada à defesa do uso racional e sustentável do concreto, assim como à preservação de toda a história e tradição do concreto no Brasil.

Apesar do cenário pessimista, o Instituto encerrou 2016 com uma situação absolutamente estável, repetindo os números apresentados no final de 2015. Face ao atual cenário nacional, este fato é de extrema importância, sendo destacado

em nossa última reunião de diretoria

A hora continua sendo de cautela, mas a organização do 59º Congresso Brasileiro do Concreto (59º CBC), que irá acontecer em Bento Gonçalves/RS de 31/10 a 03/11/2017, está a pleno vapor, com todas as diretorias firmemente empenhadas em apoiar este importante evento. Temos a certeza de que as diversas sessões e demais atividades técnicas neste evento atrairão um grande público – recebemos para esta edição impressionantes 1634 resumos de trabalhos técnico-científicos, superando em muito o número médio de resumos das últimas edições, sempre abaixo dos mil. Este fato assegura a todos da organização do evento que o 59º CBC será sucesso de público, repetindo o sucesso visto em Belo Horizonte.

Mas o IBRACON não é só o nosso evento anual!. Temos inúmeras outras ações em curso e todas as diretorias estão firmemente empenhadas em cumprir suas respectivas metas, emprestando ao Instituto o necessário apoio para viabilizar os demais projetos.

Um dos mais importantes refere-se ao fortalecimento de nossas Regionais, cuja adequação administrativa já está em processo de implantação, fazendo com que elas tenham autonomia para realização de workshops e eventos locais.

É nossa intenção realizar visitas mensais em 2017 a cada Regional, fazendo não só uma divulgação institucional de nossa entidade, bem como promovendo palestras técnicas, com o apoio de renomados profissionais que prestigiam nosso Instituto.

Despeço-me, desejando a todos uma profícua leitura e reiterando que o IBRACON continuará trabalhando e sempre se renovando para atingir a tão sonhada meta que sempre o norteou:

Avanço Concreto – Hoje e Sempre!!!!



JÚLIO TIMERMAN

PRESIDENTE DO IBRACON – INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO



CONCRETO & Construções | 6

Ampliar a visão para fortalecer o IBRACON e o mercado

nicio esta coluna convidando os nossos leitores a um raciocínio institucional e estratégico, a fim de que seja possível continuarmos a nossa jornada e principalmente estarmos aderentes a nossa missão, que é promover o universo das estruturas de concreto, fundamental para todos os elos da cadeia produtiva do concreto em suas diversas formas de aplicação. Começaremos pela Missão do Instituto Brasileiro do Concreto: criar, divulgar e defender o correto conhecimento sobre materiais, projeto, construção, uso e manutenção de obras de concreto, desenvolvendo seu mercado, articulando seus agentes e agindo em benefício dos consumidores e da sociedade em harmonia com o meio ambiente.

O IBRACON possui seus objetivos também definidos no Capítulo II do nosso estatuto, que, em 2016, foi atualizado, sendo que é possível consultá-lo nesta edição da Revista CONCRETO & Construções. É importante conhecermos e reforçarmos a nossa missão para que, em torno dela, possamos traçar nossas estratégias, de marketing inclusive, que não apenas se refletem a instituição IBRACON, mas também nosso mercado.

Muitas vezes a atividade ‘Publicidade’ é confundida com a do ‘Marketing’, mas é importante esclarecer que a ‘Publicidade’ é apenas uma ferramenta do ‘Marketing’, promovendo parte da nossa missão – a divulgação das nossas ações através dos meios possíveis de que hoje dispomos, físicos e digitais. Esta é, de fato, a atividade que tenho conseguido exercer, como apoio às outras diretorias, que são as geradoras de conteúdo. A partir daí convido os nossos associados a refletir sobre o DESENVOLVIMENTO DO MERCADO, aproveitando a oportunidade de estar me comunicando através do espaço desta coluna. Precisamos pensar de maneira estratégica, quer no Instituto, quer nas empresas, quer no meio acadêmico, de que forma atuar para que possamos daqui a mais 40 anos, que é o tempo de existência da entidade, continuarmos a ser reconhecidos como o País das estruturas de concreto, de modo que o material nobre que representamos possa continuar sendo uma solução importante nos empreendimentos de infraestrutura e habitação.



Cabe ressaltar a importância do IBRACON e sua capacidade de reunir profissionais de referência, que sempre se dedicaram incansavelmente para que até aqui chegássemos. Estamos diante da 4ª Revolução Industrial, tema relacionado aos três aspectos centrais do Fórum Econômico Mundial 2017, realizado em Davos: globalização, tecnologia e desigualdades. Este tema é gerador de grandes mudanças, inclusive do modelo de negócios atual. A partir deste contexto precisamos vigiar para que a realidade atual de um país em crise não nos paralise e, assim, possamos inovar mais, sermos mais eficientes, estar em dia com o desenvolvimento

tecnológico – BIM, impressão 3D, *Ultra High Performance Concrete* (UHPC), Desempenho, Industrialização, Automação..., pois, de outra forma, não seremos sustentáveis, perceremos, sendo isto o grande desafio nosso atualmente. Seguramente temos realizado, tanto no instituto como nas empresas, ações isoladas em resposta às demandas que se apresentam a cada dia, relacionadas especialmente à inovação, mas precisamos ampliar a nossa visão a um plano sistêmico.

Neste sentido, em especial, as duas últimas edições da CONCRETO & Construções foram preciosas, o conteúdo dos congressos vem aproximando esses temas, bem como os eventos que acontecem nas regionais, mas precisamos avançar ainda mais.

Esta reflexão, certamente, não se encerra aqui, penso que ela começa aqui, mas encerro esta coluna convidando todos os nossos associados, de todas as categorias, a participarem e trazerem suas contribuições, através dos canais disponíveis, a fim de que possamos fortalecer o IBRACON e, juntamente com ele, os sistemas construtivos que utilizam o concreto, planejando com visão estratégica os nossos próximos 40 anos.

Um abraço a todos,

ÍRIA LÍCIA OLIVA DONIAK
DIRETORA DE MARKETING DO IBRACON

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

PERGUNTAS TÉCNICAS

TEM COMO ESTIMAR EM PERCENTUAL A RETRAÇÃO DO VOLUME DO CONCRETO. SE SIM, COMO SE CALCULARIA DE UMA FORMA PRÁTICA?

ENG. ALVARO LUIZ MULLER

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

O concreto expande com a absorção de água e se contrai com a sua perda. A isto chamamos de movimentação cíclica reversível em função da umidade relativa do ambiente onde está inserido.

Observe que essa evaporação e absorção de água cíclica ao longo do tempo dependem, por um lado, do regime de mudanças da umidade relativa no ambiente e, por outro lado, das dimensões da peça e da relação superfície/volume.

Por essa razão é mais comum e mais preocupante analisar as consequências dessa retração hidráulica ou de secagem em peças "lineares", tipo vigas, e em peças "planas", tipo lajes e pisos. Óbvio que se ainda essas peças estiverem engastadas ou "aderidas" a outros elementos, inclusive solo e rochas, a preocupação com essa retração hidráulica aumenta devido aos riscos de fissuração.

As eventuais fissuras e esforços decorrem do fato de que, na maioria das vezes, essas peças estão engastadas, estão aderidas e, principalmente, esse fenômeno não atingir toda a peça por igual, e sim de forma heterogênea, gerando deformações e tensão diferenciais.

A retração de secagem pode ser da ordem de 0,04% a 0,10% em concretos simples e 0,2% a 0,4% em concretos corretamente armados.

A teoria nos ensina ainda que existe a retração química, autodessecção ou retração autógena devido ao fato da pasta hidratada ter volume ligeiramente inferior ao volume inicialmente ocupado pela soma dos grãos de cimento e do volume da água de hidratação desses grãos. Por essa razão, pastas e argamassas retraiem mais que concretos, nessa ordem decrescente.

Praticamente para um concreto bem dosado, com agregado graúdo e miúdo organizados em composições granulométricas de maior compacidade, essa retração irreversível é muito pequena e não causa problemas nem precisa ser calculada. No entanto, esta retração pode causar retração volumétrica.

Diz a bibliografia que ainda existe a retração por carbonatação, que pode ocorrer depois de 5, 10 ou 20 anos, mas, praticamente, ela é bem superficial, depende muito do consumo de cimento e do efeito parede, e gera microfissuras na superfície da peça, um certo craqueamento, que, uma boa pintura ou estucamento resolve sem maiores preocupações. Esta retração não gera retração volumétrica.

Na prática, em geral, não há preocupação com retração volumétrica, mesmo a causada pela maior delas, que é a retração por secagem. Em

grandes volumes, o problema é efeito térmico, e não retração hidráulica.

Finalmente, há de, eventualmente, preocupar-se com retração plástica inicial por conta de excesso de exsudação de água, excesso de água no traço, vazamento de nata em fôrmas mal vedadas, paredes cortina e estacas. Esta ocorre em forma "volumétrica" e sempre na direção da gravidade, e pode causar fissuras sobre armaduras rígidas, obrigar ao maior arrasamento de estacas, deixar irregular um acabamento superficial, criar fissuras em topo de pilares concretados junto com lajes e vigas, criar fissuras em tetos de formas cubetas, e fissuras em lajes reticulares no encontro laje/nervura, etc. Já medimos 1 cm de redução na altura (30 cm) de corpos de prova, ou seja, 3% a 4%. Esta não reduz resistência, mas exige do engenheiro capacidade de saber administrar com categoria, eliminando as consequências não desejáveis, que, em geral, seriam riscos à durabilidade. Mais informações práticas sobre o processo de retração pode ser consultadas nas seguintes bibliografias:

- PCA. *Design and Control of Concrete Mixtures - Chapter 15 Volume Changes of Concrete;*
- ACI 209.2R-08 - *Guide for Modeling and Calculating Shrinkage and Creep in Hardened Concrete - item A.1.1;*
- fib *Model Code for Concrete Structures 2010 – item 5.1.9.4.4;*
- ABNT NBR 6118:2014 *Projeto de*



estruturas de concreto. Procedimento – item A.2.3.

JESSICA PACHECO & PAULO HELENE, DIRETORES DO IBRACON

QUERIA TIRAR UMA DÚVIDA SOBRE ALVENARIA ESTRUTURAL. É NECESSÁRIO SEMPRE GRAUTEAR CANTO DE PORTAS, JANELAS E ENCONTROS DAS PAREDES EM EDIFÍCIOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL? É USADO O MESMO CRITÉRIO PARA PRÉDIOS BAIXOS DE TÉRREO MAIS QUATRO PAVIMENTOS E PRÉDIOS ALTOS?

LUCIANO COELHO

CETEC ENGENHARIA ESTRUTURAL

O que recomendamos como armadura vertical mínima é o que está na publicação:
<http://www.comunidadedaconstru>

cao.com.br/upload/ativos/286/anexo/manualpara.pdf

Se preferir, uma versão impressa pode ser adquirida pela Editora de UFSCar (www.editora.ufscar.br) ou pela ABCP (www.abcp.org.br).

A ideia era que esse livro servisse de padrão para o meio técnico, eliminando esse tipo de dúvida entre projetistas e construtoras.

É possível projetos sem essas armaduras em algumas situações. O cuidado é fazer vergas e contravergas, se estendendo pelo menos 30 cm fora das aberturas de janelas (15 cm para portas).

Em prédios baixos, de até cinco pavimentos, o mínimo do mínimo de vertical é no requadro das paredes externas e também todas paredes

mais compridas a cada 3,5m.

Para edifícios mais altos, não costumo considerar armadura nas laterais de portas e janelas, exceto quando coincide com modelo de vento. Usualmente é necessário quando usamos modelo de pórtico, mas nem todo prédio precisa desse modelo. Quando houver tração nos cantos precisa armar. Valem as mesmas recomendações anteriores, e ainda nesse caso armar encontros das paredes principais e aquelas que precisaram de armadura nos andares inferiores.

Para cinta a meia altura, a recomendação é em prever paredes com mais de 6,0 m, além das contravergas.

GUILHERME PARSEKIAN, PRESIDENTE DO COMITÊ EDITORIAL

Revista CONCRETO & Construções

A revista CONCRETO & Construções é o veículo impresso oficial do IBRACON.

De caráter científico, tecnológico e informativo, a publicação traz artigos, entrevistas, reportagens e notícias de interesse para o setor construtivo e para a rede de ensino e pesquisa em arquitetura, engenharia civil e tecnologia.

Distribuída em todo território nacional aos profissionais em cargos de decisão, a revista é a plataforma ideal para a divulgação dos produtos e serviços que sua empresa tem a oferecer ao mercado construtivo.

PARA ANUNCIAR

Tel. 11- 3735-0202
arlene@ibracon.org.br

Periodicidade	Trimestral
Número de páginas	100
Formato	21 x 28 cm
Papel	Couché 115 g
Capa plastificada	Couché 180 g
Acabamento	Lombada quadrada colada
Tiragem	5.000 exemplares
Distribuição	Circulação controlada

Consulte o perfil dos profissionais e o ramo de atuação das empresas do mailing:
www.ibracon.org.br (link "Publicações")



Formatos e investimentos

Formato	Dimensões	R\$
2ª Capa + Página 3	42,0 x 28,0 cm	10.285,00
Página Dupla	42,0 x 28,0 cm	9.100,00
4ª Capa	21,0 x 28,0 cm	6.960,00
2ª, 3ª Capa ou Página 3	21,0 x 28,0 cm	6.800,00
1 Página	21,0 x 28,0 cm	6.250,00
2/3 de Página Vertical	14,0 x 28,0 cm	4.880,00
1/2 Página Horizontal	21,0 x 14,0 cm	3.550,00
1/2 Página Vertical	10,5 x 28,0 cm	3.550,00
1/3 Página Horizontal	21,0 x 9,0 cm	2.940,00
1/3 Página Vertical	7,0 x 28,0 cm	2.940,00
1/4 Página Vertical	10,5 x 14,0 cm	2.550,00
Encarte	Sob consulta	Sob consulta

Coletânea Implementação do BIM para construtoras e incorporadoras

Com o objetivo de universalizar o conhecimento e o uso do "Building Information Modeling" (BIM), conjunto de políticas, processos e tecnologias que possibilitam a modelagem, o armazenamento, a troca, a consolidação e o fácil acesso aos vários grupos de informações sobre uma edificação, a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), em parceria com o Senai, lançou recentemente a "Coletânea Implementação do BIM para construtoras e incorporadoras". Dividida em cinco volumes – Fundamentos, Implementação, Colaboração e Integração, Fluxos de Trabalho e Formas de Contratação em BIM – a Coletânea visa tornar mais clara a aplicação do BIM e orientar a sua aplicação por construtoras, incorporadoras e empresas de diversos portes em todos os segmentos da cadeia produtiva da construção civil.

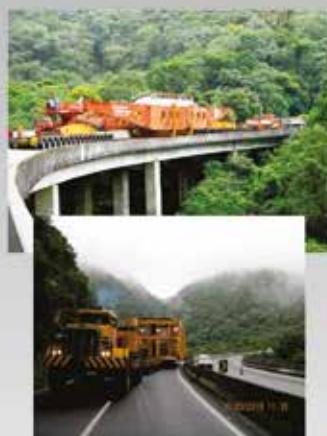


Como plataforma capaz de integrar o conjunto de informações sobre o empreendimento, desde sua concepção, passando pelas fases de projeto e construção, até seu uso e manutenção, o BIM possibilita diagnosticar rapidamente as necessida-

des de compatibilidade na construção, além de gerar dados sobre materiais, prazos e custos, garantindo as melhores soluções e a maior produtividade no setor.

→ Baixe grátis em: <http://cbic.org.br/bim/>

consultoria e projetos estruturais



viabilização de tráfego de cargas especiais

recuperação e reforço de edificações



adequação funcional de obras de arte

projetos de obras de arte



soluções de
qualidade

www.engeti.eng.br

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



Manual de Desempenho
2^a edição | Revisada e atualizada

Alvenaria com Blocos de Concreto
Guia para atendimento à Norma ABNT 15575

Manual de desempenho da alvenaria com blocos de concreto

O manual, desenvolvido pela BlocoBrasil em parceria com a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), é um guia com as informações sobre o desempenho da alvenaria com blocos de concreto, tratando dos aspectos ligados ao desempenho estrutural, resistência ao fogo, segurança de uso e operação, estanqueidade, desempenho térmico e acústico, além de especificações de durabilidade e para manutenção, e dados relativos ao im-

pacto ambiental das paredes construídas com blocos de concreto.

Por meio de ensaios realizados no IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas e em universidades e laboratórios brasileiros, o manual atesta que os blocos de concreto atendem aos requisitos da NBR 15.575, a Norma de Desempenho de Edificações Habitacionais, em vigor desde 2013.

→ Baixe grátis em:
www.blocobrasil.com.br

TYTRO®
Sistema de Concreto Projetado
Solução Completa e Avançada

GCP Applied Technologies apresenta a linha TYTRO®, um abrangente e avançado sistema para concreto projetado, especialmente formulado para a construção de túneis. O sistema TYTRO® permite reduzir os custos de materiais e acelerar os ciclos de escavação, garantindo um elevado desempenho técnico.



Curso de Inspeção em estruturas de concreto segundo a ABNT NBR 16230

O curso visa apresentar e discutir os conteúdos relativos à formação de Inspetores I de Estruturas de Concreto, de acordo com a ABNT NBR 16230:2013, capacitando os profissionais para fazerem o diagnóstico e prognóstico do estado de conservação de estruturas de concreto, principalmente as obras de arte especiais, com vistas a manter ou reestabelecer seus requisitos de segurança estrutural, funcionalidade e durabilidade.

Com carga horária de 28 horas, o curso promovido pelo IBRACON e pelo IDD, com apoio da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), ALCONPAT Brasil e IBRACON, EPT (Engenharia e Pesquisas Tecnológicas), vai acontecer nos dias 31 de março, 1, 7 e 8 de

abril, com aulas teóricas na ABCP, aulas laboratoriais na EPT e visita técnica à Ponte Guilherme de Almeida, no km 25 da Rodovia Castelo Branco, em São Paulo.

Este curso faz parte do Programa Master PEC, programa de educação continuada do IBRACON, e tem como instrutores o presidente do IBRACON, Julio Timerman, seus diretores Paulo Helene, Enio Pazini e Gilberto Giuzio,



e o engenheiro Alexandre Beltrame.

→ Mais informações:

www.idd.com.br

Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais

→ Autores P. Kumar Mehta e Paulo J. M. Monteiro
(Universidade da Califórnia em Berkeley)

→ Coordenadora da edição em português Nicole Pagan Hasparyk (Eletrobras Furnas)

→ Editora IBRACON • 4^a edição (inglês) • 2^a edição (português)

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

→ Informações: www.ibracion.org.br

DADOS TÉCNICOS

ISBN / ISSN: 978-85-98576-21-3

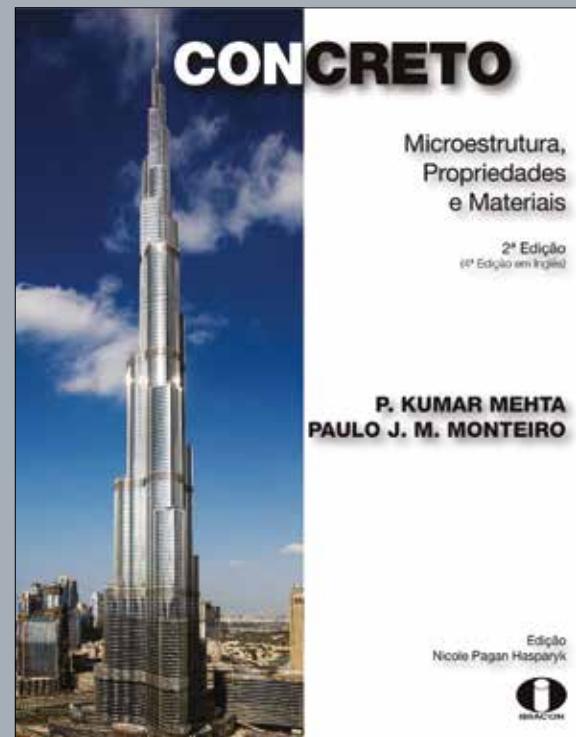
Edição: 2^a edição

Formato: 18,6 x 23,3cm

Páginas: 782

Acabamento: Capa dura

Ano da publicação: 2014



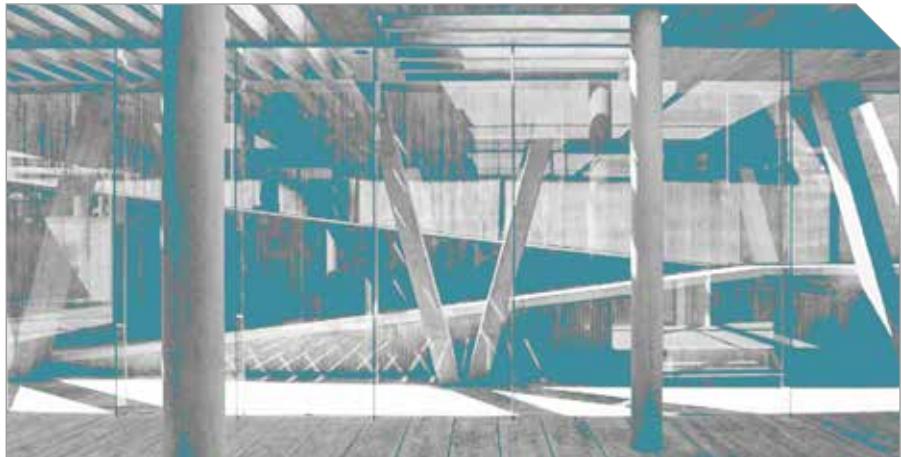
Patrocínio



Especialização em projetos de estruturas de aço e concreto para edifícios

Com foco nos edifícios de múltiplos pavimentos, o curso “Especialização em projetos de estruturas de aço e concreto para edifícios” busca capacitar os profissionais para o projeto de estruturas de aço, de concreto armado e mistas de aço e concreto quanto aos critérios de dimensionamento, verificação e detalhamento.

Promovido pela Universidade do Rio dos Sinos (Unisinos), com apoio do IBRA-CON, CBCA (Centro Brasileiro da Construção em Aço), ABECE (Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural), ALCONPAT Brasil (Associação Brasileira de Patologia das Construções) e TQS Informática, o curso de especialização vai acontecer no campus da Unisinos em Porto Alegre, sendo que suas 420 ho-



ras serão distribuídas quinzenalmente nas sextas e sábados, com início em 30 de março do ano corrente e término em 1º de dezembro de 2018. Associados do IBRA-CON tem 10% de desconto no curso.

→ Mais informações:

www.unisinos.br/especializacao/projeto-de-estruturas-de-aco-e-concreto-para-edificios/presencial/porto-alegre

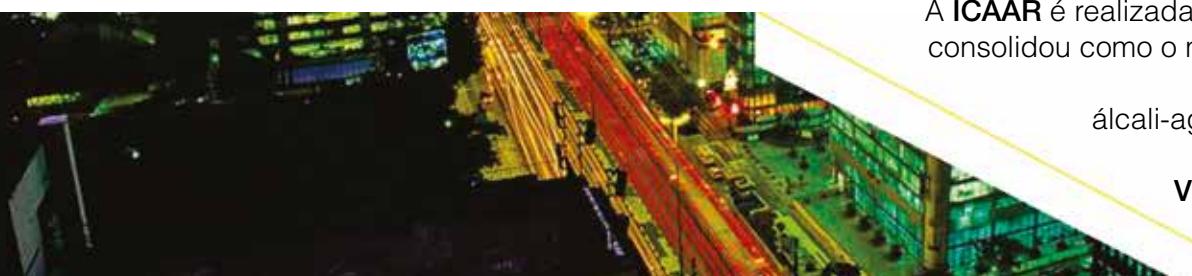
ANAIIS DA 15^a CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE A REAÇÃO ÁLCALI-AGREGADO (ICAAR 2016)



Editores: Haroldo de Mayo Bernardes & Nicole Pagan Hasparyk

Adquira o pen-drive contendo os mais de **100 trabalhos técnico-científicos** apresentados no evento **ICAAR 2016**.

Textos escritos por especialistas em reação álcali-agregado, de 21 nacionalidades, sobre seus mecanismos e fatores, ensaios para seu diagnóstico e para avaliação das estruturas afetadas, casos de deterioração de estruturas atacadas, modelagem de danos, medidas de recuperação e medidas preventivas.



A **ICAAR** é realizada a cada quatro anos e se consolidou como o mais importante fórum de debates sobre a reação álcali-agregado em todo mundo.

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

Conferência Internacional em Fratura



A 14ª Conferência Internacional em Fratura (IFC 14), fórum de discussão sobre a mecânica de fraturas, resistências dos materiais e integridade estrutural, vai acontecer de 18 a 23 de junho, na Ilha de Rodes, na Grécia.

Sob a organização da Academia Mundial de Integridade Estrutural, a Conferência, que é realizada quadrienalmente desde 1965, tem o objetivo de melhorar a segurança e o desempenho das estruturas, sistemas, componentes e seus materiais.

→ Mais informações:
<http://www.icf14.org/>



Prática Recomendada IBRACON Concreto Autoadensável

COORDENADOR Bernardo Fonseca Tutikian
SECRETÁRIO Roberto Christ

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

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

DADOS TÉCNICOS

ISBN / ISSN: 978-85-98576-25-1

Edição: 1ª edição

Formato: Eletrônico

Páginas: 78

Acabamento: Digital

Ano da publicação: 2015

Patrocínio



Antônio Carlos Lima Pedreira de Freitas



Antônio Pedreira fotografado no seu ambiente preferido pelo seu filho Otávio

Apaixonou-se pelo sistema de painéis portantes de concreto, em viagens de estudos a Bogotá, na Colômbia, e a Caracas, na Venezuela, de 1976 a 1978. Aprofundando seus estudos sobre racionalização da construção, cursou palestras e seminários na área de tecnologia de concreto armado e argamassa armada ou fibrosa para construções pré-fabricadas de edifícios habitacionais. Em 1992 constituiu a Pedreira de Freitas, inicialmente voltada para o desenvolvimento de soluções em elementos pré-moldados, empresa na qual ficou como sócio até 2003.

Atuou como consultor em racionalização de edificações até 2014, voltando-se atualmente para consultoria aos netos.

IBRACON – VOCÊ PODERIA DISCORRER SOBRE OS MOTIVOS E CIRCUNSTÂNCIAS QUE O LEVARAM A SE FORMAR ARQUITETO E POSTERIORMENTE A SE TORNAR UM CONSTRUTOR?

ANTONIO PEDREIRA DE FREITAS – Desde pequeno a vontade era de ser construtor, mas analisando os meus

estudos, eu vi que não gostava de diversas matérias da engenharia e, por isso, optei por arquitetura, que me permitiria construir do mesmo jeito, fazendo as matérias que gostava. Naquela época a formação de arquitetura era também muito voltada para a construção. Desta

forma, não foi depois que virei construtor, a arquitetura foi um meio para chegar ao que sempre quis.

IBRACON – COMO SUAS EXPERIÊNCIAS EM CONSTRUTORAS O LEVARAM A SE ENVEREDAR PELOS SISTEMAS PRÉ-MOLDADOS EM CONCRETO?

ANTONIO PEDREIRA DE FREITAS – A vida inteira tive a característica de ser ‘fuçador’, de buscar coisas novas. Achava muito difícil a forma tradicional de construir e não me conformava de não poder existir algo mais simples. Comecei a procurar novidades em viagens fora do país e em bibliografias adquiridas. Achei muito interessante as formas de executar prédios com painéis de concreto, em viagens à Colômbia e Venezuela em 1976. Constatei, aliás, que a Venezuela, era o único país onde o transporte de painéis era feito por ferrovia, apesar de ter o petróleo.

Me encantei com os painéis e consegui alguns amigos que toparam a empreitada de montar no Brasil aquilo que tínhamos visto lá fora.

IBRACON – HAVIA OUTROS SISTEMAS INDUSTRIALIZÁVEIS IGUALMENTE VIÁVEIS? NO CONTEXTO DA CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRA, NO QUAL A MÃO DE OBRA É ABUNDANTE E O SISTEMA DO CONCRETO CONVENCIONAL PREDOMINANTE, POR QUE TRAZER PARA O PAÍS UM SISTEMA INDUSTRIALIZADO?

ANTONIO PEDREIRA DE FREITAS – Foi ‘amor à primeira vista’ pelo sistema de painel portante. Chegamos a ver o sistema de Parede de Concreto moldado *in loco* com fôrmulas metálicas, tão na moda hoje em dia, mas o sistema de painel portante era muito mais racional porque pré-moldava tudo o que o sistema

de parede de concreto fazia com fôrma no local.

Mesmo tendo muita mão de obra no país na época, esta não gerava construção com produtividade e, no meu entendimento, com mais produtividade

poderiam ser construídas muito mais moradias para um mercado carente de habitação. O objetivo não era reduzir a mão de obra, mas sim fazer com que esta construisse cada vez mais.

Ao longo da minha vida, estudamos e implantamos outros sistemas, como o de pré-viga e pré-laje, lajes de forro, produtos em argamassa armada, uma gama de produtos desenvolvidos nas indústrias em que participei, primeiro a Cisa e depois a Tangram. Em função dessa gama de produtos pré-moldados que desenvolvemos, os amigos me chamavam carinhosamente de “Professor Pardal” (em alusão ao desenho animado – um galo antropomorfo que inventava coisas – criado por Carl Barks para Walt Disney Company).

IBRACON – O SISTEMA DE

ARQUIVO DA PEDREIRA ENGENHARIA



Painéis Portantes Pré-Moldados estocados para serem usados na obra

PAINÉIS PORTANTES PRÉ-MOLDADOS (PPPM) FOI TRAZIDO DA ALEMANHA. QUAIS PROBLEMAS TIVERAM QUE SER ENFRENTADOS, COMO ELES FORAM RESOLVIDOS E QUANTO TEMPO ISSO LEVOU PARA QUE O SISTEMA ESTIVESSE BEM ADAPTADO AO CLIMA E AO CONTEXTO CONSTRUTIVO BRASILEIRO?

ANTONIO PEDREIRA DE FREITAS – O sistema de painel portante se originou na Alemanha, mas foi trazido para cá através do modelo da Colômbia, que já o tinha “tropicalizado”. Mesmo assim, as dificuldades para implantar o sistema no nosso país foram muitas. Difícil de enumerar. Tinha a ausência de norma nacional. Isto foi resolvido com um grande amigo, o grande engenheiro de estruturas, professor Augusto Carlos de Vasconcelos. Ele estudou os projetos colombianos e fez toda a memória de cálculo para



O GRANDE ENGENHEIRO DE ESTRUTURAS, AUGUSTO CARLOS DE VASCONCELOS, ESTUDOU OS PROJETOS COLOMBIANOS E FEZ TODA A MEMÓRIA DE CÁLCULO PARA VALIDAR E DIMENSIONAR OS PRÉDIOS QUE SERIAM FEITOS AQUI



“ ATÉ HOJE TRATAM O SISTEMA QUE OS ALEMÃES USAVAM EM 1945 E QUE, NO BRASIL, SE USA DESDE 1997 COMO UM SISTEMA INOVADOR ”

validar e dimensionar os prédios que seriam feitos aqui no Brasil. Aliás, somente hoje, em 2017, é que viemos a ter uma normalização sobre o assunto, através da norma NBR 16475, que está para ser publicada, aguardando a conclusão e publicação da NBR 9062 (Norma de Pré-moldados), uma vez que existe vínculo das duas normas. Quando apresentamos para as construtoras e órgãos públicos, existiram muitos questionamentos – se as paredes de concreto teriam o mesmo desempenho das paredes de “tijolo”. Foi preciso construir um protótipo para mostrar que o sistema tinha o mesmo desempenho. Também é incrível que até hoje se enfrente a dificuldade de ter que aprovar em todos os órgãos, dizendo que o sistema, há 40 anos no país, precisa mostrar que tem o

mesmo desempenho dos prédios de “tijolinho” (agora, alvenaria). Até hoje tratam o sistema que os alemães usavam em 1945 e que, no Brasil, se usa desde 1997 como um sistema inovador. Outro problema que aconteceu, este real e com transtornos, foi com a infiltração de água, pois, apesar de o sistema de painéis portantes ter sofrido uma certa “tropicalização” na Colômbia, por lá chovia muito pouco e não existia preocupação com relação à infiltração. No primeiro prédio construído com o sistema, a água infiltrada era tirada com balde. A solução foi buscar sistemas de juntas com complexos controles de penetração de água, algo que levou uns 5 anos para ser completamente resolvido e que contou com valiosa ajuda do professor Fernando Henrique Sabattini na definição da geometria da gola (elemento de junta

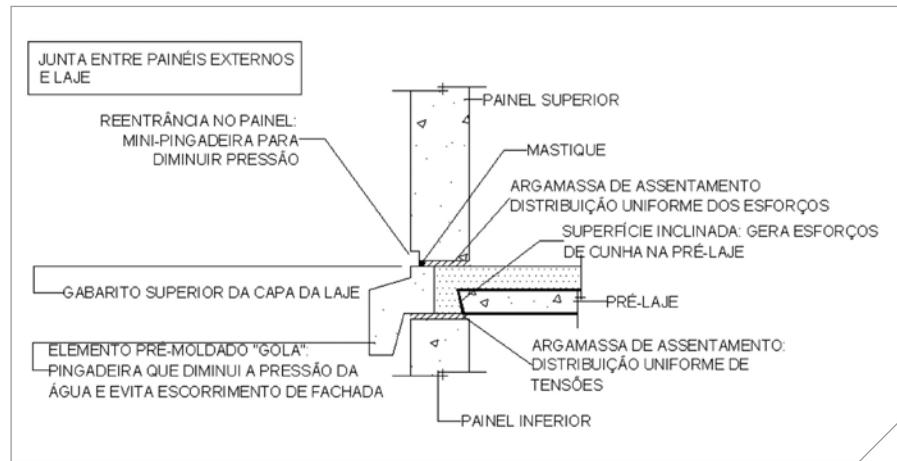
horizontal que separa os painéis de dois andares, no nível da laje).

IBRACON – ATUALMENTE O SISTEMA PPPM ESTÁ BEM RESOLVIDO EM TERMOS DA RACIONALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO? O QUE FALTA AVANÇAR PARA QUE O SISTEMA SE TORNE MAIS PRODUTIVO, ECONÔMICO E SUSTENTÁVEL?

ANTONIO PEDREIRA DE FREITAS – Falta ainda avançar em custo, principalmente o custo de implantação. É um sistema muito rápido, com baixíssima quantidade de mão de obra, mas que exige um custo de implantação grande, pois não existem grandes indústrias de prefabricadores que produzem o painel e o comercializam. Assim, se faz necessário montar uma usina de pré-moldados, com características de indústria para viabilizar o sistema. Com isso, só se viabiliza para grandes quantidades.

Acredito ainda que, algo que escuto há muito tempo e que sofri quando tinha a minha indústria de pré-fabricados (a Tangram), a questão dos impostos continua um problema sério. Com taxações que praticamente inviabilizam o uso de pré-fabricados para edifícios residenciais. Incrível como, no Brasil, não há por parte do governo um incentivo à industrialização; pelo contrário, com as taxações se incentiva o uso de mais mão de obra.

IBRACON – QUAIS TÊM SIDO AS BARREIRAS PARA UMA MAIOR



Desenho esquemático ilustrando a junta horizontal no encontro de dois painéis de andares sucessivos

INCOPORAÇÃO DA INDUSTRIALIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFICAÇÕES NO BRASIL?

ANTONIO PEDREIRA DE FREITAS –

Eu diria que, na construção de edificações, a principal busca é por sistemas de vedação mais baratos, racionais e que não tragam patologias após o uso. O mais difícil é atender à questão das patologias, pois a nossa cultura não aceita juntas nos apartamentos. Sendo assim, quando se trabalha com grandes elementos pré-moldados ou de componentes diferentes, a fissura entre o elemento de vedação e o elemento estrutural exige um tratamento caro. Por isso, a busca por elementos de vedação com a finalidade de serem estruturais. Mas, acredito, que quanto às questões técnicas, os engenheiros sempre conseguem resolver. As barreiras continuam sendo, por incrível que pareça, as mesmas de tempos atrás:

- Conservadorismo dos diretores de grandes empresas, que procuram fazer o que sempre deu certo;
 - A tributação, conforme comentado na questão anterior;
 - Os arquitetos que projetam sempre imaginando que a construção será convencional.
- Porém, acredito que a dificuldade cada vez maior com os custos indiretos da mão de obra esteja conduzindo para construções mais

racionais.

O uso cada vez maior de paredes de concreto é um exemplo disso. Finalmente, estão entendendo que é melhor ter mais volume de concreto, se este volume conduz à redução de mão de obra e de prazo de execução.

IBRACON – AS EMPRESAS QUE ADOTAM O SISTEMA PPPM TÊM SIDO SENSÍVEIS À ADOÇÃO DO BIM NA FASE DE PROJETO E EXECUÇÃO?

ANTONIO PEDREIRA DE FREITAS – Eu só tenho escutado falar de BIM. Não sei responder a esta questão sem ajuda. Segundo meu filho Otávio Pedreira de Freitas, que tem estudado muito sobre a implantação do BIM, ainda não.

IBRACON – NA SUA PERSPECTIVA O BIM PODERÁ REVOLUCIONAR A FORMA COMO OS PROJETOS SÃO FEITOS NO SETOR CONSTRUTIVO BRASILEIRO E A FORMA COMO AS CONSTRUÇÕES SÃO REALIZADAS? EM QUANTO TEMPO?

ANTONIO PEDREIRA DE FREITAS – Eu me lembro muito bem da época em que os desenhos pararam de ser feitos na prancheta e passaram a ser feitos no CAD. Apareceram os ‘plotters’



Produção racional na construção de Conjunto habitacional com o sistema de Painéis Portantes Pré-Moldados (PPPM)

de canetinha e, depois, os outros maiores. Lembro-me que vários projetistas diziam que aquilo não iria pegar, que era mais complicado e que nunca mudariam para esta forma de projetar. Depois de um tempo, o que escutava era: “como é que se projetava antes sem o CAD?”. Que deveria ser impossível! Pelo que escuto, hoje está acontecendo a mesma coisa. Novas tecnologias vêm cada vez com mais frequência. O BIM trará todas as discussões sobre o desenvolvimento do projeto para um mesmo lugar. É como se todos estivessem projetando juntos. Com certeza teremos muito menos erros e muito mais assertividade nas soluções e no planejamento. Quanto tempo? Não sei, mas sei que esta cada vez mais frequente escutar sobre o BIM. Deve estar próximo.

“

INCRÍVEL COMO, NO BRASIL, NÃO HÁ POR PARTE DO GOVERNO UM INCENTIVO À INDUSTRIALIZAÇÃO; PELO CONTRÁRIO, COM AS TAXAÇÕES SE INCENTIVA O USO DE MAIS MÃO DE OBRA

”



Montagem dos prédios de cinco andares com uso de pórtico deslizante

IBRACON – O SISTEMA PPPM É NORMALIZADO NO BRASIL? QUAIS SÃO AS NORMAS APLICÁVEIS? O SISTEMA ATENDE À NORMA DE DESEMPENHO?

ANTONIO PEDREIRA DE FREITAS – Como falei antes, meu outro filho, Augusto Pedreira de Freitas, coordenou a norma que está para ser publicada. Já tem até numero, será a NBR 16475, e tratará de Painéis de vedação e estruturais. Além desta norma, será preciso usar as duas normas mães, a NBR 9062, de Projeto de Pré-moldados, e a NBR 6118, de Projeto em Concreto Armado.

Quanto à norma de desempenho, antes de ter essa norma, para poder ser usado no programa Minha Casa Minha Vida (MCMV) da Caixa Econômica Federal (CEF), o sistema de Paredes Portantes, por ser inovador, teve que passar pelo Sinat (Sistema Nacional de Avaliação

todos os testes de desempenho, passando por todos.

Apesar de ser considerado inovador ainda em 2017, temos um prédio construído em 1982 com o sistema de Paredes Portantes, com baixíssima manutenção (a fachada não tinha sido pintada nenhuma vez quando visitamos o prédio em 2012). Ainda não são 50 anos, mas já são 35, sendo pelo menos 30 sem pintura. Agora, precisa ficar claro quais as manutenções a serem dadas pelos moradores e como fiscalizar isso. Caso contrário, esta norma de desempenho será um problema, pois nenhuma edificação dura 50 anos sem manutenção. Levamos os carros para concessionária para fazer manutenção. Se não levarmos, perdemos a garantia. Em edificações, isto não é possível e como garantir que quem fez uma

Técnica) e obter um Datec (Documento de Avaliação Técnica).

Um não, uns três, porque não bastava aprovar uma vez o sistema. Precisava aprovar três vezes a mesma coisa. E, para aprovar, foi necessário fazer

manutenção, a fez bem feita? Deveria ser algo de interesse das construtoras, assim como é das concessionárias, fazer e garantir esta manutenção. Mas ainda é muito difícil de operacionalizar isso.

IBRACON – O SISTEMA PPPM REQUER MENOS MÃO DE OBRA, MAS PESSOAL QUALIFICADO. COMO É FEITO O TREINAMENTO DE PESSOAL PARA LIDAR COM O SISTEMA?

ANTONIO PEDREIRA DE FREITAS – Isto é uma verdade. Sem treinamento não se produz nem se monta utilizando o sistema. Este treinamento sempre foi feito aproveitando-se profissionais que já tinham trabalhado no sistema. Procurando ter alguns profissionais que já tenham trabalhado no sistema no processo de treinamento, multiplicamos o conhecimento. Depois de treinado, o sistema é muito simples, mas sair do zero e querer produzir uma edificação com este sistema sem treinamento é muito arriscado e pode significar problemas sérios de qualidade, com consequências de patologia. Sempre iniciamos buscando a qualidade para, depois, com o conhecimento do processo, conseguir uma velocidade de produção e montagem, sem comprometer a qualidade.

IBRACON – COMO VOCÊ AVALIA O

“

O BIM TRARÁ TODAS AS DISCUSSÕES SOBRE O DESENVOLVIMENTO DO PROJETO PARA UM MESMO LUGAR. É COMO SE TODOS ESTIVESSEM PROJETANDO JUNTOS

”

“O DESCONHECIMENTO FAZ COM QUE O ENGENHEIRO TENHA RECEIO DE UTILIZAR, OU AINDA QUE NÃO SEJA CAPAZ DE VISLUMBRAR TUDO AQUILO QUE O PRÉ-MOLDADO PODERÁ LHE PROPORCIONAR”

ENSINO DOS PRÉ-FABRICADOS/PRÉ-MOLDADOS NAS ESCOLAS DE ENGENHARIA CIVIL E ARQUITETURA DO PAÍS?

ANTONIO PEDREIRA DE FREITAS – É muito deficiente e este é um problema para o pré-moldado. O aluno tem no máximo uma optativa de pré-moldado e, com isso, a maioria sai sem saber sobre as possibilidades de uso de elementos pré-moldados. É mais uma dificuldade para se introduzir um uso maior de elementos pré-moldados em obras, sobretudo as residenciais. O desconhecimento faz com que o engenheiro tenha receio de utilizar, ou ainda que não seja capaz de vislumbrar tudo aquilo que o pré-moldado poderá lhe proporcionar.

IBRACON – Como é feita a especificação do concreto para o sistema PPPM? Quem faz?

ANTONIO PEDREIRA DE FREITAS – Os Painéis são produzidos em fôrmas de bateria, onde são produzidos normalmente dez painéis por vez em gavetas verticais. Desta forma, o lançamento de concreto é feito pela espessura da parede ao longo do comprimento, num formato próximo de um pilar de parede estreito, de 10 a 14cm.

O concreto que melhor se adequa a esta situação é o concreto autoadensável e é o que tem sido usado para minimizar ou eliminar a necessidade de vibração. A questão da retração, muito

relevante no sistema de parede de concreto moldado *in loco*, tem menor relevância no sistema de Paredes Portantes por se tratar de elementos pré-moldados isolados. Mesmo assim, deve ser considerada na definição do traço.

Nossa recomendação é que seja sempre consultado um tecnologista de concreto para definição e acompanhamento do traço, produção e controle do concreto. Além de ser muito importante no processo, a consultoria de tecnologia do concreto pode conduzir a ganhos de produtividade e de minimização de acabamentos.

IBRACON – Qual tem sido a participação do sistema PPPM no Programa Minha Casa Minha Vida? Quais são os impedimentos para que o sistema se amplie neste segmento? O que dizem as pesquisas de satisfação dos usuários em relação ao sistema?

ANTONIO PEDREIRA DE FREITAS – Foram feitos diversos empreendimentos pelo sistema de painel portante no programa MCMV nos anos de



Conjunto Residencial Viver Ananindeua (Ananindeua – PA) – Construtora Viver – Menção Honrosa no VIII Prêmio Talento Engenharia Estrutural em 2010

2009 a 2014, com construtoras importantes investindo no seu uso. Chegou-se a ter cinco usinas de pré-moldados em grandes canteiros, produzindo um total de 50 unidades por dia no pico, mas hoje não está se produzindo nenhuma. Quando as grandes construtoras saíram do programa MCMV, gerando uma descontinuidade de produção, ficou muito difícil viabilizar o sistema de paredes portantes, pois as pequenas construtoras tem menos possibilidade de investimentos para a implantação da usina, produção e montagem. Fica sempre aquela questão: “Vamos investir num sistema para produzir diversas unidades por dia, correndo o risco de o governo mudar de opinião e desativar ou minimizar o programa?”



“

A EVOLUÇÃO DA ENGENHARIA NO BRASIL SOFRE MUITO COM ESTA DESCONTINUIDADE DE INCENTIVOS E REGRAS PARA OS PROGRAMAS DE HABITAÇÃO

”

As grandes construtoras sofreram com esta descontinuidade. A evolução da engenharia no Brasil sofre muito com esta descontinuidade de incentivos e regras para os programas de habitação.

Em função de exigências da CEF foram feitas diversas pesquisas entre os moradores e não existe nenhum tipo de queixa quanto à habitação construída com o sistema de paredes portantes. A única queixa é que não conseguem “pregar um prego para colocar um quadro, pois a parede é muito dura”.

IBRACON – QUais EQUIPAMENTOS PRECISAM SER UTILIZADOS NO TRANSPORTE E POSICIONAMENTO DAS PEÇAS? A PARTIR DE QUAL TAMANHO OU ÁREA O EMPREGO DE PRÉ-MOLDADOS SE VIABILIZA NA CONSTRUÇÃO NO PAÍS?

ANTONIO PEDREIRA DE FREITAS – Para prédios de até cinco pavimentos, a montagem das peças pode ser

feita por grandes pórticos, que passam por cima do prédio, ou por guindastes. Acima desta altura, já se recomenda o uso de gruas. Essas gruas precisam ter uma capacidade de içamento de, pelo menos, 3 toneladas-força no ponto extremo da lança, que deve cobrir o prédio inteiro.

Esta logística de implantação é muito importante para o sucesso do sistema.

Consideramos que, qualquer edifício, pode ter um elemento pré-moldado viabilizado. Se for um prédio único, e não tiver grua nem espaço, poderá ter elementos pré-moldados leves para obras de acabamento. Se tiver grua, talvez se consiga colocar uma escada pré-moldada. Se conseguir um fornecedor ou se tiver um espaço na obra, podem ser introduzidas as pré-vigas e, quem sabe, as pré-lajes. Agora, se for algo com grande

repetitividade, algo em torno de 800 unidades ou mais, aí se pode pensar em sistemas mais completos, como o painel portante. Essas 800 unidades não precisam ser num único empreendimento, caso seja

possível ter um fabricante para fornecer parte dos pré-moldados ou se conseguir fazer o transporte das peças entre os canteiros.

IBRACON – QUAL SUA VISÃO SOBRE ESTE NOVO CICLO RECESSIVO POR QUE PASSA O SETOR CONSTRUTIVO BRASILEIRO?

ANTONIO PEDREIRA DE FREITAS – Não

é o primeiro nem será o último. Já ouvi muitas vezes que “vamos aproveitar esse ciclo recessivo para mudar o que não deu certo e fazer diferente quando houver a retomada”. Já vi muitas vezes a retomada e tudo voltar a ser exatamente da mesma forma que antes do ciclo recessivo.

Hoje escuto novamente que os construtores estão empenhados em produzir suas edificações de forma diferente, desde o projeto, com o uso do BIM, passando pela execução com a introdução, finalmente, de muita tecnologia para se minimizar o uso de mão de obra, e buscando a maior durabilidade com a introdução de um sistema de manutenção.

Tomara que, desta vez, seja diferente. Tomara que, desta vez, o ciclo recessivo sirva para evoluirmos no nosso nicho, que é a construção.

IBRACON – QUais SÃO SEUS HOBBIES?

ANTONIO PEDREIRA DE FREITAS – Hoje curto meus netos e minha cachaça. Minha maior alegria é receber meus netos na fazenda, onde produzimos a Cachaça Dona Bica!



Conjunto Residencial Benin Canoas – Construtora Rossi Residencial – 2013

A fabricação digital aplicada à construção industrializada: estado da arte e perspectivas de desenvolvimento

PAULO EDUARDO FONSECA DE CAMPOS – PROFESSOR ASSOCIADO • EDUARDO IGNACIO LOPES – DOUTORANDO

FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (FAUUSP)

I. INTRODUÇÃO

A história da construção industrializada, especialmente no campo da pré-fabricação, sempre lidou com questões relacionadas à padronização e à produção seriada, particularmente em programas de larga escala para habitação social.

Foram várias as críticas a esse modelo, que vinculava a pré-fabricação seriada à rigidez e à uniformidade, para definir um sistema construtivo desenvolvido sem se pensar nas qualidades intrínsecas de sua arquitetura e sua relação com o entorno urbano: a cidade.

Esse cenário, porém, vem se modificando drasticamente nas últimas décadas, com a introdução de tecnologias de produção capazes de oferecer soluções cada vez mais flexíveis e versáteis, inclusive no campo da pré-fabricação.

Acompanhando essa tendência, as tecnologias digitais de fabricação, uma alternativa cada vez mais acessível ao meio técnico e à sociedade em geral, incentivaram projetistas a explorar soluções que estimulam a pesquisa de geo-



► Figura 1

Escultura de Frank Gehry em formato de peixe, projetada e executada digitalmente – Porto Olímpico, Barcelona, Espanha (1992)

Fonte: By Till Niermann - Own work, CC BY-SA 3.0

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7900110> (06/10/16)

metrias mais complexas, desafiando os princípios da padronização que, até então, dominavam os meios de produção.

Segundo Kolarevic¹ (2003), a era digital reconfigurou radicalmente a relação entre concepção e produção, criando

uma conexão direta entre o que pode ser concebido e construído. Os projetos de edifícios, atualmente, não só nascem digitalmente, como são realizados digitalmente por meio de processos “file-to-factory”, que fazem uso de tecnologias

¹ KOLAREVIC, B. ARCHITECTURE IN DIGITAL AGE; DESIGN AND MANUFACTURING. NEW YORK: SPON PRESS, 2003.



de controle numérico computadorizado (CNC) para fabricação.

Gershenfeld² (2005), por sua vez, em seu icônico livro “*FAB; The coming revolution on your desktop – From personal computers to personal fabrication*” pondera que, graças à convergência da computação e fabricação, hoje é possível converter bits em átomos, imprimindo objetos a partir de suas imagens ou modelagem virtual.

Neste artigo aborda-se a fabricação digital aplicada à tecnologia do concreto e suas perspectivas de desenvolvimento, tomando-se como base os recentes avanços e desenvolvimentos que vêm ocorrendo em escala planetária.

2. O ESTADO DA ARTE DA FABRICAÇÃO DIGITAL

Um dos primeiros projetos a ser concebido e realizado digitalmente foi a grande escultura em formato de peixe projetada por Frank Gehry em Barcelona, no ano de 1992 (figura 1). Nessa época o arquiteto já testava os limites das ferramentas digitais na concepção de seus projetos, mas ainda existiam muitas barreiras na transposição de modelos digitais para o canteiro de obras.

A solução apareceu com a adoção de um software poderoso, o CATIA, inicialmente desenvolvido pela Dassault Aviation para a construção do caça Mirage. Como ferramenta de modelagem baseada na curva de Bézier, o CATIA oferecia uma capacidade de análise de superfícies que não existia em outros softwares, além de permitir a planificação de superfícies curvas com precisão. Para a fabricação da escultura de Gehry, um consultor permaneceu na fábrica em que foi produzida a estrutura metálica, onde desenvolvia desenhos de fabrica-

ção a partir do modelo tridimensional digital, que saiam de seu computador diretamente para a linha de produção.

Embora o uso intensivo das ferramentas digitais para a concepção de projetos seja relativamente recente, ao contrário do que indica o senso comum, as ferramentas de fabricação digital possuem mais de 50 anos de existência.

Em paralelo à disseminação dos computadores pessoais a partir do começo da década de 1980, as tecnologias de fabricação digital passaram a ter um alcance ainda maior, com o advento de sistemas de prototipagem rápida, como a estereolitografia (SLA), as cortadoras à laser e outros equipamentos de comando numérico, que passaram por um processo exponencial de miniaturização e incremento de seu potencial produtivo.

Esse salto culminou, ao final dos anos 2000, com o aparecimento de máquinas CNC cuja operação, dimensões e custos eram muito mais acessíveis, e passíveis de serem chamadas de equipamentos de fabricação pessoal (GERSHENFELD, 2005).

Analogamente à evolução no universo dos computadores, que em 1950 ocupavam andares inteiros em edifícios e hoje são carregados no bolso, pode-se dizer que as máquinas de comando numérico que pesavam toneladas e se serviam de enormes “mainframes”, atualmente podem funcionar sobre a mesa de um escritório, conectadas a um computador pessoal como, por exemplo, uma impressora 3D.

2.1 Processos de fabricação

A fabricação ou manufatura digital é o termo genérico que engloba pro-

cessos distintos de manufatura que possuem o fato em comum de fazerem uso de equipamentos e máquinas de Comando Numérico Computadorizado (CNC).

Em linhas gerais, os processos de fabricação digital podem ser classificados como sendo aditivos, subtrativos ou conformativos.

Na manufatura aditiva, ou impressão 3D, o material de base é depositado por extrusão (filamentos termoplásticos ou materiais de base cimentícia), processado por sinterização a laser ou impresso por meio de aglutinantes aplicados sobre material em pó, camada sobre camada, sucessivamente, formando assim o objeto final.

Os processos subtrativos ocorrem quando a conformação final do objeto é obtida pelo desbaste e retirada do material de base, como nos processos tradicionais de usinagem. Fresadoras, cortadoras a laser, jato d’água e plasma são alguns dos equipamentos mais utilizados nesse tipo de processo.

Já nos processos conformativos o material de base não sofre desbaste, adição ou transformação de estado físico, mas sua forma é alterada diretamente pela deformação mecânica do material, utilizando-se para tanto uma calandra ou braços robóticos, por exemplo.

Em quaisquer dos processos de manufatura digital, sejam eles aditivos, subtrativos ou conformativos, a lógica é sempre a mesma: um modelo virtual é gerado por computador (*CAD-Computer Aided Design* ou Desenho Assistido por Computador) e nele são introduzidos os parâmetros pertinentes à sua fabricação (*CAM-Computer Aided Manufacturing* ou Manufatura Assistida por Computador). Após essa etapa o programa gera uma

² GERSHENFELD, N. *FAB; The coming revolution on your desktop - From personal computers to personal fabrication*. CAMBRIDGE-MA, BASIC BOOKS, 2005.



► **Figura 2**

Ilustração do sistema construtivo “Contour Crafting” baseado na extrusão de material cimentício

Fonte: <http://www.archdaily.com/554739/nasa-tech-brief-awards-contour-crafting-s-automated-construction-methodology-top-honors> (15/10/16)

sequência de instruções numéricas, o G-Code³, que vai comandar um equipamento controlado por computador (CNC) de maneira a que ele execute todas as diferentes tarefas necessárias para a fabricação de um determinado objeto.

Diferentemente das máquinas utilizadas na manufatura tradicional em série, que são ajustadas — ou até mesmo fabricadas — para executar uma mesma tarefa específica indefinidamente, uma máquina CNC pode produzir objetos em uma escala da ordem de uma ou pouquíssimas unidades. Para esse equipamento flexível, não existem formas ou ajustes preestabelecidos; ele obedecerá as instruções contidas no G-Code correspondente, possibilitando assim um altíssimo grau de personalização ou customização.

2.2 Os robôs industriais

Da mesma forma que as demais tecnologias e máquinas de comando numérico computadorizado, a invenção

dos robôs industriais não é derivada do desenvolvimento de tecnologias recentes. Ainda em 1954 foi depositada a patente do que viria a se tornar, em 1959, o primeiro robô industrial, o *Unimate* (*The International Federation of Robotics*, 2012). Pesando duas toneladas e dotado de atuadores hidráulicos, o *Unimate* restringia-se a movimentar partes mecânicas entre linhas de montagem.

Ainda no final da década de 1960 espalham-se pela indústria automotiva os braços robóticos, cuja versatilidade, somada à capacidade de seguir com precisão caminhos predefinidos no espaço, propicia o uso desses equipamentos em tarefas mais sofisticadas, como a montagem e solda de componentes. A primeira linha de montagem a adotar uma série de braços robóticos programáveis Unimate foi a fábrica de automóveis da GM (*General Motors*) em Lordstown (Ohio, EUA), onde em 1969 as máquinas assumiram o lugar de trabalhadores humanos nas perigosas tarefas de forja e fundição.

Em 1973 já passava de três mil

o número de robôs industriais em operação. Em 2013, exatamente quarenta anos depois, esse número alcançava um milhão e seiscentas mil unidades.

O avanço desses números trouxe uma inevitável queda de preços que, aliada ao desenvolvimento de novas capacidades da ferramenta, levou a uma ampla difusão de seu uso em outras indústrias além da automotiva, tais como: eletroeletrônica, química e de comunicação.

Atualmente esses equipamentos, extremamente flexíveis, já não são vistos exclusivamente em seu ambiente de origem, as linhas de montagem automobilísticas. Grandes instituições de ensino e pesquisa na Europa, Ásia e Estados Unidos utilizam robôs industriais de seis ou sete eixos em suas pesquisas sobre a construção de geometrias avançadas. *ETH (Swiss Federal Institute of Technology in Zurich)*, *MIT (Massachusetts Institute of Technology)*, *TU Delft (Delft University of Technology)*, *University of Cambridge*, *Tsinghua University (China)*, *Universität Stuttgart* e *SCI-Arc (Southern California Institute of Architecture)* são apenas algumas referências de uma longa lista de mais de quarenta instituições onde o uso dessas ferramentas já faz parte do dia-a-dia.

Apesar disso, uma das grandes barreiras para a disseminação mais generalizada do uso dessas ferramentas digitais, no caso específico dos robôs, é o fato dessas máquinas ainda serem relativamente perigosas e seu uso requerer uma série de precauções e proteções para que se evitem acidentes com seres humanos nas linhas de produção, os quais podem ser fatais.

Desde o começo dos anos 2010, o

³ G-Code ou Código G, em português, é uma linguagem de programação simples, criada no *Massachusetts Institute of Technology (MIT)* e utilizada desde a década de 1950 no controle de máquinas de comando numérico. Embora seja chamada de linguagem de programação, seu uso não permite maiores encadeamentos lógicos, como em uma linguagem de mais alto nível, restringindo-se a passar para a máquina instruções referentes ao seu posicionamento no espaço, velocidades, avanços e outras características específicas do equipamento utilizado.



emprego de robôs industriais vem crescendo no setor da Construção Civil, em virtude do desenvolvimento de novas tecnologias de visão computacional e de sensores, que aliadas a sistemas de AI (*Artificial Intelligence* ou Inteligência Artificial), permitem o uso destes equipamentos CNC em atividades conjuntas com humanos, de maneira cada vez mais integrada e segura.

Com a solução à questão de segurança em uso, vislumbra-se o dia em que esses equipamentos serão encontrados desempenhando suas tarefas lado a lado com trabalhadores nos canteiros de obra espalhados pelo mundo.

3. FABRICAÇÃO DIGITAL E TECNOLOGIA DO CONCRETO: 3D “CONCRETE PRINTERS” E PRODUÇÃO ROBOTIZADA

3.1 “Contour Crafting” (University of Southern California)

É possível afirmar, apoiando-se em pesquisas em bases de dados de patentes⁴ e anais de congressos especializados⁵, que a primeira pesquisa que envolve a utilização de material de matriz cimentícia e fabricação digital é aquela realizada na *University of Southern California*, intitulada “*Contour Crafting*” (CC) (HWANG; KHOSHNEVIS, 2004).

O sistema consiste em uma tecnologia de fabricação aditiva que utiliza o controle computadorizado para criar superfícies de forma livre. Um grande pórtico automatizado, somado a um equipamento de extrusão de material cimentício, possibilitaria a construção da estrutura ou edificação de maneira integral.

Segundo o próprio pesquisador principal (KHOSHNEVIS, 2006), a viabilização do sistema pressupõe um tal desenvolvimento e integração da indústria da construção e de todos os seus atores em torno desse novo sistema construtivo, que hoje é ainda inimaginável pensar em sua viabilidade a curto prazo, embora a sua técnica seja comprovadamente plausível.

3.2 “Freeform Construction” (Loughborough University, Reino Unido)

Outra pesquisa de fundamental importância acerca da manufatura aditiva utilizando materiais cimentícios teve origem na Universidade de Loughborough, no Reino Unido. Da mesma

maneira que a pesquisa desenvolvida pelo grupo da *Southern California University*, esse trabalho emprega um pórtico mecânico computadorizado, utilizado como meio para a deposição das camadas de matriz cimentícia, com precisão, no local desejado.

Inspirada, particularmente, nas técnicas tradicionais de impressão 3D, a pesquisa tem o apoio de importantes atores do mercado da construção mundial, como o escritório de arquitetura Foster & Partners e o Buro Happold, especializado em projetos estruturais de alta complexidade (BUSWELL et al., 2007).

Mais recentemente, em 2014, a Universidade de Loughborough firmou um acordo de cooperação com um consórcio de empresas, liderado



► **Figura 3**

Impressão de edificação pelo processo “3D Concrete House Printer” de Andrey Rudenko (EUA) – primeira impressora de concreto 3D portátil para impressão no local (<http://www.totalkustom.com>)

Fonte: <https://sourceable.net/wp-content/uploads/2014/11/3d-concrete.jpg> (15/10/16)

⁴ PATENTE US 7814937 B2, DEPLOYABLE CONTOUR CRAFTING. FONTE: GOOGLE PATENTS (22/06/2015).

⁵ ANAIS DO ISARC (INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AUTOMATION AND ROBOTICS IN CONSTRUCTION) DE 1984 ATÉ 2014. FONTE: WWW.IAAC.C.ORG (22/06/2015).

⁶ MATERIA DE JUSTIN McGAR VEICULADA PELA REVISTA ELETRÔNICA SOURCEABLE INDUSTRY NEWS AND ANALYSIS SOB O TÍTULO “PARTNERSHIP SIGNED TO DEVELOP 3D CONCRETE PRINTING”, EM 10/12/2014 <https://sourceable.net/partnership-signed-to-develop-3d-concrete-printing/> (15/10/16)



► **Figura 4**

O mais alto edifício do mundo executado com tecnologia de impressão 3D em concreto pela WinSun – Parque Industrial de Suzhou (China)

Fonte: <http://www.yhbm.com/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=68&id=68>
(15/10/16)

pela gigante mundial da construção civil Skanska, com o objetivo de desenvolver o uso da impressão 3D em concreto. O engenheiro Rob Francis, diretor de inovação e desenvolvimento da Skanska UK (Reino Unido) declarou

na ocasião que a “impressão 3D em concreto, quando combinada com uma espécie de centro de pré-fabricação móvel, tem um potencial para reduzir o tempo necessário para criar elementos complexos para os edifícios, de sema-

nas para horas”⁶. Acrescentou ainda: “Nós esperamos alcançar um nível de qualidade e eficiência jamais visto na construção”. O objetivo final da iniciativa, segundo a mesma matéria, é desenvolver o primeiro robô comercial do mundo para impressão em concreto.

A principal diferença entre as duas pesquisas (“Contour Crafting” e “Free-form Construction”) é o fato de os ingleses partirem do princípio do uso da técnica para a execução de componentes construtivos, e não da edificação inteira, o que parece ser bem mais razoável.

Essa abordagem, ao que tudo indica, oferece algumas vantagens importantes a serem consideradas, pois permite a integração dos componentes a que dá origem com os demais sistemas construtivos já existentes no mercado, sem a necessidade de grandes adaptações na cadeia produtiva da construção civil, particularmente a pré-fabricação em concreto. Além disso, permite ao projetista uma liberdade quase que irrestrita na criação de formas complexas, uma vez que o sistema também prescinde da utilização de moldes para a execução dos elementos pré-fabricados, possibilitando a concepção de um sistema construtivo aberto, passível de integração com os demais subsistemas comerciais existentes.

3.3 “WinSun” (China)

Um dos mais recentes projetos envolvendo fabricação aditiva de concreto para edifícios foi o desenvolvido pela empresa de construção civil chinesa WinSun.

Causou espanto e se disseminou rapidamente, não apenas na mídia especializada, mas também em veículos de grande circulação, a notícia de que na China dez casas haviam sido “impressas” em concreto, em um período de menos de vinte e quatro horas.



► **Figura 5**

Montagem de painel pré-fabricado de grandes dimensões produzido por meio de manufatura aditiva em concreto (impressão 3D)

Fonte: <http://3dprintboard.com/showthread.php?2655-3D-Printed-Concrete-Homes-In-China-From-WinSun> (15/10/16)

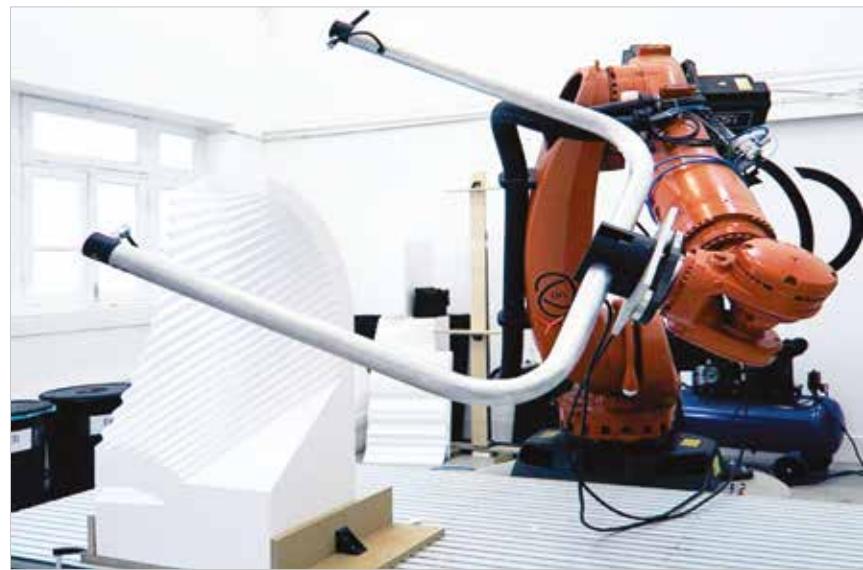


O sistema de produção e seus materiais são muito semelhantes aos demais sistemas já comentados neste artigo. Trata-se de um grande pórtico mecanizado, munido de um bico extrusor que deposita a matriz cimentícia diretamente sobre o local desejado, sob o controle de um computador.

Apesar dos poucos dados disponíveis sobre a exata composição e dosagem dos materiais utilizados – por se tratar de uma empresa privada – cabe aqui ressaltar que o fabricante declara fazer uso de agregados reciclados em seu processo de construção, o que, em tese, caracterizaria um produto mais amigável do ponto de vista ambiental.

Um aspecto relevante do sistema construtivo proposto pela WinSun é o fato do mesmo estar baseado em grandes painéis portantes pré-fabricados, os quais cumprem, a um só tempo, as funções de estrutura e vedação.

Nesse caso, a impressão 3D em concreto leva a uma extrema flexibilidade de dimensões e formas das peças, algumas delas constituindo pequenos elementos arquitetônicos ou mesmo elementos apenas para vedação. A grande impressora 3D é utilizada não para se executar a totalidade do edifí-



► **Figura 6**

Execução de superfície regrada em molde de poliestireno por meio de fio quente acoplado a braço robótico – DFL/FAUP (Portugal)

cio diretamente no canteiro de obras, mas sim partes menores e componentes construtivos, que são produzidos em uma instalação fabril, para posterior montagem no local da obra.

3.4 Produção robotizada e as pesquisas em curso na FAUUSP

Desde 2009 a FAUUSP vem pesquisando a fabricação digital como tema vinculado à Industrialização da Construção.

Em 2011 foi inaugurado na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAUUSP)

o FAB LAB SP, primeiro laboratório de fabricação digital do Brasil vinculado à rede mundial FAB LAB, liderada pelo “Center for Bits and Atoms” do Massachusetts Institute of Technology (MIT), sob a direção do Prof. Neil Gershenfeld.

Especificamente no campo da robótica aplicada à construção, entre 2014 e 2015, a FAUUSP tomou parte no projeto liderado pelo DFL-Digital Fabrication Laboratory da Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto (FAUP), com quem segue desenvolvendo novos projetos sobre robótica e tecnologia do concreto. Trata-se de



► **Figura 7**

Peças de microconcreto de alto desempenho (MicroCAD) produzidas em moldes de poliestireno executados por meio de fio quente acoplado a braço robótico – FAUUSP (Brasil) e DFL/FAUP (Portugal)

pesquisa aplicada pioneira, com um horizonte de curto prazo, que faz uso das qualidades da fabricação digital, que permite uma maior liberdade formal e um alto grau de personalização, associadas aos materiais à base de cimento e concreto, amplamente utilizados e de baixo custo, com vistas à sua utilização na construção industrializada e, particularmente, na pré-fabricação.

Essa pesquisa teve entre seus objetivos o desenvolvimento de elementos pré-fabricados leves, utilizando o micro-concreto de alto desempenho (Micro-CAD) moldado em fôrmas de poliestireno expandido, cortadas por fio quente (*hotwire*) acoplado a um braço robótico de seis eixos. Por meio dessa técnica foi possível criar elementos modulares de contenção para muros de arrimo, porém altamente customizáveis e com geometrias complexas, que podem se adaptar melhor, por exemplo, à topografia do terreno (MARTINS et al., 2015).

Pesquisa recente, que une a fabricação robótica e a tecnologia do concreto reforçado com fibras de vidro ou *Glass-fibre Reinforced Concrete (GRC)*, vem sendo desenvolvida pelos autores deste artigo, Arq. Eduardo Lopes, sob orientação do Prof. Dr. Paulo Eduardo Fonseca de Campos. Essa tem como intenção retomar o processo de robotização da produção de elementos de GRC com a técnica de *spray-up* (onde a matriz cimentícia é projetada juntamente com fibras de vidro álcali-resistentes sobre um molde), investigação iniciada por Balaguer para a empresa espanhola Dragados, na década de 1990 (BALAGUER et al., 1994). Visa ainda trazer avanços à industrialização de base digital na construção civil, suportada pelo atual estágio de desenvolvimento tecno-

lógico, onde os custos de aquisição dos robôs são significativamente mais baixos e o grau de integração e usabilidade dos programas de computador utilizados na concepção (CAD) e na manufatura (CAM) é significativamente maior.

4. CONCLUSÃO

Já há algum tempo muito se comenta a respeito da fabricação digital como sendo o prenúncio de uma Terceira Revolução Industrial⁷. Por certo pode-se estar assistindo ao surgimento de uma inovação disruptiva ou radical (The Innovation Policy Platform, 2016), por esta representar uma oportunidade de quebra de paradigma, cujo impacto será significativo sobre o mercado e a atividade econômica futura das empresas, além de uma resposta ao esgotamento de um ciclo produtivo calcado, originalmente, nos clássicos padrões fordistas.

No setor da construção civil, e mais especificamente no segmento da construção industrializada, os saltos tecnológicos, habitualmente, se dão por meio de inovações incrementais, ou seja, aquelas baseadas em produtos, serviços, processos, organização ou métodos já existentes, cujo desempenho pode ser significativamente melhorado ou atualizado. Essa é a forma predominante de inovação na indústria em geral, ainda que a natureza da inovação e da taxa de mudança tecnológica muito possam diferir de um país para outro, entre setores produtivos e quanto aos períodos de tempo envolvidos⁸.

Os processos de projeto e fabricação executados por meio dos sistemas CAD, CAE (*Computer Aided Engineering* ou Engenharia Assistida por Computador) e CAM, integraram aquilo que se

pode chamar de convergência digital ou “*continuum digital*”, como os classifica Kolarevic (KOLAREVIC, 2003). Uma ligação direta entre projeto e produção, a qual se estabelece por meio das tecnologias digitais.

A fabricação digital é aqui encarada como um tema vinculado à Industrialização da Construção, uma nova alternativa tecnológica, com inúmeros conceitos inovadores de projeto e produção a ela vinculados. Entretanto, não há porque enxergá-la como uma forma de ruptura com o passado, mas sim como um meio de continuidade, uma possibilidade a mais que permite combinar conceitos aparentemente opostos: produção padronizada e produção flexível.

Apesar de todo o potencial oferecido por estas tecnologias, no entanto, é preciso reconhecer que seu desenvolvimento e validação para uso no setor da construção civil dependem, em boa medida, do conhecimento profundo das próprias especificidades desta indústria, sem o que se corre o risco de converter a fabricação digital em um hobby ou uma curiosidade.

A aproximação entre o setor privado e o aparato de ciência e tecnologia, além dos investimentos em pesquisa, particularmente de forma consorciada, constituem uma prática que já vem oferecendo resultados tangíveis em países desenvolvidos, como a Inglaterra, caso específico da Universidade de Loughborough.

O ponto de partida deste esforço se dá com a geração de propostas criativas e a identificação de oportunidades, em um processo baseado na aplicação de metodologias para inovação e planejamento em estágios mais avançados. A equipe multidisciplinar a

⁷ THE THIRD INDUSTRIAL REVOLUTION. MATÉRIA DE CAPA DA REVISTA “THE ECONOMIST”, 21-27 ABRIL 2012.

⁸ THE INNOVATION POLICY PLATFORM (IPP, 2016) - ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD) AND THE WORLD BANK
[HTTPS://WWW.INNOVATIONPOLICYPLATFORM.ORG](https://www.innovationpolicyplatform.org) (6/10/16)

ser reunida em torno de um projeto de inovação radical pode abranger desde empresas produtoras de materiais e componentes para construção, até fabricantes de sistemas construtivos industrializados, que aspirem se manter inovadores e competitivos.

O concreto é, e ainda seguirá sendo, o material de construção mais conhecido e utilizado no mundo, com um crescente apelo econômico, social e ambiental no contexto desse setor produtivo. A fabricação digital ou robótica, por sua vez, é a tecnologia de manufatura mais avançada

e flexível de que se dispõe na atualidade, com forte impacto no nível das condições tecnológicas e humanas. O desafio que ora se coloca diz respeito à inovação como indutora do desenvolvimento sustentável e à visão de futuro que a construção civil será capaz de planejar para si. ↗

► REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [01] BALAGUER, C. et al. Automatic Robot Path Planning for a GRC Spraying Cell. In: Automation and Robotics in Construction, p. 579–586, 1994.
- [02] BUSWELL, R. et al. Freeform Construction: Mega-scale Rapid Manufacturing for construction. In: Automation in Construction, v. 16, n. 2, p. 224–231, 2007.
- [03] GERSHENFELD, N. FAB: The coming revolution on your desktop - From personal computers to personal fabrication. Cambridge-MA, Basic Books, 2005.
- [04] HWANG, Dooil; KHOSHNEVIS, Behrokh. Concrete wall fabrication by contour crafting. In: ISARC 2004 21st International Symposium on Automation and Robotics in Construction, 2004.
- [05] IFR. History of Industrial Robots: From the first installation until today. Milestones of Technology and Commercialization. [s.l.: s.n.]. Disponível em www.ifr.org/fileadmin/user_upload/downloads/forms_info/History_of_Industrial_Robots_online_brochure_by_IFR_2012.pdf (6/10/16)
- [06] KHOSHNEVIS, Behrokh et al. Mega-scale fabrication by contour crafting. Int. J. Industrial and Systems Engineering, v. 1, n. 3, p. 301–320, 2006.
- [07] KOLAREVIC, B. Architecture in digital age: Design and manufacturing. New York: Spon Press, 2003.
- [08] MARTINS P.F; FONSECA DE CAMPOS, P.; NUNES, S.; SOUSA, J. P. Expanding the Material Possibilities of Lightweight Prefabrication in Concrete Through Robotic Hot-Wire Cutting. In: eCAADe 2015 - 33rd Annual Conference. Viena: Vienna University of Technology, 2015.
- [09] SHELDEN, D. R. Digital Surface Representation and the Constructability of Gehry's Architecture. MIT, Department of Architecture, 2002 (PhD. Thesis).
- [10] The Innovation Policy Platform (IPP, 2016) - Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) e the World Bank - <https://www.innovationpolicyplatform.org> (6/10/16).

Durabilidade do Concreto

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



Ed. JEAN-PIERRE OLLIVIER e ANGÉLIQUE VICHOT

Editoras da tradução: Oswaldo CASCUDO e Helena CARASEK



DURABILIDADE DO CONCRETO

→ Editores

Jean-Pierre Ollivier e Angélique Vichot

→ Editora francesa

Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées – França

→ Coordenadores da edição em português

Oswaldo Cascudo e Helena Carasek (UFG)

→ Editora brasileira

IBRACON

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

→ Informações: www.ibracon.org.br

DADOS TÉCNICOS

ISBN / ISSN: 978-85-98576-22-0

Edição: 1ª edição

Formato: 18,6 x 23,3cm

Páginas: 615

Acabamento: Capa dura

Ano da publicação: 2014

Patrocínio



**FHECOR
DO BRASIL**
Engenharia

I.a.falcão bauer



Produtividade e planejamento nos processos de fabricação e montagem de estruturas pré-moldadas em concreto

MARIA CAROLINA GOMES DE OLIVEIRA BRANDSTETTER – PROFESSORA DOUTORA

WESLEY MACHADO DA CRUZ – ENGENHEIRO CIVIL, MsC

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOTECNIA, ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL
PPG-GECON / EECA – UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

I. INTRODUÇÃO

Na indústria da construção civil, a exemplo do que acontece em outros setores industriais, a função da produção assumiu um papel estratégico na determinação do grau de competitividade nas empresas de construção.

Essa função da produção interliga-se às atividades do gerenciamento, fortemente vinculadas às medidas de desempenho relacionadas aos recursos produtivos, fornecendo informações necessárias para o controle dos processos. O controle é o mecanismo regulador que tem como base a retroalimentação e visa checar o comportamento do sistema em relação aos seus objetivos, permitindo, caso necessário, ações corretivas.

O crescimento das medidas de desempenho na indústria da construção ocorre por razões como prover suporte para tomada de decisões, possibilidade do desenvolvimento de *benchmarking* industrial e retroalimentação do planejamento estratégico. Tais ações corroboram o impulso da promoção

da industrialização da construção, em especial verificado no período do segundo pós-guerra.

Entre as formas mais difundidas dessa industrialização, pode-se citar as construções pré-fabricadas de concreto, geralmente associadas à racionalização e rapidez de execução. Entretanto, para que se atinja essa eficiência, se faz necessária a administração da produção e o controle dos processos, tanto na fabricação quanto no canteiro.

Ainda que tenha avançado em nível tecnológico, a indústria da construção civil permanece com defasagens em relação à aplicação de métodos que sistematizem o controle de seus processos produtivos e permitam o uso das informações provenientes da medição de desempenho para a tomada de decisões no planejamento, facilitando a gestão integrada dos processos (EASTMAN; SACKS, 2008; WANG et al., 2012; LI; SHEN; XUE, 2014).

Embora haja esforços de alguns setores do mercado em difundir e qualificar os pré-moldados de concreto destinado a estruturas (ABCIC, 2016),

há uma carência de indicadores de produtividade, para o setor em estudo, disponíveis na bibliografia, incluindo as bases de dados como o Sistema Nacional de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) da Caixa Econômica Federal, ainda em atualização.

Portanto, devido ao atual contexto econômico, aliado aos benefícios inerentes ao estudo de indicadores de produtividade e à falta de bases comparativas para os mesmos, dá-se a importância em se estudar uma metodologia para utilização desses indicadores.

Este trabalho busca apresentar a implantação de um sistema de medição de produtividade nos processos de fabricação e montagem de estruturas pré-moldadas em concreto para apoio ao planejamento de curto prazo. Também busca gerar indicadores de produtividade para os processos mencionados com o intuito de gerar parâmetros ao segmento. Os estudos foram realizados com o emprego dos softwares *Microsoft Excel®* para geração de planilhas dinâmicas no estudo dos indicadores e do software *Microsoft Project®*.



► Tabela 1 – Trabalhos relacionados ao gerenciamento da construção para o segmento de estruturas pré-moldadas de concreto

Autores	Ano	Periódico	Tema
Dawood	1995	Building and Environment	Simulação e modelagem para processos
Pheng e Chuan	2001	Journal of Construction Engineering and Management	Logística e armazenamento
Ballard, Harper e Zabelle	2003	Engineering, Construction and Architectural Management	Ferramentas da Produção Enxuta
Sacks, Eastman e Lee	2003	Automation in Construction	Modelagem paramétrica
Sacks, Eastman e Lee	2004	Journal of Construction Engineering and Management	Modelagem da informação
Sacks	2004	Journal of Computing in Civil Engineering	Tecnologia BIM
Chiang, Chan e Lok	2006	Habitat International	Concorrência e análise estratégica
Tam, Tam, Zeng e Ng	2007	Building and Environment	Gestão das perdas
Goodier	2008	Construction Information Quarterly	Panorama do setor industrial
Eastman e Sacks	2008	Journal of Construction Engineering and Management	Comparação da produtividade entre sistemas produtivos
Shen, Tam e Li	2009	Resources, Conservation and Recycling	Desempenho sustentável e perdas
Jeong, Eastman, Sacks e Kaner	2009	Automation in Construction	Tecnologia BIM e benchmarking
Marasini, Dawood e Hobbs	2010	Construction Management and Economics	Simulação dos processos de armazenamento
Wang, Liu, Hsiang, Leming	2012	Journal of Construction Engineering and Management	Simulação dos processos produtivos
Kim, Azari-N, Yi e Bae	2013	Journal of Civil Engineering and Management	Impactos ambientais ligados à logística
Buyung, Mydin e Ghani	2013	Analele Universitatii "Eftimie Murgu" Resita	Quantificação e qualificação da mão de obra
Demian e Walters	2013	Construction Management and Economics	Tecnologia BIM
Li, Shen e Xue	2014	Habitat International	Revisão bibliográfica
Li, Shen e Alshawi	2014	Resources, Conservation and Recycling	Simulação e gestão das perdas
Jaillon e Poon	2014	Automation in Construction	Ciclo de vida do produto
Gallardo, Granja e Picchi	2014	Journal of Construction Engineering and Management	Aplicação de ferramentas da Produção Enxuta
Cao, Li, Zhu e Zhang	2015	Journal of Cleaner Production	Avaliação do Ciclo de Vida e impacto ambiental
Chen, Yang e Tai	2016	Automation in Construction	Simulação dos processos produtivos

para construção dos cronogramas de planejamento.

A Tabela 1 ilustra alguns dos principais trabalhos, dentro do recorte temático no âmbito do gerenciamento da construção, voltados para o segmento de estruturas pré-moldadas de concreto.

A análise dos trabalhos permite verificar a ausência do tema proposto, uma vez que grande parte das pesquisas possui enfoque em simulações ou modelagens de processos.

A contribuição da pesquisa encontra-se em suprir a lacuna de estudos científicos, no que diz respeito aos subsídios que os indicadores de produtividade da mão de obra podem agregar para a programação das atividades apoiando o planejamento especialmente no nível operacional.

2. MÉTODO DE PESQUISA

A pesquisa classifica-se como uma pesquisa-ação de caso múltiplo. A empresa escolhida para a pesquisa localiza-se em Goiânia e atua na fabricação de artefatos de cimento há mais de 50 anos, incluindo fabricação e montagem de estruturas pré-moldadas em concreto. De acordo com o conceito preconizado pela NBR 9062 (ABNT, 2006), o objeto do estudo é definido como estruturas pré-moldadas de concreto por ser constituída de componentes em concreto moldados fora do seu local de utilização. Não se aplica o termo pré-fabricado pelo não atendimento a todas as prescrições fabris estabelecidas pela norma citada, tais como a execução industrial em instalações permanentes da empresa destinada para este fim.

A oportunidade da realização de uma pesquisa-ação deve-se ao fato de um dos autores atuar na área de gerência de projetos estruturais, orçamento e execução de obras da empresa, o que facilitou os fluxos de informação e interfaces entre o planejamento das etapas de fabricação e o controle dos ciclos de montagem nas obras.

A pesquisa teve início na execução de uma obra em estrutura pré-moldada (Caso A), onde se buscou a construção da proposta metodológica. Os indicadores de produtividade levantados no caso A serviram para a construção da elaboração do planejamento da obra do caso B, definindo os tempos de ciclo e ritmo das equipes. Posteriormente no caso B, novos indicadores de produtividade foram

levantados e foi realizado o controle dos processos, com a verificação direta do planejado *versus* realizado.

Os estudos de casos A e B tratam respectivamente da fabricação, fornecimento e montagem de estrutura em concreto pré-moldado para execução de galpão para uma empresa de logística na cidade de Goiânia e um galpão para processamento de fertilizantes minerais na cidade de Porto Nacional.

A análise dos dados restringe-se aos dados coletados nos estudos de caso, observando as especificidades de projeto, métodos executivos, organização da produção e gestão que são praticadas pela empresa onde foi realizada a pesquisa.

Como é característico dos estudos de caso, não se busca a generalização estatística, mas sim, o aprofundamento e detalhamento do conhecimento.

Para a coleta de dados de produ-

tividade (indicados na pesquisa pelo indicador Razão Unitária de Produção – RUP) optou-se pelos serviços de armação, concretagem dos pré-moldados e montagem da estrutura. Esses serviços foram escolhidos por representarem, respectivamente, cerca 9%, 8% e 12% do custo total da estrutura pré-moldada.

O estudo da produtividade foi baseado no Modelo de Fatores de Thomas e Yiakoumis (1987), relacionando o esforço humano, avaliado em Homens x Hora (Hh), com a quantidade de serviço realizado. A RUP pode ser medida com base diária, cumulativa para detectar tendências quanto à produtividade no período de análise; ou potencial, que indica um valor de RUP diária associado à noção de um desempenho positivo. Matematicamente é definida como o valor da mediana das RUP diárias inferiores ao valor da RUP cumulativa ao

final do período de estudo. A perda da produtividade da mão de obra (PPMO) é um indicador relacionado à gestão, estabelecido a partir da diferença percentual entre a RUP cumulativa e a RUP potencial do período.

Os dados foram coletados com o desenvolvimento de planilhas dinâmicas por meio do *Microsoft Excel®* (a figura 1 apresenta as planilhas parcialmente ilustradas):

- 1) Para o processamento dos dados para o serviço de armação, registrava-se diariamente o nome das peças produzidas, relacionadas com a equipe terceirizada ou própria;
- 2) Os dados foram processados para obtenção, de forma automática, dos quantitativos de aço, de homens-hora consumidos e RUP;
- 3) Para a fabricação e montagem dos pré-moldados, foram colocados juntos os dados planejados e realizados;

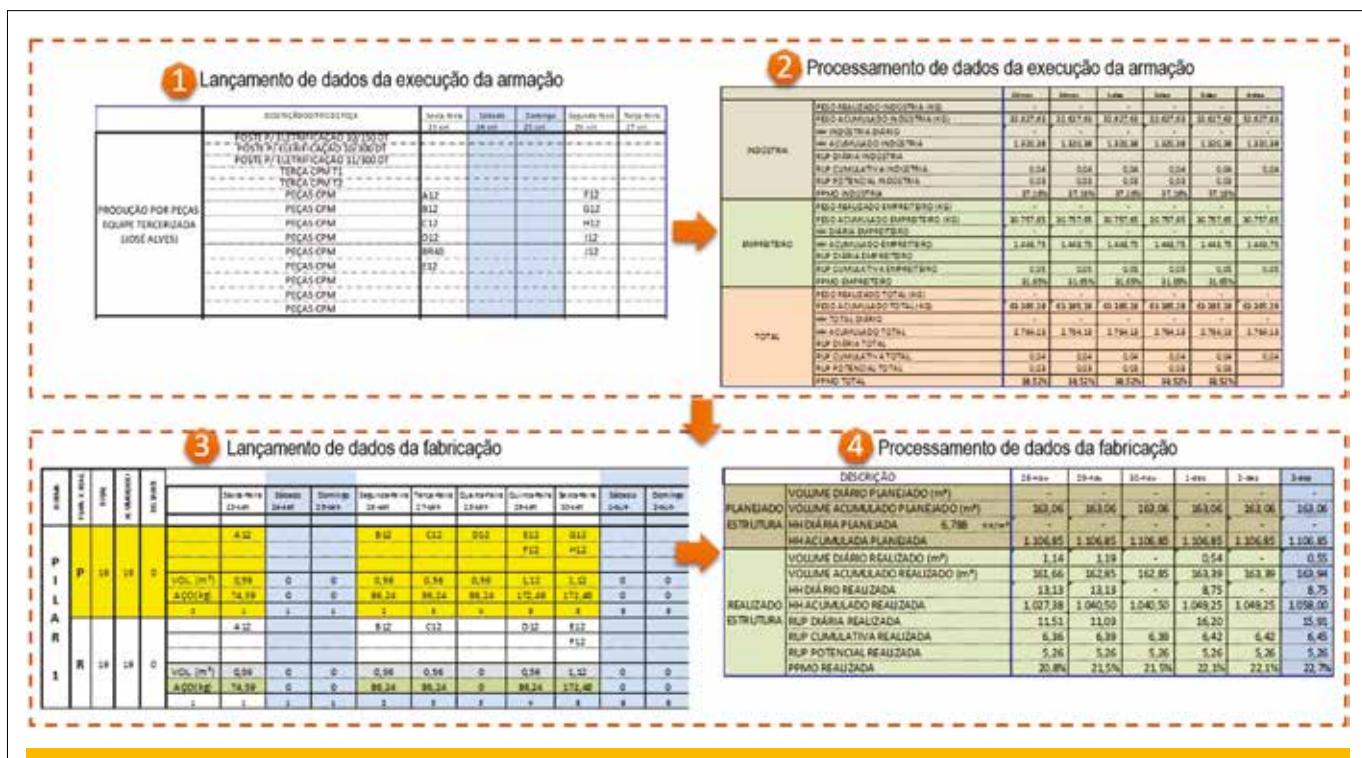


Figura 1
Planilhas utilizadas para o lançamento e processamento dos dados

4) A partir da planilha do lançamento dos dados da fabricação, foram obtidos os volumes diários, os acumulados e as RUPs (diária, cumulativa e potencial).

Para apoio do planejamento de curto prazo, o acompanhamento do andamento da obra foi executado quase que diariamente de maneira que se visualizassem possíveis atrasos e fosse possível a tomada de decisões para aumento da produção.

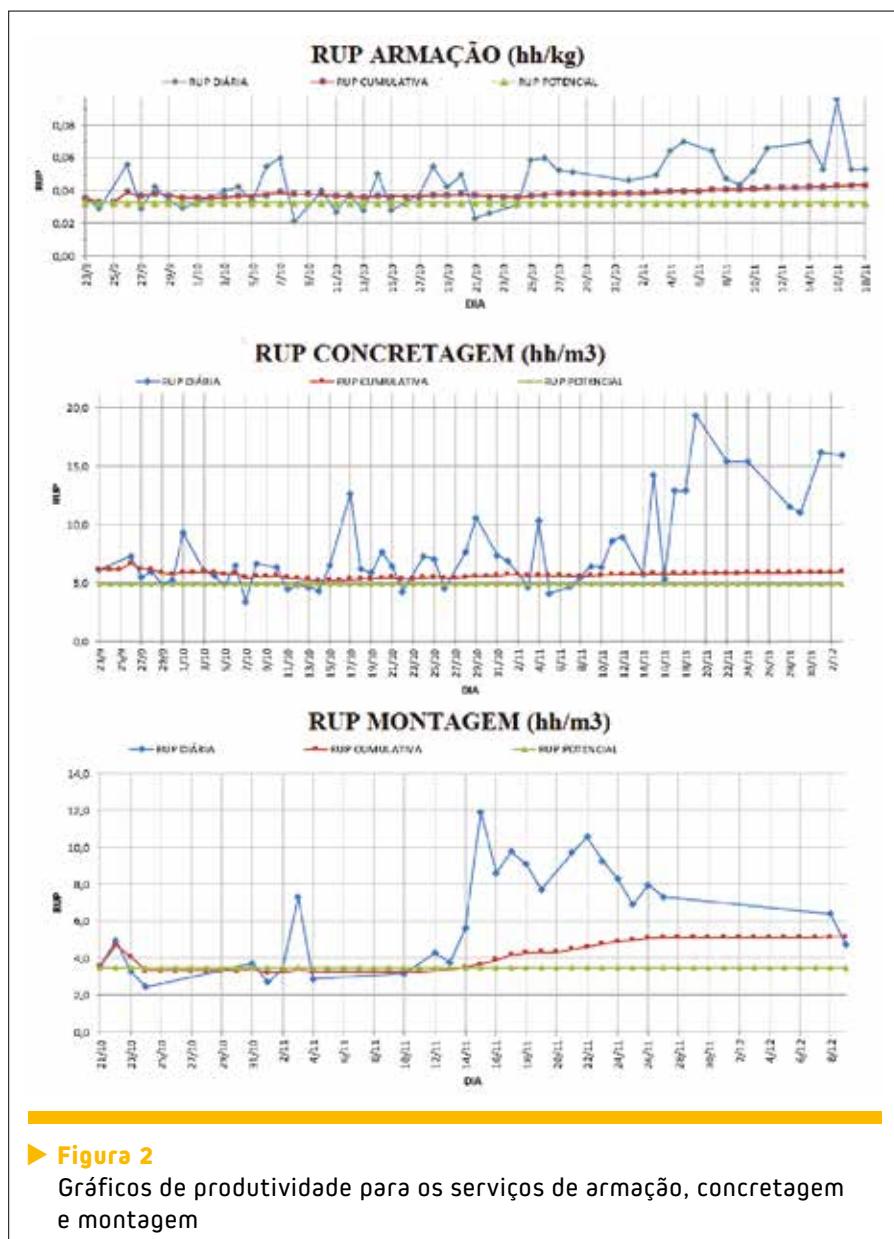
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O Caso B teve seu prazo final estabelecido em contrato para entrega da estrutura montada de 100 dias corridos, com previsão de multa por dia de atraso.

A obra tratava-se de uma ampliação de um galpão existente. A parte existente continha área para recebimento, estocagem e processamento de matéria-prima, com área de 5.887,58 m². A ampliação, com área de 3.438,00 m², foi executada para recebimento e estocagem. A estrutura pré-moldada foi produzida na cidade de Goiânia e transportada para a cidade de Porto Nacional, uma distância aproximada de 760 km.

Cabe aqui salientar que para elaboração do orçamento e consequente proposta técnica foram utilizados os indicadores de produtividade obtidos do estudo de caso A.

Devido ao curto prazo negociado, todas as tarefas foram críticas, ou seja, não havia folga para compensar eventuais atrasos. Se ocorresse algum atraso, em determinada tarefa, a atividade predecessora o acumularia. Assim, foi exigido um rígido acompanhamento e controle do projeto, a fim de evitar acúmulos de atrasos.



► Figura 2

Gráficos de produtividade para os serviços de armação, concretagem e montagem

3.1 Implantação do sistema de medição de produtividade para armação, concretagem e montagem

A Figura 2 ilustra os gráficos de produtividade para os serviços de armação, concretagem e montagem.

- PRODUTIVIDADE PARA O SERVIÇO DE ARMAÇÃO

Foram levantados separadamente os dados de produtividade da equipe própria da empresa e da equipe tercei-

rizada. A produtividade da equipe própria foi melhor, o que se deve, em parte, à estratégia da empresa de deixar para a equipe terceirizada a execução das armaduras que continham mais detalhes a executar, ou seja, mais complexas. A PPMO foi de 32,9%.

- PRODUTIVIDADE PARA O SERVIÇO DE CONCRETAGEM

Na análise gráfica, a melhora inicial da produtividade pode ser explicada pelo efeito aprendizado e pela liberação de mais fôrmas para a moldagem.

A piora nos índices de produtividade a partir do dia 15 de outubro pode ser explicada pela execução de peças mais complexas que exigem maiores alterações nas fôrmas.

A perda de produtividade da mão de obra (PPMO) foi de 22,47%, menor que no serviço de armação.

• PRODUTIVIDADE PARA O SERVIÇO

DE MONTAGEM

A execução das fundações, montagem da estrutura pré-moldada, montagem da cobertura e execução das

alvenarias foram realizadas por uma empresa terceirizada. Essa empreita não altera o propósito das medições de desempenho.

Os serviços de montagem incluíram: pilares, vigas e terças da cobertura para apoio das telhas. A montagem foi realizada no período de 49 dias corridos, dos quais apenas 22 dias foram necessários para a montagem.

A perda de produtividade de 56,9% demonstra um valor consideravelmente elevado, explicado pela baixa produtividade das montagens dos ele-

mentos pré-moldados de cobertura.

Os serviços de montagem dos pilares foram iniciados com excelente produtividade, devido à montagem dos pilares não envolver serviços em altura, despender menos mão de obra e ao fato dos pilares apresentarem maior volume, por comprimento, do que as vigas. Houve uma queda de produtividade ao iniciar os serviços de montagem das vigas e terças da cobertura, os quais apresentam características antagônicas às dos pilares. Além disso, durante a montagem, algumas vigas

► Tabelas 2 e 3 – Índices utilizados para o planejamento da fabricação e montagem da estrutura pré-moldada

Planejamento fabricação										
RUP concreto		6,788	1ª semana	2ª semana	3ª semana	4ª semana	5ª semana	6ª semana		Σ
RUP aço		0,061								
Armações	Dias úteis	Dia	1	5	5	5	5	4	25	
	Participação	%	4,0%	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	16,0%	100%	
	Consumo	Kg/sem	1319	6595	6595	6595	6595	5276	32975	
	Consumo de hh	Hh/sem	80,5	402,3	402,3	402,3	402,3	321,8		
		Hh total	80,5	484,8	885,0	1287,3	1689,6	2011,5	2011,5	
	Funcionários	Semana	9,2	46	46	46	46	36,8	–	
Concreto	Consumo	M ³ /sem	8,7	43,5	43,5	43,5	43,5	34,8	217,7	
	Consumo de hh	Hh/sem	59,1	295,5	295,5	295,5	295,5	236,4	–	
		Hh total	59,1	354,6	650,1	945,5	1241,0	1477,4	1477,4	
	Funcionários	Semana	6,8	33,8	33,8	33,8	33,8	27,1	–	
		Dia	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	–	
Planejamento montagem		1ª semana	2ª semana	3ª semana	4ª semana	5ª semana	6ª semana	7ª semana	8ª semana	Σ
RUP montagem	5,107									
Armações	Dias úteis	Dia	2	5	5	4	5	4	5	35
	Participação	%	5,7%	14,3%	14,3%	11,4%	14,3%	11,4%	14,3%	14,3%
	Consumo	M ³ /sem	12,4	31,1	31,1	24,9	31,1	24,9	31,1	217,7
	Consumo de hh	Hh/sem	63,5	158,8	158,8	127,0	158,8	127,0	158,8	–
		Hh total	63,5	222,3	381,1	508,1	666,9	794,0	952,7	1111,5
	Funcionários	Semana	7,3	18,2	18,2	14,6	18,2	14,6	18,2	–
		Dia	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	–

► Tabelas 4 e 5 – Indicadores de produção e produtividade no planejamento da fabricação e montagem da estrutura pré-moldada

Descrição		28 nov	29 nov	30 nov	1 dez	2 dez	3 dez
Planejado Estrutura	Volume diário planejado (m ³)	–	–	–	–	–	–
	Volume acumul. planejado (m ³)	163,06	163,06	163,06	163,06	163,06	163,06
	Hh diário planejado 6,788hh/m ³	–	–	–	–	–	–
	Hh acumulado planejado	1.106,85	1.106,85	1.106,85	1.106,85	1.106,85	1.106,85
Descrição		28 nov	29 nov	30 nov	1 dez	2 dez	3 dez
Realizado Estrutura	Volume diário planejado (m ³)	1,14	1,19	–	0,54	–	0,55
	Volume acumul. planejado (m ³)	161,66	162,85	162,85	163,39	163,39	163,94
	Hh diário planejado 6,788hh/m ³	13,13	13,13	–	8,75	–	8,75
	Hh acumulado planejado	1.027,38	1.040,50	1.040,50	1.049,25	1.049,25	1.058,00
	Volume diário planejado (m ³)	11,51	11,03	–	16,20	–	15,91
	Volume acumul. planejado (m ³)	6,36	6,39	6,39	6,42	6,42	6,45
	Hh diário planejado 6,788hh/m ³	5,26	5,26	5,26	5,26	5,26	5,26
Hh acumulado planejado		20,8%	21,5%	21,5%	22,1%	22,1%	22,7%
Descrição		2 dez	3 dez	4 dez	5 dez	6 dez	7 dez
Planejado	Volume diário planejado (m ³)	0,77	–	–	–	–	–
	Vol. acumul. planejado (m ³)	162,09	162,09	162,09	162,09	162,09	162,09
	Hh diário planejado 5,107 hh/m ³	3,92	–	–	–	–	–
	Hh acumulado planejado	827,78	827,78	827,78	827,78	827,78	827,78
Descrição		2 dez	3 dez	4 dez	5 dez	6 dez	7 dez
Realizado	Volume diário realizado (m ³)	–	–	–	–	–	2,80
	Volume acumul. realizado (m ³)	155,82	155,82	155,82	155,82	155,82	158,62
	Hh diário realizado	–	–	–	–	–	18,00
	Hh acumulado realizado	801,20	801,20	801,20	801,20	801,20	819,20
	RUP diária realizada	–	–	–	–	–	6,43
	RUP cumulativa realizada	5,14	5,14	5,14	5,14	5,14	5,16
	RUP potencial realizada	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50
PPMO realizada		47%	47%	47%	47%	47%	47,6%
PPMO realizada		47%	47%	47%	47%	47%	47,4%

do pórtico apresentaram dificuldade para encaixe nos pilares pré-moldados, oriundos de não conformidade dimensional das vigas durante a fabricação.

3.2 Apoio ao planejamento da obra

Para o planejamento inicial do caso B foram consideradas as estimativas de volumes de peças pré-moldadas e as produtividades obtidas no estudo de caso anterior e foram calculados os tempos takt (ritmo de produção

necessário para atender a demanda) e os totais de homens-hora que seriam gastos para a conclusão do projeto.

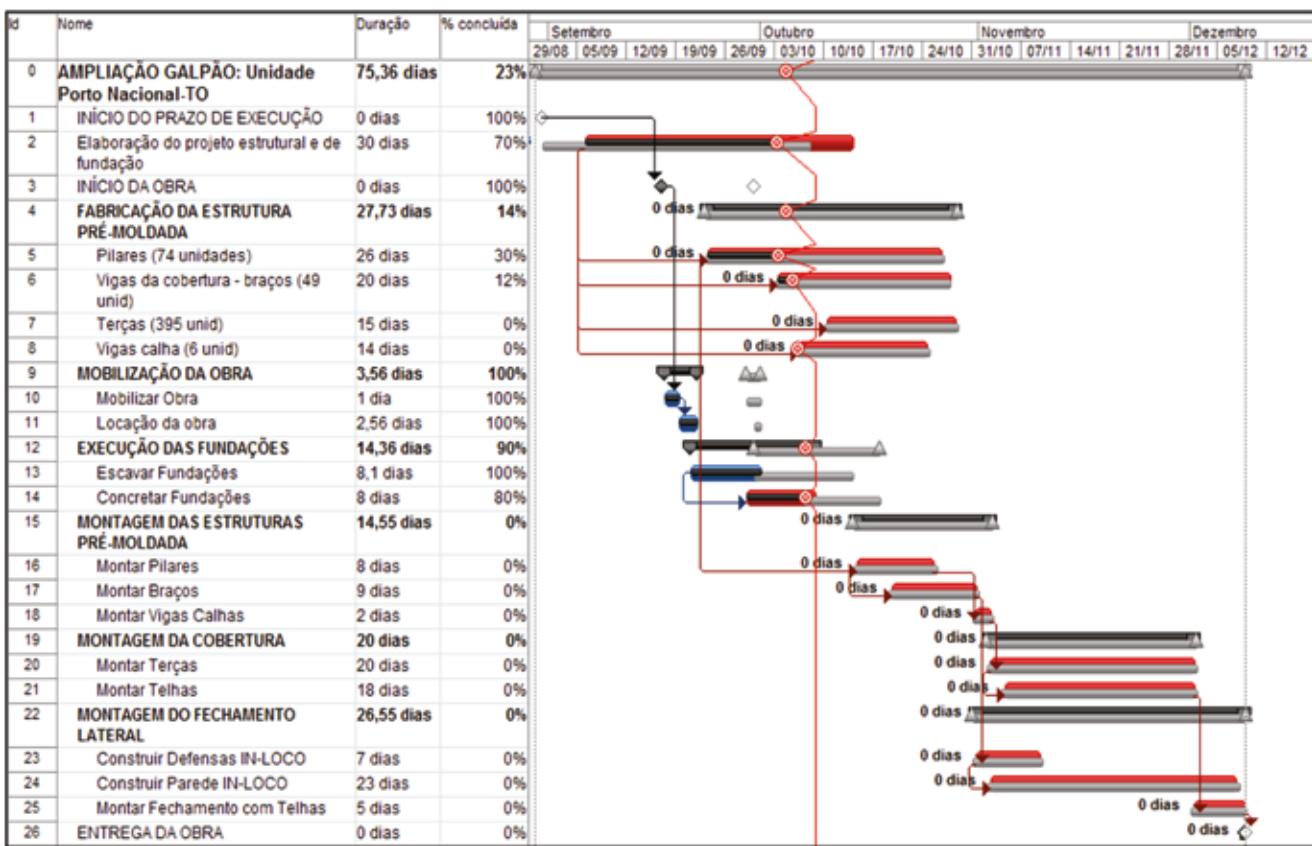
Baseando-se no cronograma de execução e mediante os totais de homens-hora obtidos na utilização das produtividades disponíveis, chegou-se na análise da distribuição das horas para execução do projeto, apresentadas nas Tabelas 2 e 3.

Com o auxílio do Microsoft Excel ®, mediante o emprego de planilhas eletrônicas em nível avançado, foi possível o acompanhamento da execução da

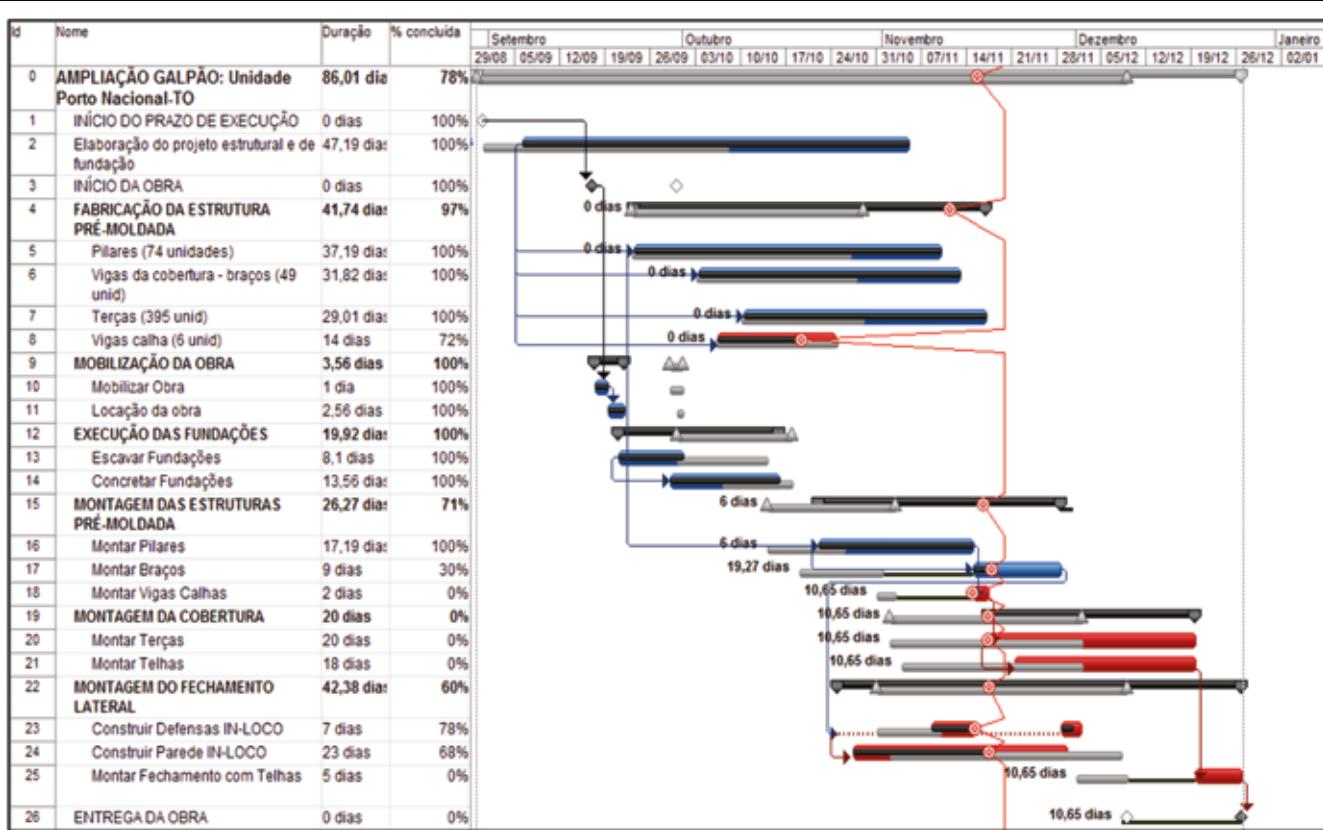
obra com a visualização das peças a produzir (planejado) e das peças produzidas (real).

Esse confronto entre planejado versus real subsidiou a gerência de informações e de decisões para serem tomadas quando o real não atingisse o planejado.

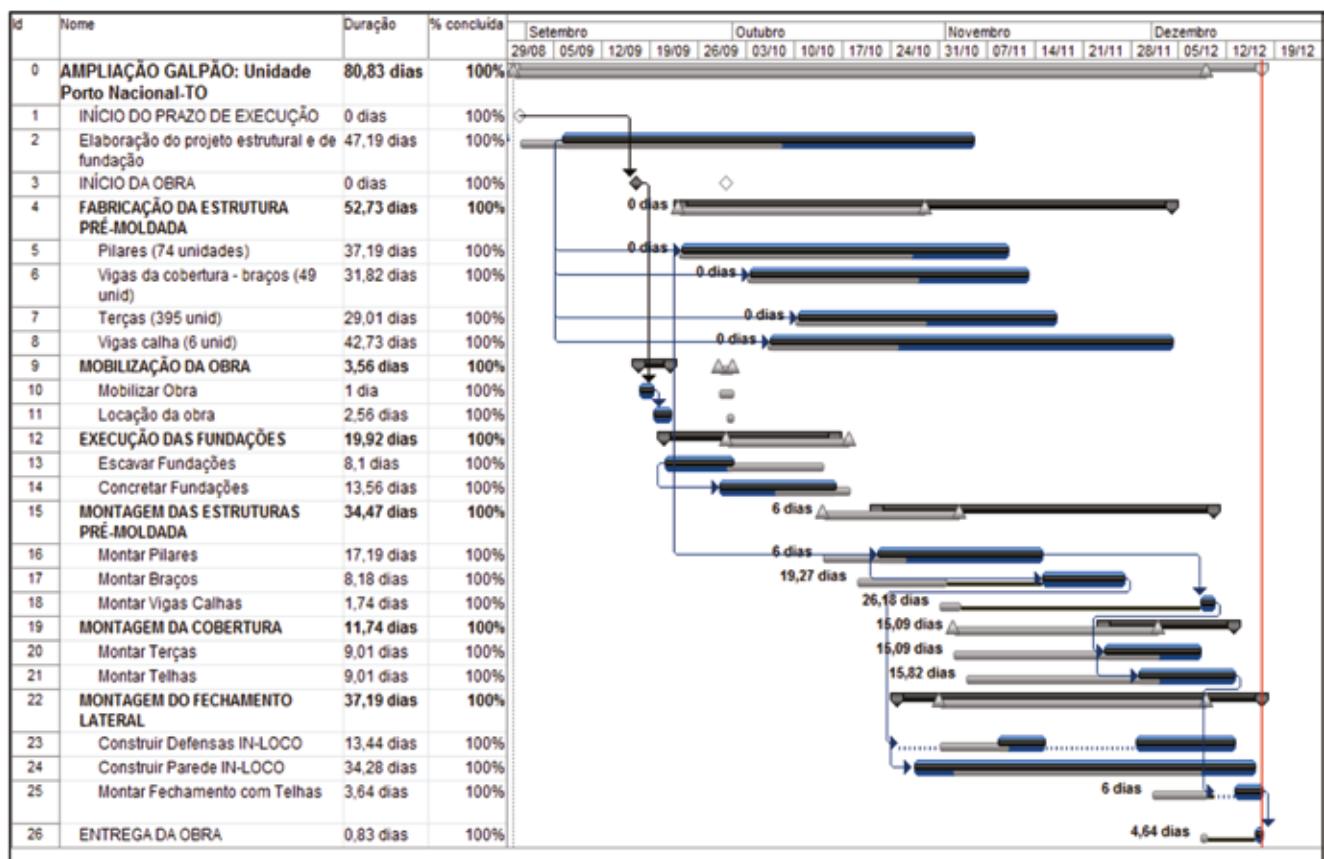
As Tabelas 4 e 5 apresentam o resumo dos quantitativos de consumos de concreto e da produtividade para a fabricação e montagem. Devido à grande largura da planilha, os dados não estão apresentados a partir do início de



► Figura 3
Cronograma da obra com 23% concluído



► Figura 4
Cronograma da obra com 78% concluído



► **Figura 5**
Cronograma da obra com 100% concluído

cada produção, porém o cálculo total considerou todo o período de produção.

Para a etapa da fabricação, vê-se, na parte planejada, que foi utilizada a RUP do caso A de 6,788 hh/m³ e o total de homens-hora planejado foi de 1106,85 hh. Na parte realizada chegou-se ao valor de RUP acumulada de 6,45 hh/m³ e total de homens-hora gastos no realizado de 1058,00 hh, valores pouco abaixo do utilizado para o planejamento.

Embora as planilhas adotadas tenham subsidiado a gerência de informações quanto ao dimensionamento das equipes, decisões não foram tomadas para aumentar a produção e gerou-se um atraso de 35 dias. Para corrigir os atrasos, as decisões gerenciais ficaram restritas à etapa de montagem do pré-moldado e as tarefas de execução da obra *in loco*.

Para a etapa de montagem, vê-se na parte planejada, que foi utilizada a

RUP do caso A de 5,107 hh/m³ e o total de homens-hora planejado foi de 827,78 hh. Na parte realizada chegou-se numa RUP acumulada de 5,16 hh/m³, praticamente o mesmo valor planejado. O total de horas-homem gastos no realizado foi de 801,20 hh, valor próximo ao planejado.

As Figuras 3 a 5 apresentam a sequencia dos cronogramas da obra, para ilustrar o rígido controle sequencial executado a partir da conferência dos indicadores de produtividade para cada etapa. Os cronogramas foram realizados por meio do Microsoft Project®.

Com 23% da obra concluída, visualizada na Figura 3, a etapa de fabricação da estrutura pré-moldada apresentava-se 14% concluída e todas as suas tarefas atrasadas. Aos 48% da obra concluída, devido às finalizações antecipadas da mobili-

zação e da execução das fundações, essas tarefas deixaram de ser críticas. Couberam esforços para recuperação do andamento da etapa de fabricação, principalmente das terças e vigas calha. As entregas dos pré-moldados na obra, bem como as chuvas torrenciais, atrasaram a montagem em seis dias, impactando o prazo final nessa atualização em quatro dias.

Com 78% da obra concluída, conforme visualizado na Figura 4, o caminho crítico passou pela tarefa de fabricação das vigas calha e montagem das terças da cobertura, telhas e demais serviços subsequentes. Foi verificado acentuado atraso na fabricação das vigas calhas, montagem dos braços (19 dias úteis) e montagem da cobertura (11 dias úteis). Esses atrasos levaram a um atraso total de 11 dias úteis. A gerência tomou decisões, em conjunto com a

empresa terceirizada, para aumentar a produção dos serviços da cobertura. Além do sábado, foram também incluídos os domingos. No início da cobertura, foi contratado mais de um guindaste para melhorar a distribuição das telhas, permitindo um ganho de produtividade.

O atraso nas tarefas de fabricação das vigas calha não atrasou o início dos serviços de cobertura. Com as ações tomadas, a montagem das terças pré-moldadas ocorreu com gastos de menos dias do que o previsto. A Figura 5 ilustra o cronograma da obra com 100% concluída. Os atrasos provenientes da etapa de fabricação puderam ser corrigidos na etapa de montagem, mediante intervenções gerenciais, por intermédio dos dados de controle. A entrega da obra ocorreu com cerca de oito dias de atraso porém devido às chuvas torrenciais ocorridas e ao pouco atraso obtido, o cliente desconsiderou a multa.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os planejamentos da produção e montagem apresentados também devem considerar outros fatores intrínsecos ao processo produtivo. Os totais obtidos a cada semana dos consumos de insumos, de homens-

-hora, de número de funcionários por semana e por dia, são valores médios, fazendo-se uma distribuição uniforme ao longo dos dias. O gestor deve, neste planejamento, considerar em sua análise a distribuição dos consumos de acordo com a realidade dos recursos disponíveis.

Esta análise torna-se cada vez mais realista ao se considerar as medições prognosticadas, o que no caso B só foi possível por meio dos indicadores levantados no caso A.

Ressalta-se a adequação dos softwares utilizados na pesquisa, em especial o Microsoft Project ®, que permitiu a construção da estrutura analítica do projeto em estudo.

Os resultados obtidos em termos quantitativos refletem a realidade local e foram obtidos durante o período de coleta dos dados que abrangeu todo o período de execução das obras estudadas.

Não foi objetivo do trabalho comparar os dados de produtividade levantados nos serviços pesquisados com outros dados de produtividade de outros autores, mesmo porque na bibliografia consultada não foram encontrados dados similares para se obter parâmetros, nem de resultado nem de metodologia. Os dados de produtividade nesta pesquisa são utilizados para apoiar tomadas de decisão no

planejamento das obras estudadas.

Como é próprio dos estudos de caso, os resultados obtidos referem-se a casos particulares de pesquisa, não sendo possível generalizar seus resultados para todas as empresas do mesmo segmento de mercado. Entretanto, a pesquisa conclui apontando índices de produção e indicadores de produtividade que possam servir de parâmetros para casos similares, buscando contribuir para a minimização da carência apontada na bibliografia do tema.

Reforça-se a necessidade da continuidade de pesquisas que possam ampliar a amostragem estudada, podendo servir de suporte para desenvolvimento de estratégias de produção e benchmarking industrial.

O trabalho também contribui para o estudo da implantação de indicadores de produtividade e sua inter-relação com o planejamento e controle de obras para o segmento de obras com a tecnologia de estruturas pré-moldadas em concreto.

Sabe-se que o curto prazo é uma característica das obras que envolvem a tecnologia de estruturas pré-moldadas em concreto e, portanto, um sistema de medição torna-se imprescindível, tanto para melhoria da qualidade do processo quanto do cumprimento do prazo. ↗

► REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [01] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT NBR 9062: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro, 2006, 59 p.
- [02] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA DE CONCRETO (ABCIC). Documentos do Selo de Excelência. Disponível em <<http://site.abcic.org.br/index.php/selo-de-excelencia-abcic>>. Acesso em outubro de 2016.
- [03] EASTMAN, C. M.; SACKS, R. Relative productivity in the AEC Industries in the United States for on-site and off-site activities. *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 134, n. 7, p. 517-526, 2008.
- [04] LI, Z.; SHEN, G. Q.; XUE, X. Critical review of the research on the management of prefabricated construction. *Habitat International*, v. 43, p.240-249, 2014.
- [05] THOMAS, H.R.; YIAKOURIS, I. Factor model of construction productivity. *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 113, n. 4, p 623-39, 1987.
- [06] WANG, C.; LIU, A. M.; HSIANG, S. M.; LEMING, M. L. Causes and penalties of variation: case study of a precast concrete slab production facility. *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 138, n. 6, p. 775-785, 2012.

Estrutura pré-fabricada e a racionalização da construção das escolas estaduais paulistas

ARQ. AVANY DE FRANCISCO FERREIRA – GERENTE DE PROJETOS

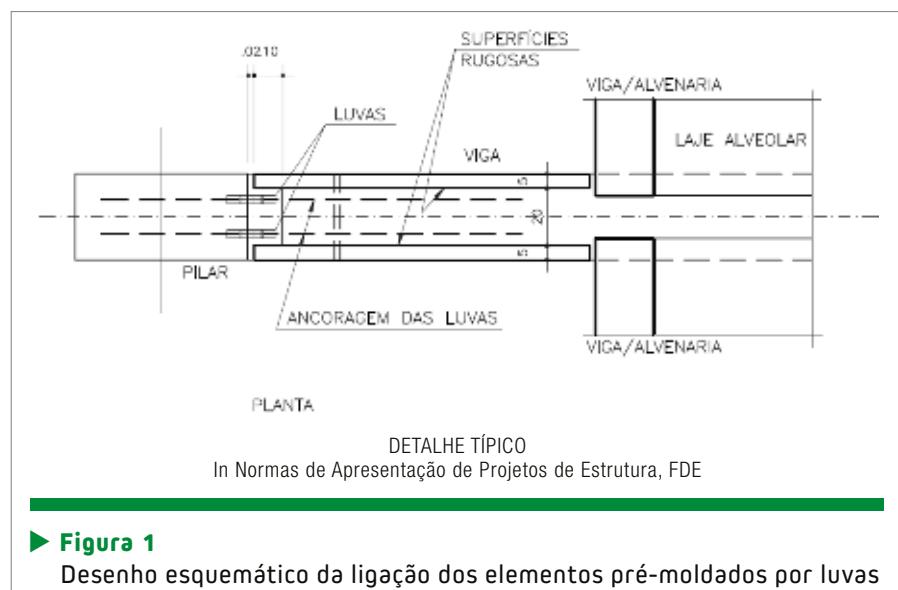
FDE – FUNDAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO

O sistema construtivo em estrutura pré-fabricada foi adotado pela Fundação para o Desenvolvimento da Educação (FDE) em 2003 em substituição à estrutura moldada *in loco*, no atendimento à busca permanente da Secretaria de Estado da Educação (SEE) por melhoria da qualidade de obra e redução do prazo de sua viabilização.

As diretrizes estruturais foram definidas junto aos consultores Zamarion & Millen, Kurkdjian & Fruchtengarten e Ruy Bentes.

A OPÇÃO DA FDE PELA ESTRUTURA PRÉ-FABRICADA

A produção de edifícios posterior a 2003 caracteriza-se pela estrutura pré-fabricada hiperestática, obtida pela solidarização das peças no local, de forma que a estrutura trabalhe como um todo, reduzindo movimentações. Os elementos pré-fabricados são ligados entre si por luvas rosadas e chapas soldadas que atravessam a ligação entre o elemento de apoio e o elemento apoiado (Figuras 1 a 3), conferindo continuidade e comportamento análogo ao das estruturas convencio-



► Figura 1

Desenho esquemático da ligação dos elementos pré-moldados por luvas

nais totalmente moldadas no local.

São menos deformáveis que as estruturas pré-fabricadas convencionais que utilizam aparelhos de apoio e pinos e exigem tratamento da interface entre as peças e entre a estrutura e a vedação convencional, além de outros cuidados especiais.

O engastamento entre os pilares e os blocos de fundação é feito através de embutimento do pilar em cálice deixado no bloco de fundação (Figura 4).

Entre as peças pré-fabricadas da superestrutura, as ligações solidarizadas são feitas através de luvas inseridas nos pilares e chapas embu-

tidas nos consolos e vigas, soldadas entre si (Figura 6).

Junto à cobertura, o apoio das



EE União de Vila Nova - São Paulo – Projeto e foto Hereñú & Ferroni Arquitetura e Barossi Arquitetura

► Figura 2

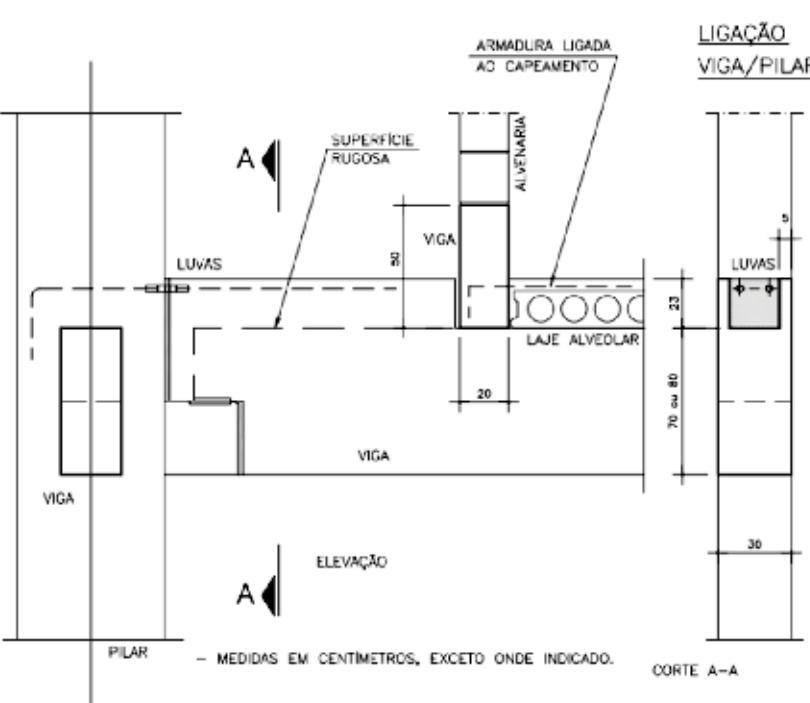
Detalhes da ligação entre viga e pilar

vigas-calha sobre os pilares é feito sobre aparelhos apoio de neoprene e pinos. As lajes alveolares são apoiadas nas vigas de extremidade e são contínuas nas centrais, através da utilização do capeamento estrutural (Figura 7).

As especificações técnicas foram padronizadas e os elementos estruturais foram pré-dimensionados para os vãos usuais das escolas, visando à produção racionalizada e industrializada desses elementos, porém sem impedir as diferentes soluções arquitetônicas necessárias às características de cada terreno – quebrando, assim, o estigma que associa a pré-fabricação a uma necessária feição fabril de edifícios. Nesse sentido, a produção dessas escolas demonstra a possibilidade de se obter uma arquitetura diferenciada a partir dos pré-fabricados.

As Normas de Apresentação de Projetos de Estrutura, disponíveis em www.fde.sp.gov.br, contêm as especificações técnicas relativas à estrutura pré-fabricada e seus detalhes gerais, de modo a orientar o desenvolvimento dos projetos e sua fabricação, o transporte das peças e sua montagem. As dimensões mínimas estimadas das peças pré-fabricadas são as seguintes:

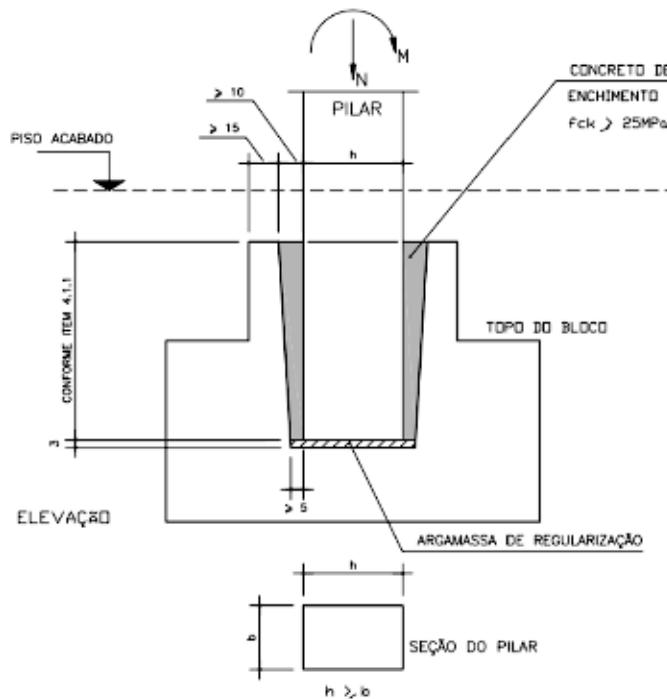
- Pilares externos: 0,30m x 0,60m;
- Pilares internos: 0,30m x 0,30m (até um pavimento); 0,30m x 0,45m (até dois pavimentos) e 0,30m x 0,60m (até três pavimentos);
- Lajes alveolares: espessura de 0,15m (para vãos até 7,20m) e 0,20m (para vãos até 10,80m);
- Vigas de apoio das lajes alveolares (parte pré-fabricada): 0,30m x 0,60m (vãos até 10,80m e com continuidade nas duas extremidades),



VIGAS NO LIMITE DE LAJES P/ SUPORTE DE ALVENARIAS E GUARDA CORPO
DETALHE TÍPICO
In Normas de Apresentação de Projetos de Estrutura, FDE

► Figura 3

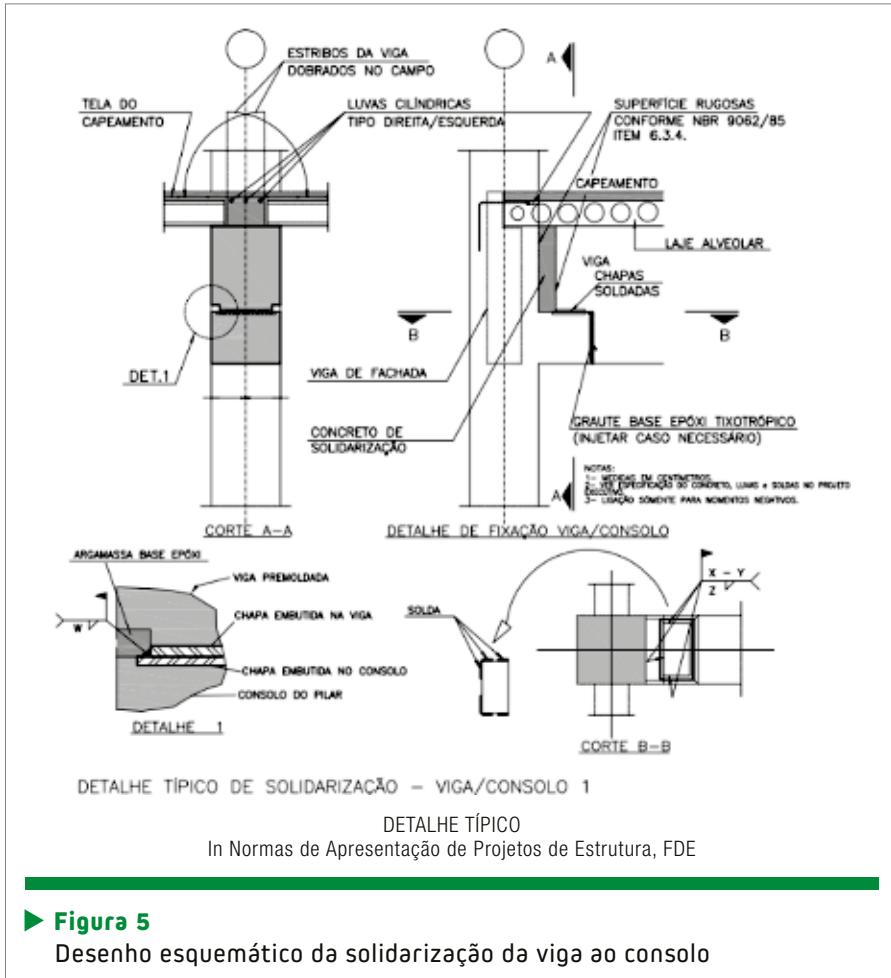
Desenho esquemático da ligação entre viga e pilar



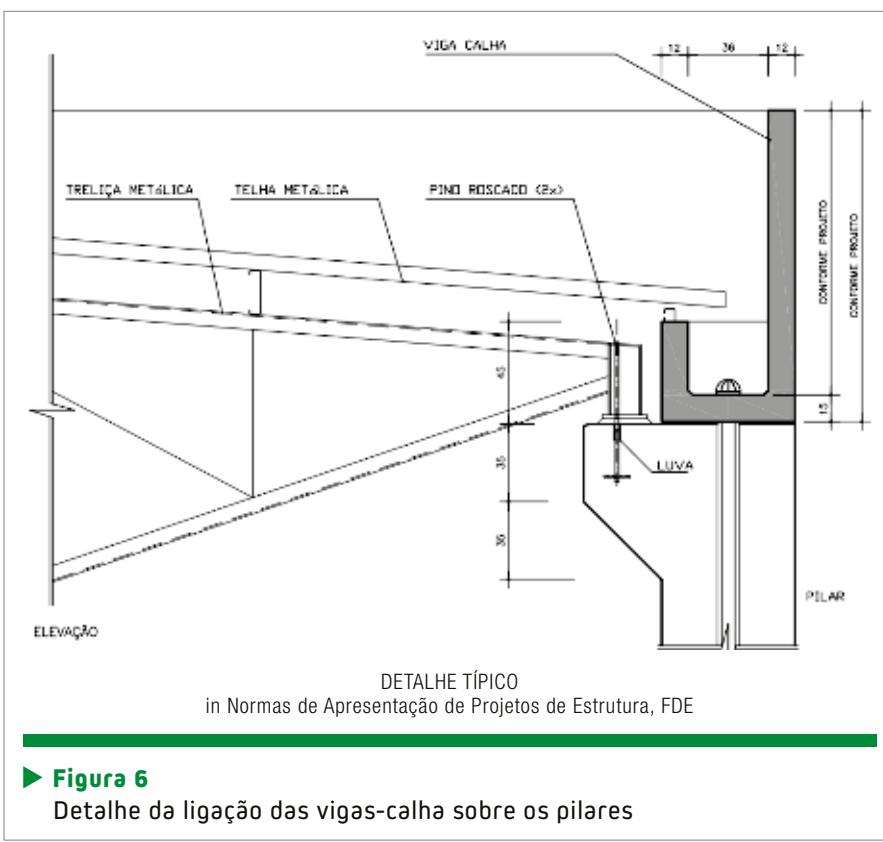
DETALHE DE LIGAÇÃO
PILAR/BLOCO DE FUNDAÇÃO
DETALHE TÍPICO
In Normas de Apresentação de Projetos de Estrutura, FDE

► Figura 4

Desenho esquemático da ligação entre pilar e bloco de fundação



► **Figura 5**
Desenho esquemático da solidarização da viga ao consolo



► **Figura 6**
Detalhe da ligação das vigas-calha sobre os pilares

0,30m x 0,70m (vãos até 10,80m e com continuidade em uma só extremidade) e 0,30m x 0,80m (vãos até 10,80m e sem continuidade).

As peças estruturais são consideradas de médio porte, podendo ser protendidas. As vigas em torno de 10m de comprimento pesam cerca de 4,5t, as lajes alveolares protendidas com comprimento em torno de 7,00m pesam 1,6t e, em alguns casos, os pilares passam dos 18m de comprimento, com peso de aproximadamente 8t. A resistência mínima exigida do concreto pré-fabricado é de 40MPa.

Nesse processo, é essencial maior precisão de medidas desde a etapa de fabricação até a locação das armaduras para solidarização das peças montadas, não sendo possível corrigir as fôrmas e suas dimensões antes da concretagem, como é usual nas estruturas convencionais moldadas no local. Exige-se, também, precisão de medidas, alinhamentos e níveis, tanto das peças entre si como para sua locação - inclusive das fundações -, pois as tolerâncias de execução são mais estritas, de forma a possibilitar soldagem em pontos bem definidos.

Essa precisão da estrutura pré-fabricada demanda maior exigência na execução dos demais serviços da obra, feitos de forma convencional, bem como possibilita o aprimoramento da mão de obra, uma vez que a presença de profissionais qualificados para as ligações de campo é indispensável para garantir que o encaixe entre elementos estruturais ocorra dentro das tolerâncias exigidas e especificações das normas brasileiras.

A pré-fabricação não foi estendida

a outros elementos da obra, em razão do valor dos mesmos ser ainda muito superior ao equivalente convencional, como é o caso da caixilharia, que permanece basculante, pois atende de forma satisfatória aos problemas de invasão e da reposição constante de vidros. No entanto, trata-se de um processo em contínuo aprimoramento. As lajes alveolares, por exemplo, que dispensam escoramento na montagem, já demonstraram melhor relação custo x benefício quando comparadas às do tipo painéis treliçados - que chegaram a ser utilizadas em algumas obras. Quanto ao acabamento, foi especificado o piso cerâmico para o piso de toda a escola, visando à melhoria de qualidade do serviço acabado. O uso de brise-soleil foi retomado para as salas de aula, por elementos pré-fabricados. As instalações hidráulicas, elétricas e eletrônicas são projetadas para caminhar aparentes nas circulações, sob as vigas principais e junto às alvenarias. A distribuição aos ambientes se dá embutida nas paredes ou sob o capeamento de concreto do piso e seguem aparentes sob as lajes.

A introdução de quadras cobertas e a exiguidade de terrenos disponíveis nos grandes centros provocaram a verticalização dos edifícios, que resulta num edifício de até quatro pavimentos, porém compacto. A quadra de esportes ocupa o último pavimento, com isolamento acústico em seu piso, de modo a não prejudicar o funcionamento das salas de aula situadas nos pisos inferiores. As lajes recebem a cobertura de telhas metálicas. Quando o último pavimento é ocupado pela quadra de esportes, a estrutura do telhado é feita por treliças metálicas.



EE União de Vila Nova - São Paulo – Projeto de Arquitetura e foto Hereñu & Ferroni Arquitetura e Barossi Arquitetura; Projeto de Estrutura Sérgio Barnabé e Sílvio Vega

► **Figura 7**
Detalhes da estrutura em construção

Constata-se que a opção pela estrutura pré-fabricada, por si só, proporciona uma evolução significativa na melhoria de qualidade do produto

oferecido aos usuários, pois a produção das peças em fábrica garante controle tecnológico, maior resistência e plasticidade devido às características



Projeto de Arquitetura e foto Hereñu & Ferroni Arquitetura e Barossi Arquitetura;
Projeto de Estrutura Sérgio Barnabé e Sílvio Vega

► **Figura 8**
EE União de Vila Nova





Fotos: Pregnolato & Kusuki

► Figuras 9 e 10

EE Levi Vieira da Mæia - Guarulhos (Projeto de Arquitetura Helena Ayoub Arquitetos – Projeto de Estrutura STENG Engenharia) e E.E. Vila Esperança - Campinas (Projeto de Arquitetura Apiacás Arquitetos – Projeto de Estrutura Ruy Bentes)

do concreto e melhor acabamento em função das fôrmas utilizadas, reduzindo, assim, problemas de manutenção ao longo do tempo.

Por isso, em seus editais de licitação, a FDE exige experiência anterior na execução de estrutura pré-fabricada solidarizada, para habilitação das empresas, por ser esta técnica mais apurada que a pré-fabricada convencional.

A RELAÇÃO CUSTO X BENEFÍCIO

Quanto maior a escola, menor seu custo por metro quadrado, pois a in-

cidência de áreas molhadas e a infraestrutura para sua implantação são semelhantes em diferentes capacidades, diluindo-se nas escolas com maior número de salas de aula, que se constituem numa grande área seca.

A modulação e os componentes construtivos da FDE são utilizados nesses projetos, garantindo maior rapidez em sua elaboração.

Essa iniciativa proporciona, também, a redução do prazo de execução da obra propriamente dita, na medida em que as peças estruturais podem ser fabricadas concomitantemente à exe-

cução dos serviços de movimento de terra e fundações.

A comparação do valor da obra convencional com aquele das obras em estrutura pré-fabricada já concluídas e de área semelhante, indica que estas últimas apresentam o melhor custo. Essa afirmação considera uma série de fatores que as diferenciam, mas sobretudo as melhorias que foram introduzidas, a qualidade da obra acabada e a redução do custo de manutenção – pela redução de trincas e outras patologias. Essa questão é crucial e estratégica para garantir a continuidade do trabalho.

HISTÓRICO

Enquanto na maioria dos Estados a execução das diferentes obras públicas é centralizada, em São Paulo, a construção escolar é produzida por um órgão especializado – a FDE, que sucede órgãos no modelo estabelecido na década de 60 e determinado pelo gigantismo da rede escolar paulista e consequentes exigências para agilização das obras de expansão e manutenção. A pré-fabricação é o passo seguinte à introdução do conceito de Coordenação Modular ocorrido na década de 70 e que fundamenta a concepção do programa arquitetônico e ambientes escolares, componentes, serviços, mobiliário e composição de preços, que compõem nossos Catálogos Técnicos.

A produção da FDE é centrada na educação e mantém muitos dos procedimentos adotados desde aquele período, isto é, o Estado terceiriza os projetos a diferentes escritórios de arquitetura, o que contribui não só à diversidade da produção arquitetônica, como também à economia de recursos humanos na entidade pública e à geração de trabalho



Foto: Pedro Napolitano

► Figura 11

EE Jd Sta Rita II – Itaquaquecetuba (Projeto de Arquitetura Libeskindllovet Arqs – Projeto de Estrutura CTC Projetos e Consultoria)

no setor. Cabe à equipe interna garantir o atendimento ao modelo pedagógico, às normas técnicas e à legislação existente, bem como às necessidades de alunos e usuários da escola.

A experiência adquirida e a vivência dos problemas da manutenção dessas escolas permitem à FDE agregar conhecimento técnico e prático sobre o funcionamento das mesmas e possibilitam o aprimoramento contínuo dos projetos e componentes da construção escolar.

SUSTENTABILIDADE

Em 2008 foi introduzida a certificação AQUA-HQE quanto à sustentabilidade e a etiquetagem PROCEL de eficiência energética, buscando conscientizar e incentivar a adoção de ações para garantir a sustentabilidade dos edifícios escolares ao incorporar conceitos de qualidade ambiental e tecnológica, ecologia, reciclagem e de uso racional de materiais e recursos. Para tal, são efetuados cálculos e simulações que garantam o conforto térmico, acústico, luminoso e a eficiência energética nas novas escolas.

Hoje há 20 escolas certificadas nas diferentes fases do processo AQUA-HQE e outras 18 em processo de certificação, bem como 2 escolas etiquetadas pelo programa de eficiência energética Procel Edifica em Nível A.

A estrutura pré-fabricada de concreto, contribui nesse sentido, na medida que reduz a utilização de formas, escoramentos, cimbramentos e a organização do canteiro, evitando o desperdício de materiais.

Junto com a certificação foram introduzidas instalações hidráulicas e elé-



Foto: Carlos Kipnis

► Figura 12

E.E. Profª Selma Maria Martins Cunha – Votorantim (Projeto de Arquitetura Puntoni Arquitetos – Projeto de Estrutura CTC Projetos e Consultoria)

tricas economizadoras, o reaproveitamento de águas pluviais para utilização em descarga de bacias sanitárias, o aquecimento solar da água, a separação da distribuição elétrica em mais de um circuito nas salas de aula, possibilitando que cargas de iluminação sejam acionadas na justa medida pelo aproveitamento da iluminação natural, e a implantação de sistema de gestão de resíduos da construção.

RESULTADOS

Até o momento, neste sistema construtivo foram concluídos 163 novos prédios - com média de 3.000m² de área construída por edifício – e 24 ampliações, com área média de 2.000m² de escolas existentes.

A escola é praticamente o único equipamento público disponível às camadas mais carentes da população na periferia de nossas cidades. Esses prédios se sobressaem por sua escala na imensidão formada por autoconstruções ou por conjuntos habitacionais. O objetivo proposto por essas obras é gerir o recurso público, de modo que a configuração formal das escolas contribua para a qualificação do espaço urbano em que se inserem. E, também, levar um edifício de qualidade às diversas regiões da cidade, indistintamente.

Ao construir o prédio destinado à educação, considerando as questões sociais e ambientais, o órgão público contribui para a formação da cidadania. ♦

► REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [01] FERREIRA, A. F. e MELLO, M. G. (orgs). ARQUITETURA ESCOLAR PAULISTA: ESTRUTURAS PRÉ-FABRICADAS. FDE: 2006, São Paulo

Como o BIM favorece o desenvolvimento dos projetos estruturais

REINALDO KAIZUKA – DIRETOR

THAIS CELEBRONI EVANGELISTA – GERENTE

FRANÇA & ASSOCIADOS PROJETOS ESTRUTURAIS

INTRODUÇÃO

A motivação para implantação do processo BIM em nosso escritório surgiu de forma indireta. Buscávamos uma nova forma de desenvolvimento dos projetos que integrasse o modelo de cálculo aos desenhos. No processo que tínhamos até então, os desenhos 2D eram “desconectados” do modelo estrutural, o que gerava retrabalho e possibilidade de erros nas revisões do projeto.

Inicialmente, não tínhamos como meta alterar a rotina de trabalho para implantar “o BIM”. Queríamos apenas agregar confiabilidade e um certo grau de automatização ao processo, com consequente ganho de produtividade. No entanto, o contato com a ferramenta despertou o desejo de explorar ainda mais seu potencial e recursos. Assim, a implantação do processo BIM aconteceu de forma natural.

O processo BIM foi incorporado por nós de maneira irreversível, devido aos seus inúmeros benefícios. Entre os principais, destacam-se: a facilidade de detecção de interferências entre as disciplinas e o entendimento da Estrutura como um todo.

Assuntos mais delicados, como análise de furações ou até mesmo detalhamento de peças mais complexas, ficam muito mais simples e rápidos. Os benefícios estendem-se ao planejamento, logística e orçamentação da obra, além de possibilitar o gerenciamento das manutenções do edifício ao longo da sua vida útil.

IMPLEMENTAÇÃO DO PROCESSO BIM

Foi necessário um esforço inicial significativo para a implantação do processo BIM. Criamos uma equipe interna que se dedicou à estruturação do processo. Esta equipe teve dedicação exclusiva, sem envolvimento com os projetos em andamento, de modo a garantir uma boa estruturação dos procedimentos e padrões. Foram investidas mais de duas mil horas nesse processo de implantação.

O processo de implantação foi dividido em duas partes: o estudo de viabilidade e a implantação de fato.

Na primeira etapa foram feitas inúmeras pesquisas, cursos e visitas a outros escritórios, além de simulações para entendermos o quanto

esse processo agregaria ou dificultaria no desenvolvimento dos projetos, tendo como objetivo a sinergia com a nossa plataforma principal de trabalho, o software TQS®.

Vencida esta primeira etapa, iniciamos a padronização do software de acordo com as nossas necessidades. Foram estabelecidas as configurações gráficas básicas, os padrões de visualização, os parâmetros de projetos, elaboração de plugins e desenvolvimento de famílias. Foram definidos processos e procedimentos de trabalho, assim como um plano de treinamento para os colaboradores.

Todos os processos e padrões foram reunidos num manual interno, criado para auxiliar a equipe durante o treinamento e desenvolvimento dos projetos. O manual apresenta conceitos e comandos do software (voltados ao projeto de Estruturas), exemplos de modelagens, importação do modelo gerado pelo TQS®, extração de dados do modelo, entre outros.

A implantação do processo BIM foi consolidada com um projeto piloto, cerca de 6 meses após o início das atividades. Mesmo tendo





► **Figura 1**
Complementação dos softwares no processo BIM

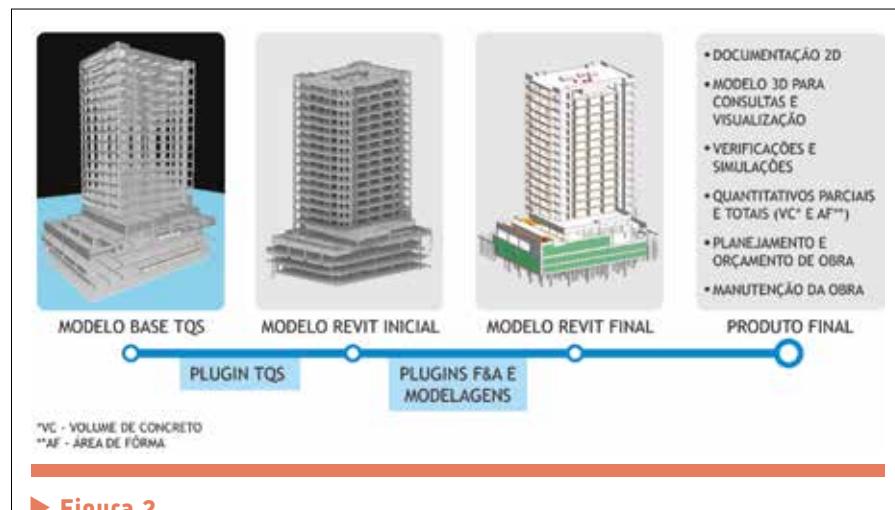
que superar desafios inerentes a um projeto piloto, já foi possível colher bons frutos com a utilização da nova metodologia de trabalho.

PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PROJETO

Hoje utilizamos basicamente dois softwares para o desenvolvimento de projetos estruturais: TQS® e Revit®, sendo que essas duas ferramentas interagem e se complemen-

tam ao longo do processo. Além dessas duas plataformas, para estruturas mais complexas, utilizamos os softwares de análise estrutural ETABS® e STRAP®.

Os estudos iniciais de alternativas estruturais são feitos com auxílio do sistema TQS®. Presente há mais de trinta anos no mercado, é uma poderosa ferramenta de análise, dimensionamento e detalhamento de estruturas de concreto. Graças à agilidade proporcionada pelo



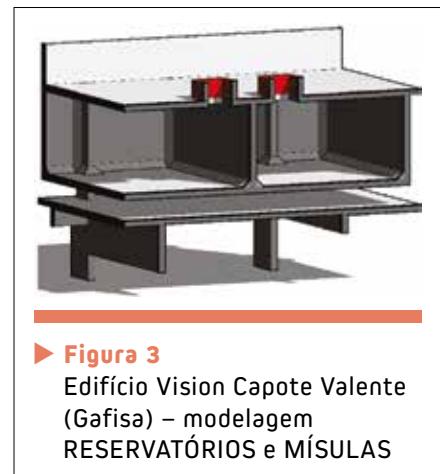
► **Figura 2**
Fluxo de trabalho do processo de desenvolvimento de formas e modelagens

software, é possível obter muito rapidamente estimativas de consumos de materiais e esforços nas fundações. Com essas informações, o cliente tem condições de avaliar a viabilidade de cada alternativa, levando em conta também suas práticas construtivas e necessidades arquitetônicas.

Uma vez escolhido a alternativa estrutural mais adequada, o projeto prossegue com participação do software Revit®, em sinergia com o sistema TQS®. A participação de cada software ocorre da maneira indicada na Figura 1.

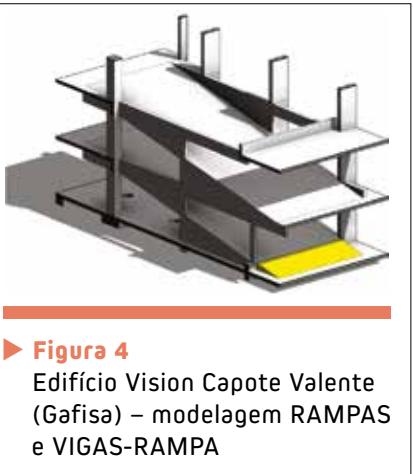
Uma vez gerada a base inicial da Estrutura no TQS®, utilizamos uma ferramenta nativa do software para exportar o modelo para o Revit®. Neste modelo fazemos ajustes finos e modelamos elementos especiais, que não foram exportados do TQS®. É neste momento que utilizamos alguns plugins desenvolvidos internamente, que proporcionam uma otimização no processo resultando em maior produtividade, sempre com o foco de garantirmos uma fidelização total entre o modelo 3D e a documentação 2D.

Após finalizado o modelo no Revit (Figura 2), temos uma base completa



para extração de inúmeras informações. São disponibilizados a partir deste momento o modelo virtual, as

plantas 2D e demais informações pertinentes a fase de projeto.



► **Figura 4**
Edifício Vision Capote Valente
(Gafisa) – modelagem RAMPAS
e VIGAS-RAMPA



► **Figura 5**
Edifício Vision Capote Valente
(Gafisa) – modelagem ESCADAS

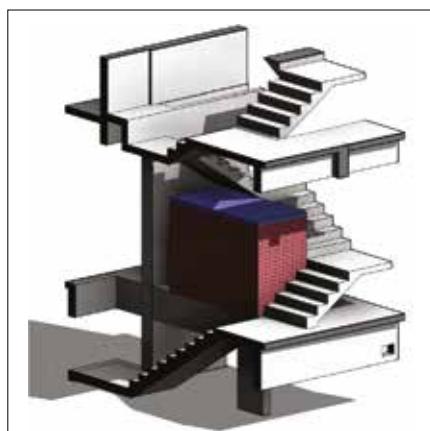
O BIM NO PROJETO DE ESTRUTURAS

Para o desenvolvimento do projeto de Estruturas, todos os elementos estruturais e não estruturais são modelados na construção virtual do edifício. Modelamos desde elementos estruturais básicos (lajes, vigas, pilares, elementos de fundação, etc.) até alvenarias para apoio de lajes pré-moldadas e enchimentos. Ou seja, todos os elementos que pertencem, ou que de

alguma forma possam interagir, com a Estrutura são inseridos no modelo BIM, independente do material que os compõem (Figuras 3 a 10).

O interessante é que, durante o processo de modelagem dos elementos, acontece naturalmente uma pré-análise da Estrutura com a detecção de incompatibilidades e possíveis dificuldades de execução. Isso nos impulsiona a antecipar a solução desses problemas, resolvendo assuntos que, muitas vezes, só eram tratados em fases mais avançadas do projeto.

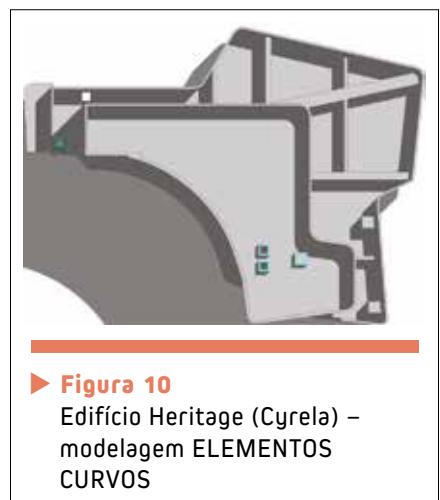
Podemos dizer que, ao final de todas as modelagens, o nosso modelo BIM é classificado como LOD¹ (*Level of Development*) 400, estando todos os elementos modelados de



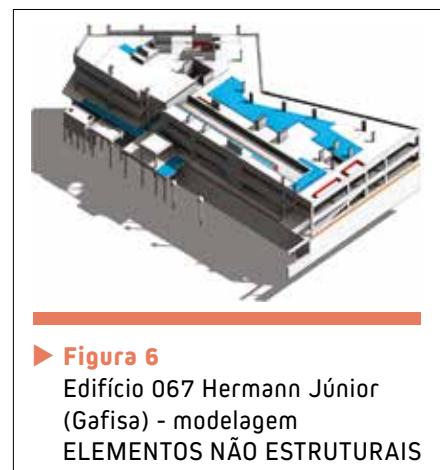
► **Figura 7**
Edifício 067 Hermann Júnior
(Gafisa) - modelagem LAJE
PRÉ-MOLDADA apoiada
sobre alvenaria



► **Figura 9**
Edifício One Sixty (Cyrela) –
modelagem de ELEMENTOS
INCLINADOS da fachada



► **Figura 10**
Edifício Heritage (Cyrela) –
modelagem ELEMENTOS
CURVOS



► **Figura 6**
Edifício 067 Hermann Júnior
(Gafisa) - modelagem
ELEMENTOS NÃO ESTRUTURAIS

¹ LOD (*LEVEL OF DEVELOPMENT*) É O TERMO QUE VEM SENDO UTILIZADO NOS PROCESSOS BIM PARA DESCREVER, EM NÍVEIS, O QUANTO O MODELO ESTÁ DESENVOLVIDO E COMPLETO. ESTES NÍVEIS, ESTÃO GRADUADOS NORMALMENTE ENTRE 100 E 500, SENDO QUE O LOD 500 REPRESENTA A FASE AS-BUILT



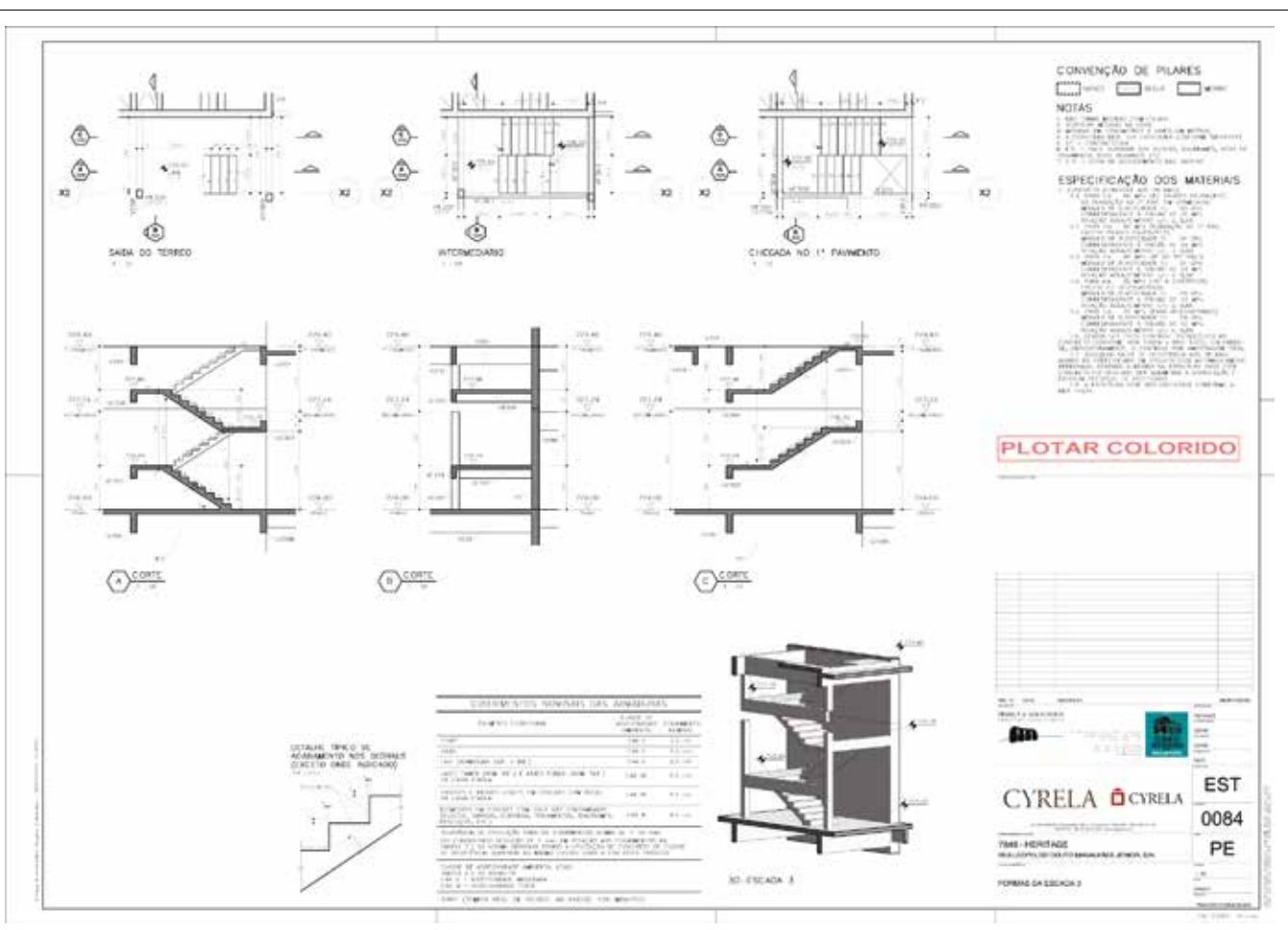
► **Figura 11**
Edifício Vision Capote Valente (Gafisa) – composição da fachada

forma precisa em termos de quantidade, dimensão e localização, com informações suficientes para planejamento, orçamentação, fabricação, montagem e construção.

Um dos primeiros projetos que desenvolvemos nesta nova plataforma foi o edifício Vision Capote Valente, da Gafisa. Uma particularidade desse edifício é a sua fachada

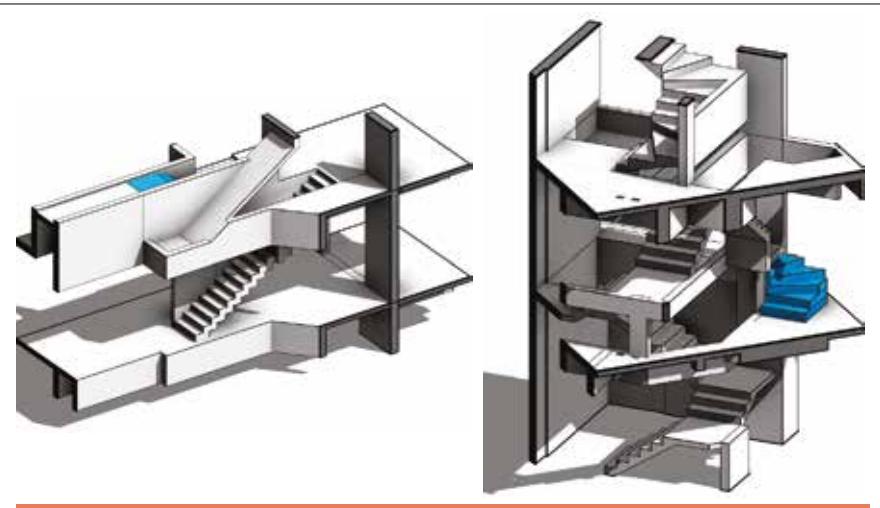
marcante e cuja assimetria resulta da composição de diversos complementos estruturais. A utilização da modelagem BIM foi de extrema importância, tanto no desenvolvimento do projeto quanto para a geração dos desenhos executivos.

A modelagem BIM proporcionou grandes ganhos na geração da documentação 2D. A partir do modelo virtual, junto com os padrões definidos na fase de implantação do processo BIM, a documentação 2D é gerada automaticamente, sem a necessidade de qualquer edição ou complementação gráfica. Todas as atualizações ou revisões do modelo são transmitidas de forma automá-



► **Figura 12**
Edifício Heritage (Cyrela) – forma da escada com vistas 3D





► **Figura 13**
Edifício 067 Hermann Júnior (Gafisa) – visualizações 3D de escadas

tica para todas as plantas relacionadas, agregando confiabilidade e produtividade ao processo. Podemos afirmar que o objetivo inicial, que era a busca da fidelização entre o modelo virtual e a documentação 2D, foi plenamente atingido.

Foram criadas diversas vistas 2D

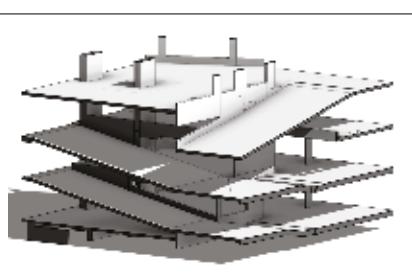
e 3D, de modo que a equipe da obra tivesse máxima clareza na interpretação do projeto, evitando erros de execução. Apesar do elevado número de folhas, se comparado ao processo convencional, os recursos do software permitiram gerenciar os arquivos e revisões com facilidade e produtividade, sem transtornos ou retrabalhos. Outra vantagem foi a total fidelidade entre plantas, cortes e elevações, uma vez que todos têm origem no mesmo modelo 3D (Figura 11).

A plataforma BIM viabilizou recursos que foram essenciais para o enriquecimento do nosso projeto,

como, por exemplo, a possibilidade de gerar facilmente vistas 3D. Inseridas nas plantas, as vistas 3D auxiliam no entendimento da Estrutura como um todo e visualização de peças especiais. Um caso típico são as escadas, onde a vista 3D junto às plantas proporciona uma melhor compreensão do elemento. Além disso, podem ser gerados todos os cortes e elevações que forem necessários para a compreensão do projeto, com total fidelidade em relação às plantas (Figura 12).

Segundo o engenheiro Tiago dos Santos Rodrigues, responsável pela obra na Gafisa, “as plantas utilizadas na obra 067 Hermann Júnior, comparadas às plantas feitas em CAD, onde não tínhamos as visualizações 3D, são muito mais completas e auxiliam o pessoal de campo com a leitura do projeto, principalmente nas escadas e rampas. Além disso, ajudam a visualizarmos como a estrutura ficará após pronta e entendermos os níveis na região das escadas onde a paginação sofre alteração” (Figuras 13 e 14).

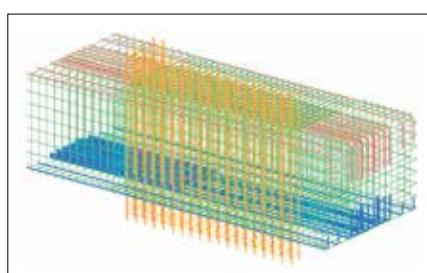
De acordo com o arquiteto Thiago Malho Feliciano, da equipe de projetos da Cyrela, “no edifício One Sixty, utilizamos o modelo estrutural BIM que nos auxiliou em todas as fases do projeto, principalmente nas



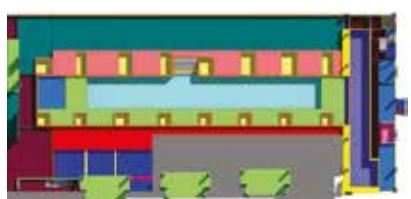
► **Figura 14**
Edifício 067 Hermann Júnior (Gafisa) – visualizações 3D das rampas



► **Figura 15**
Edifício One Sixty (Cyrela) - estrutura dos pavimentos-tipo



► **Figura 16**
Edifício 067 Hermann Júnior (Gafisa) – detalhamento esquemático de elementos complexos



► **Figura 17**
Edifício One Sixty (Cyrela) – planta de identificação de níveis através de cores

etapas de compatibilização das interfaces entre a arquitetura e instalações. O modelo nos permitiu ainda um melhor entendimento da Estrutura dos pavimentos-tipo, onde temos uma alternância dos pés-direitos duplos. Além disso, esta plataforma nos proporcionou um grande ganho técnico e gráfico, pois a qualidade da documentação 2D, liberada para a obra, é muito mais rica e completa" (Figura 15).

Outra possibilidade da modelagem BIM é a representação de elementos complexos, como a armação de vigas de transição. Modelamos toda a armação do elemento, construindo virtualmente o conjunto completo a fim de verificar e resolver as interferências entre as barras. É possível definir e mostrar a sequência de montagem dessas armaduras, evitando problemas que surgiram na obra (Figura 16).

A partir do modelo BIM foi possível, também, criar plantas de identificação dos níveis (de forma automática) de pavimentos complexos. Esses desenhos auxiliam a compreensão

da Estrutura para todos os envolvidos no processo: demais projetistas, equipe responsável pelo detalhamento das armações e, sobretudo, a equipe de obra (Figura 17).

O trabalho colaborativo em rede proporcionou grandes ganhos para o fluxo de informações no escritório. Todos os colaboradores internos envolvidos no projeto trabalham ao mesmo tempo num único modelo. É possível ter várias pessoas trabalhando em diferentes partes do projeto, com sincronização gerenciada pelo Revit®. Além da grande agilidade proporcionada pelo trabalho em paralelo, elimina-se qualquer possibilidade dos integrantes da equipe trabalharem com material de revisão desatualizada, além de facilitar o gerenciamento dos arquivos utilizados.

A facilidade em gerenciar as plantas e revisões é uma vantagem importante dessa nova plataforma. Conseguimos controlar facilmente todos os arquivos em desenvolvimento e suas respectivas revisões. Geramos listagens que são atualizadas automaticamente à medida

que as plantas são revisadas.

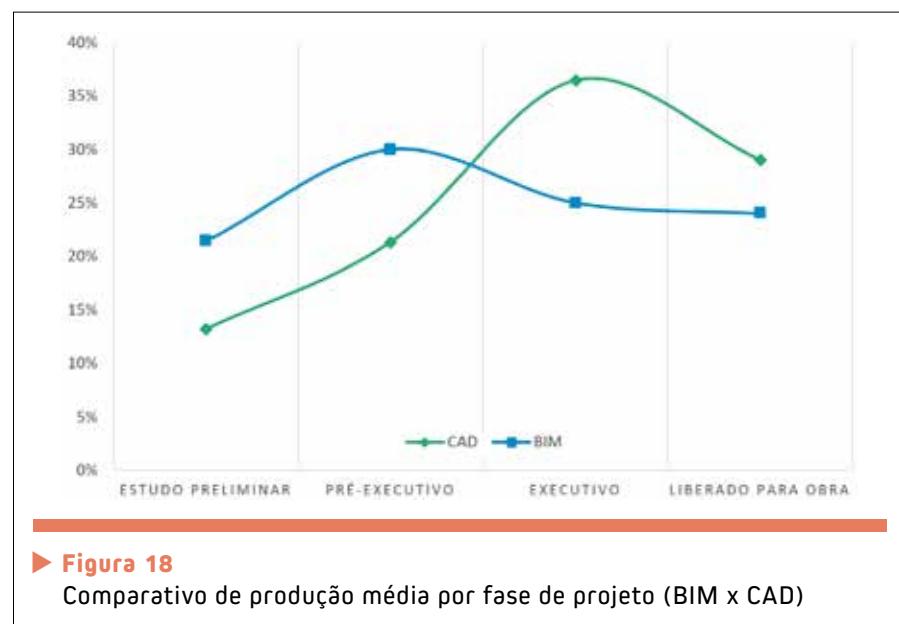
Devido à qualidade de representação gráfica, abundância de detalhes, cortes, vistas 3D e fidelidade entre desenhos, observamos uma grande redução no número de solicitações de revisões por parte da equipe da obra. Essas solicitações, no geral, ocorriam devido à falha de compatibilização durante o desenvolvimento do projeto ou por equívocos na representação gráfica das plantas. Comparando as obras em BIM com algumas obras similares desenvolvidas em CAD 2D, pudemos apurar uma redução dessas solicitações em cerca de 95%.

Acreditamos que, com o desenvolvimento do projeto estrutural em BIM, os improvisos da obra, seja por falta de informação ou pela qualidade da informação, sejam significativamente reduzidos, gerando benefícios para toda a cadeia produtiva.

INDICADORES DE DESEMPENHO

Alguns indicadores de desempenho foram levantados ao final dos projetos com o intuito de medir o desempenho com a nova plataforma. Como base de comparação, utilizamos a média levantada de obras similares desenvolvidas na plataforma anterior (CAD 2D).

O indicador de produtividade por fase de projeto mostrou que, para as obras em BIM, a curva de produtividade se assemelha à curva esperada para os processos BIM, onde há uma maior concentração de horas trabalhadas nas fases iniciais do projeto. O principal motivo dessa curva não atender 100% às expectativas de um processo BIM é pelo fato das demais disciplinas terem sido desenvolvidas em CAD.



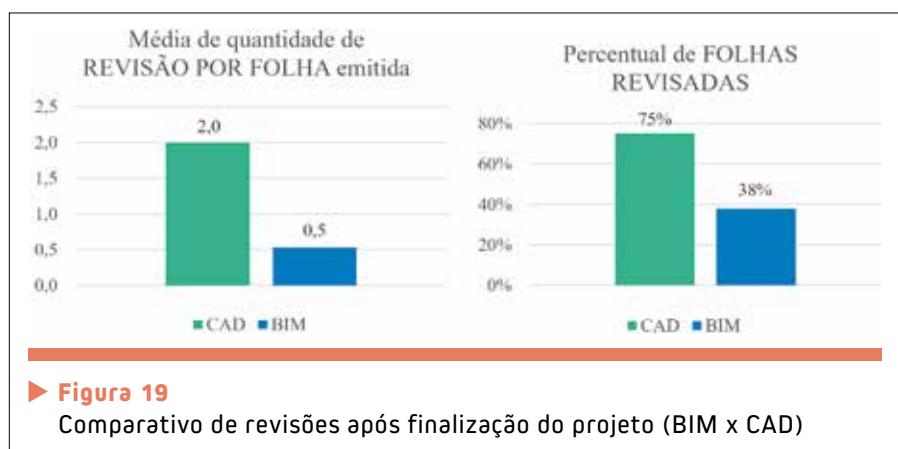
Isso gera retrabalhos e compatibilizações tardias nas fases mais adiantadas do projeto.

Outro levantamento foi em relação às revisões das plantas após a finalização do projeto. Chegamos em números surpreendentes, pois com a utilização do BIM apuramos uma redução de cerca de 50% do número de folhas revisadas após a finalização do projeto e uma redução de cerca de 75% no número de revisões por folha emitida. Lembando que, para as obras analisadas, apenas o projeto de Estrutura foi concebido na plataforma BIM. Se as demais disciplinas tivessem utilizado a mesma plataforma, esses indicadores poderiam ser sensivelmente reduzidos.

DESAFIOS SUPERADOS

A partir do momento em que a direção da empresa se convenceu das vantagens do processo BIM, um dos desafios foi a adaptação dos demais colaboradores à nova maneira de elaborar os projetos. Foi necessário aprender a trabalhar num ambiente especial e colaborativo, com procedimentos e processos totalmente novos em relação ao habitual. A superação desse desafio foi facilitada pela experiência transmitida a todos pela equipe que implantou o processo BIM. A criação de um manual interno agilizou a difusão de boas práticas e a padronização do modo de trabalho.

Outro desafio, em fase de superação, é convencer o contratante sobre a necessidade de prazos maiores nas fases iniciais de projeto. Devido à modelagem em BIM, diversos detalhes devem ser pensados e resolvidos com maior antecedência,



em relação ao processo convencional. O fluxo de trabalho atual, baseado em projetos desenvolvidos em CAD, resulta em compatibilizações tardias pelas demais disciplinas. A fluidez do processo é prejudicada, sendo comum haver revisões quando o detalhamento das armações já foi iniciado, gerando um efeito cascata nas revisões do projeto estrutural.

CONCLUSÃO

Nos projetos que temos desenvolvido até este momento, apenas o projeto de Estrutura foi elaborado pelo processo BIM. Por isso, ainda não pudemos sentir os benefícios de um projeto realizado pelo processo BIM completo, envolvendo todas as disciplinas. Mesmo assim, os indicadores de qualidade, gerenciamento das informações, redução de retrabalho e retorno dos clientes tem sido bastante positivos.

Os desafios em fase de superação envolvem a reavaliação do fluxo de projetos em BIM, no qual diversas soluções devem ser analisadas com antecedência, em relação a projetos convencionais em CAD. Evita-se, assim, compatibilizações tardias e revisões desnecessárias. O tempo

investido na modelagem de informações nas fases iniciais do projeto é mais do que recompensado nas fases finais e, sobretudo, na qualidade do produto entregue ao cliente.

A experiência obtida nos permite prever significativos ganhos de produtividade, qualidade e compatibilidade entre os projetos e assertividade das informações, caso mais disciplinas decidam implantar o processo BIM. Os benefícios são sentidos por todos os envolvidos no processo: desde as equipes de projeto, planejamento, orçamento, obra, até o usuário final. Os retrabalhos são diminuídos significativamente, com impactos positivos sobre o custo e o prazo de execução dos empreendimentos.

AGRADECIMENTOS

Nosso agradecimento especial à equipe técnica da Gafisa, que lançou a semente "BIM" em nossas mentes há alguns anos, à equipe da Aflalo & Gasperini, sempre nos desafiando a trilhar este caminho, à TQS® Informática, que gentilmente realizou alterações em seu plugin e a outros tantos profissionais que, apesar das dificuldades do momento, nos incentivaram a seguir este caminho. ☺



Pré-fabricado de concreto: expectativa de retomada em 2017

ANA MARIA CASTELO – COORDENADORA DE PROJETOS

INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTATÍSTICA | FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS (IBRE/FGV)

ÍRIA LÍCIA OLIVA DONIACK – PRESIDENTE EXECUTIVA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA DE CONCRETO (ABCIC)

No Brasil, a industrialização da construção civil em concreto tem contribuído para o desenvolvimento do setor há mais de cinco décadas, em especial, por ser uma opção importante em termos de sustentabilidade, produtividade, qualidade, segurança e tecnologia. Esse protagonismo das estruturas pré-fabricadas de concreto pode ser comprovado por sua versatilidade, uma vez que essa solução de engenharia vem sendo aplicada no país em diferentes segmentos, desde grandes obras de infraestrutura, como aeroportos e sistemas de transporte (BRTs); em projetos de interesse social, como escolas públicas e privadas; em instalações comerciais, como shopping centers e galpões logísticos, em empreendimentos residenciais e de múltiplos pavimentos, e em obras áreas

de energia eólica, tratamento de rejeitos industriais ou aquelas voltadas para instalações agroindustriais, além de ter sido decisiva para viabilizar os cronogramas ousados das arenas da Copa do Mundo de 2014 e dos Jogos Olímpicos em 2016.

Por estar diretamente relacionado à atividade da construção, o segmento das estruturas pré-fabricadas de concreto sentiu as consequências da queda de mais de 13% do Produto Interno Bruto da construção no período 2014-2016. O cenário político e econômico extremamente difícil dos últimos dois anos – as incertezas políticas, a crise fiscal do Estado e a forte recessão também tiveram impactos negativos sobre a atividade do segmento. A Sondagem de Pré-Fabricados de Concreto de 2016, pesquisa feita pelo Instituto Brasileiro de

Economia da Fundação Getúlio Vargas (FGV), por encomenda da Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto (ABCIC), detectou pela terceira vez consecutiva, uma redução de 12,7% na produção em 2015 na comparação com 2014, que alcançou 904.570 m³, resultando numa produção média de 22.063 m³ por empresa. Esse foi o quarto ano consecutivo em que o IBRE/FGV realiza o estudo.

Os cerca de 90% dos associados da ABCIC, que participaram da pesquisa, reportaram um aumento das dificuldades para a realização de investimentos em 2015 e 2016: a proporção de empresas com dificuldades aumentou de 66,7% para 80% do total. Para a maioria dos pesquisados, entre os fatores apontados com maior frequência como limitadores do investimento estão as incertezas com relação à política econômica e a insuficiência de demanda. O estudo apontou ainda que questões de ordem financeira também passaram a ter mais importância para o empresário do segmento.

Em relação à ampliação da área de produção, por exemplo, o percentual de empresas que realizaram esse tipo de investimento em 2015 foi de 30% - em 2014 foi de 38,9% e, em 2013 estava em 78%. A aquisição de

► **Tabela 1** – Fatores que limitaram total ou parcialmente a realização de investimentos

Incertezas relacionadas à política econômica	86,1%
Incertezas acerca da demanda	83,3%
Limitação de recursos da empresa	55,6%
Custo do financiamento	47,2%
Carga tributária elevada	47,2%
Limitação de crédito	38,9%
Taxa de retorno inadequado	33,3%
Escassez de mão de obra qualificada	5,6%
Outros	5,6%



► Tabela 2 – Composição dos investimentos realizados

TIPO DE INVESTIMENTO REALIZADO	2015	2014	2013
Aquisição de equipamentos para produção	45,0%	58,3%	53,7%
Infraestrutura de equipamentos em geral	35,0%	38,9%	41,5%
Ampliação - Área de produção	30,0%	38,9%	78,0%
Ampliação - Área de estocagem	22,3%	33,3%	36,6%
Ampliação - Galpões e obras civis	20,0%	30,6%	34,1%
Aquisição de equipamentos para montagem	17,5%	22,2%	31,7%
Outros	17,5%	16,7%	9,8%

Fonte: FGVI/BIRE

equipamentos utilizados na produção também apresentou uma queda. Em 2015 foi de 45% contra 58,3% em 2014. Na hora de decidir pela realização dos investimentos, as incertezas sobre demanda e a política econômica prevalecem: 23,3% preveem redução e apenas 9,3% expansão dos investimentos.

No tocante ao volume de empregos, a Sondagem mostrou que as indústrias associadas da ABCIC indicaram empregar, em dezembro de 2015, um total de 10.528 profissionais, número 6,8% inferior ao registrado no ano anterior. Tal declínio é levemente inferior ao recuo registrado no segmento das indústrias de fabricação de artefatos de concreto, cimento, fibrocimento, gesso e materiais semelhantes, que teve variação negativa de 7,8% em relação a 2014.

A pesquisa também permitiu analisar detalhadamente a capacidade instalada do setor, que passou de 1.678 milhão de m³ em 2013, para 1.635 milhões de m³ em 2014 e, finalmente, para 1.625 milhões de m³, em 2015. No que diz respeito ao porte das indústrias, por empregados, não houve mudança significativa no perfil das empresas, prevalecendo as médias e pequenas: 31,1% das indústrias possuíam até 100 empregados; 60% registravam entre 101 e 500 trabalha-

► Tabela 3 – Ranking por tipo de obra

2012	1.Indústria	2.Varejo	3.Shopping Centers	4.Centros de Distribuição e Logística	5.Infraestrutura e Outras Especiais	6.Habitacional	7.Edifícios Comerciais
2013	1.Indústria	2.Shopping Centers	3.Centros de Distribuição e Logística	4.Infraestrutura e Outras Especiais	5.Varejo	6.Edifícios Comerciais	7.Habitacional
2014	1.Shopping Centers	2.Indústria	3.Infraestrutura e Outras Especiais	4.Centros de Distribuição e Logística	5.Edifícios Comerciais	6.Varejo	7.Habitacional
2015	1.Shopping Centers	2.Indústria	3.Varejo	4.Edifícios Comerciais	5.Centros de Distribuição e Logística	6.Infraestrutura e Outras Especiais	7.Habitacional
2016	1.Indústria	2.Shopping Centers	3.Infraestrutura e Outras Especiais	4.Varejo	5.Centros de Distribuição e Logística	6.Edifícios Comerciais	7.Habitacional

Fonte: FGVI/BIRE

dores; e 8,9% contavam com mais de 500 colaboradores.

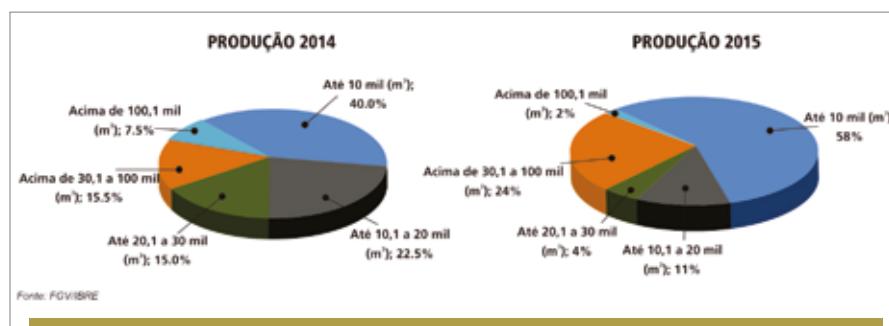
Já em relação à produção, houve um expressivo aumento no percentual de empresas com produção de até 10 mil m³, movimento já observado no levantamento de 2014: a participação dessas empresas avançou de 37,2% para 40% entre 2013 e 2014, alcançando 58% no fim de 2015.

A sondagem da FGV também levantou os segmentos da construção civil onde foram utilizadas as estruturas pré-fabricadas de concreto e houve

alterações no ranking na comparação com 2015. A área industrial foi apontada como principal destino das vendas de pré-fabricados, passando à liderança, com participação de 19,9%. Obra em shopping centers, que liderava em 2015, passou para a segunda colocação, com uma participação de 17,4% - tinha ficado com 30,1% no ano anterior.

Já o segmento de infraestrutura voltou a ganhar posições e passou a representar 14,8% da demanda das indústrias de pré-fabricados – em 2015, registrava um percentual de 8,4%. Na sequência, aparecem as áreas de varejo, com 12,2% de participação; Centros de Distribuição e Logística, com 11,8%; e edifícios comerciais, com 10,2% da demanda. Aparece ainda a área habitacional, com 4,7% de participação na demanda por pré-fabricados.

Em relação ao uso de insumos, o estudo encomendado pela ABCIC apurou que, em 2015, as empresas de pré-fabricados consumiram 347,3 mil toneladas de cimento e 111,8 mil



► Figura 1
Perfil da produção



toneladas de aço. Na comparação com 2014, houve uma queda no consumo por empresa, tanto de cimento (-12,8%), quanto de aço (-20,7%). Em 2014, o consumo de aço havia aumentado associado ao crescimento da produção de concreto armado, que havia se elevado de 40,5% em 2013, para 44,9% no ano seguinte, retrocedendo para 42,6% em 2015. O percentual de empresas que produzem o concreto autoadensável manteve-se em 66,7%.

Ressalta-se que, por critérios de controle, sustentabilidade e desenvolvimento tecnológico, as empresas vêm aprimorando constantemente suas dosagens de concreto, o que, por um lado, eleva o consumo de cimento em kg/m³, porém, por outro, reduz o consumo de concreto nas indústrias. É uma questão de eficiência, na qual a quantidade é superada pela qualidade do concreto. É uma tendência internacional e, no Brasil, não será diferente, pois é natural que a indústria de estrutura pré-fabricada de concreto passe a utilizar concretos de resistência e desempenho cada vez maiores, trabalhe com estruturas mais esbeltas e, portanto, mais leves, o que impacta sobre a logística e transporte, aspectos vitais para o desenvolvimento do sistema.

Porém, só se beneficiam da tecnologia as empresas que investiram em qualidade e que possuem em suas uni-

dades centrais dosadoras do concreto compatíveis e laboratórios que dominam perfeitamente o desvio padrão e coeficientes de variação dos concretos produzidos e suas respectivas resistências iniciais. Dessa forma, o consumo de cimento não está especificamente vinculado somente ao volume produzido, mas também à tecnologia adotada.

Já em termos do uso de novas ferramentas, a Sondagem mostrou que o percentual de empresas que não conhecem a plataforma BIM (Building Information Modeling) aumentou de 4,9%, na pesquisa anterior, para 11,1% do total no atual levantamento. As assinalações das empresas que conhecem e já implantaram a ferramenta, ou que pretendem fazê-lo nos próximos dois anos, recuou de 63,4% para 53,3%. Tal fato pode ser explicado pela redução do quadro nas empresas, especialmente na área de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D).

As empresas que atuam no segmento de pré-fabricados fabricam seus produtos majoritariamente em suas unidades fabris. Somente 20% delas executaram estruturas nos canteiros, o que, na comparação com a pesquisa realizada em 2015, representou aumento de 1,6 ponto percentual.

Apesar do cenário macroeconômico ainda desfavorável, os resultados revelam que o setor adota uma postura conservadora, porém sem ser pessimista, uma vez que conta com empresas pioneras, que acompanham desde início a pré-fabricação no Brasil, já atravessaram outros contextos desafiadores e obtiveram ensinamentos importantes que podem ser aplicados nesta atual conjuntura. Outro ponto importante é que os requisitos de desempenho, sustentabilidade, produtividade, qualidade, segurança e responsabilidade social estão

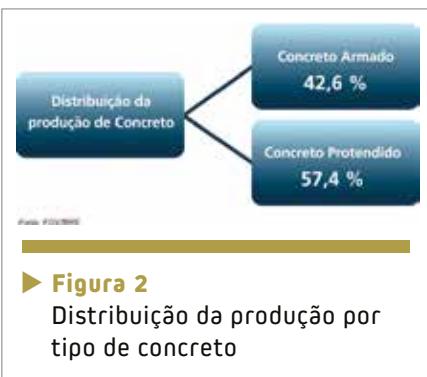
cada vez mais presentes em todos os contextos.

Apesar das dificuldades, em 2016, com as recentes medidas, houve uma melhora do ambiente de negócios de uma forma geral e na própria economia, com sinalizações de que o pior foi superado, o que contribuiu para o crescimento da confiança das empresas. Houve, ainda, a aprovação da Proposta de Emenda da Constituição que limita o crescimento dos gastos públicos, uma medida quesegurará o crescimento da dívida pública brasileira, e a inflação oficial do país fechou 2016 em 6,29%, índice menor do que o teto da meta e a mais baixa desde 2013.

De todo modo, para 2017, o sentimento dos empresários do segmento de pré-moldados é otimista, ao indicar que existe a possibilidade de ocorrer um crescimento na produção. No entanto, é certo que ainda há muitos desafios e algumas dúvidas - propostas precisam ser aprovadas e há reformas a serem realizadas: o caminho para o crescimento sustentado será longo e bastante difícil.

Mesmo assim, o segmento da construção industrializada de concreto continua a seguir o seu caminho, investindo, acreditando e se transformando constantemente, por meio da adoção de novas tecnologias em materiais, componentes, equipamentos e até fomentando novas normalizações e requisitos, a fim de participarativamente do desenvolvimento da construção civil no Brasil e de caminhar em conjunto com todas as suas interfaces: projetistas, arquitetos e engenheiros, construtoras, incorporadoras, indústrias, fornecedores, academia, entidades e governo.

A sondagem da indústria das estruturas pré-fabricadas de concreto na íntegra encontra-se publicada no Anuário Abcic -2016. 



Normas brasileiras sobre BIM – parte 2: componentes BIM

EDUARDO TOLEDO SANTOS – PROFESSOR

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

WILTON SILVA CATELANI – COORDENADOR

ABNT/CEE-134

I. INTRODUÇÃO

 O processo básico de modelagem em aplicativos de autoria BIM é desenvolvido através da seleção de componentes em bibliotecas (internas do aplicativo, importadas ou criadas pelo próprio usuário). Uma vez escolhido, o componente é inserido e posicionado no modelo e, eventualmente, suas formas, dimensões e outros parâmetros configuráveis são ajustados.

Assim, deve haver componentes BIM para todos os elementos que compõem uma construção (blocos e sapatas, vigas, pilares e lajes, portas e janelas, pisos, paredes e forros, tubos e dutos, válvulas e luminárias, equipamentos e mobiliários, etc.). Se um componente BIM necessário não está disponível localmente, pode ser buscado em repositórios especializados ou no site do fabricante. Se ainda assim não puder ser obtido, deverá ser modelado antes que o elemento construtivo a que se refere possa ser inserido no modelo BIM.

Esta característica dos aplicativos BIM está diretamente ligada ao as-

pecto que mais diferencia essas ferramentas daquelas voltadas ao CAD: a semântica associada aos componentes. A informação do que é cada componente, isto é, seu tipo, é intrinsecamente associada a ele, desde sua criação. O tipo do componente determina suas propriedades, seu comportamento e sua associação aos demais elementos do modelo, seguindo regras formais¹. É a semântica, associada a essas regras - também denominadas “ontologia” - que permite aos aplicativos compreenderem o modelo BIM e desempenhar tarefas inteligentes baseadas no modelo.

Ao contrário do CAD, no BIM não é possível iniciar o projeto traçando um conjunto de linhas ou faces e, posteriormente, considerar² que estas constituem uma viga ou uma luminária, por exemplo (Figura 1). Assim, diferente do CAD, onde a criação passo a passo da representação de cada elemento é a forma natural de desenvolver e documentar um projeto completo, no BIM um projetista raramente deveria precisar modelar um novo componente,

normalmente apenas inserindo elementos prontos.

Se, por um lado, esta característica de “orientação a objeto”³ do BIM é a razão do seu enorme potencial e responsável pelo seu diferencial em relação aos paradigmas anteriores, por outro, sujeita a possibilidade de projetar em BIM à disponibilidade de componentes ou à habilidade de desenvolvê-los.

No Brasil, ainda poucos fabricantes iniciaram o desenvolvimento de bibliotecas de componentes BIM correspondentes ao seu catálogo de produtos. Muitos porque ainda desconhecem o que é BIM, outros porque ainda não consideram relevante a demanda dos projetistas por esse tipo de conteúdo e, ainda outros, porque não sabem como devem fazê-lo. A adoção de BIM no país segue em constante marcha e resolverá por si só os dois primeiros casos. Para a terceira situação, a melhor alternativa é o desenvolvimento de uma Norma Brasileira que dê diretrizes claras para aqueles que querem desenvolver componentes BIM para representarem, virtualmente,

¹ ESSAS REGRAS PODEM SER INTERNAS A CADA SOFTWARE OU COMPARTILHADAS PUBLICAMENTE, COMO NO ESQUEMA IFC.

² RECONHECER UM CONJUNTO DE LINHAS OU FACES COMO UM OBJETO (SEJA VIGA OU LUMINÁRIA) É UM PROCESSO COGNITIVO QUE ACONTECE FORA DO APLICATIVO - NA MENTE DE USUÁRIOS FAMILIARIZADOS COM A REPRESENTAÇÃO TÉCNICA - PRESCINDINDO DE INFORMAÇÃO EXPLÍCITA CONTIDA NO MODELO. NO CAD, É APENAS UM CONJUNTO DE FACES. NO BIM, INFORMAÇÕES ADICIONAIS EXPLICITAM SEU TIPO.

³ ORIENTAÇÃO A OBJETO: CONCEITO ORIGINARIAMENTE DA CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO, LIGADO A LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO EM QUE OS PROGRAMAS SÃO VISTOS COMO UM CONJUNTO DE COMPONENTES, QUE TÊM ESTADOS E COMPORTAMENTOS, E QUE SE COMUNICAM PARA REALIZAR TODAS AS FUNÇÕES DO SOFTWARE.

os produtos que oferecem no mercado brasileiro.

É sobre essa norma, já em desenvolvimento pela Comissão de Estudo Especial de Modelagem da Informação da Construção da ABNT (ABNT/CEE-134), que trata a segunda parte deste artigo (a primeira parte foi publicada na edição 84 da CONCRETO & Construções).

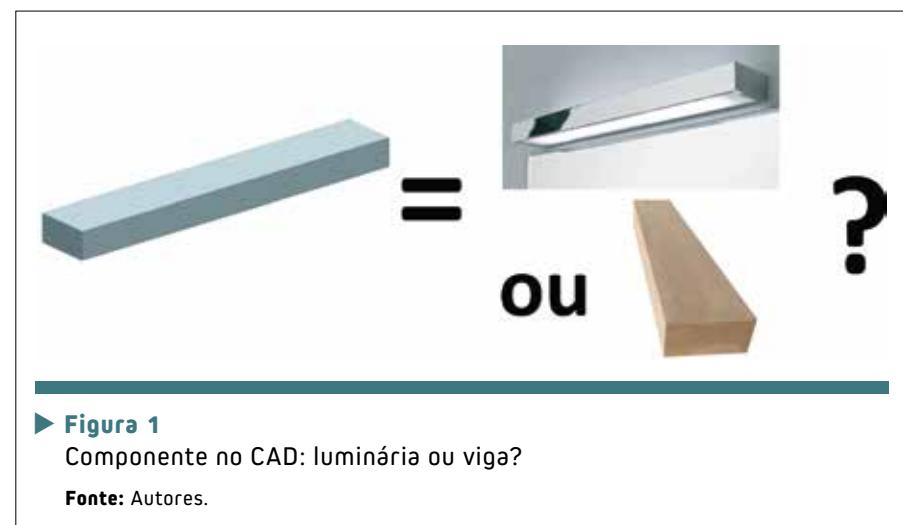
2. A NORMA DE DIRETRIZES PARA COMPONENTES BIM

A Norma de Componentes BIM é desenvolvida por um Grupo de Trabalho específico criado no âmbito da CEE-134 para este fim. Conta com a participação de especialistas nos diferentes usos de BIM, além de acadêmicos e representantes dos fabricantes dos principais aplicativos BIM disponíveis no Brasil.

2.1 Escopo

Esta norma terá, nesta primeira versão, escopo restrito a produtos específicos (i.e., não genéricos) e tal como são fornecidos por seus fabricantes ao mercado. Assim, é dirigida a fabricantes de produtos de construção e se refere a produtos modelados na forma de seu fornecimento (ex: blocos de concreto, mas não paredes de blocos de concreto; placas e montantes para drywall, mas não vedações em drywall já montadas; barras de 3m de tubos soldáveis de PVC de $\frac{3}{4}$ ", mas não trechos de tubulações já montadas). Outra limitação de escopo da primeira versão da norma é considerar apenas obras de edificações, não sendo focados produtos primariamente destinados a obras de infraestrutura.

É também importante salientar que a norma em desenvolvimento tratará somente do conteúdo de compo-



► **Figura 1**
Componente no CAD: luminária ou vigia?

Fonte: Autores.

tes virtuais para satisfazer determinados usos de BIM e que a descrição de como proceder para desenvolver esses usos não faz parte de seu escopo.

Dentre os aspectos normalizados encontram-se: parâmetros, nível de detalhamento da geometria, representação 2D, conectores e nomenclatura de componentes e arquivos.

Esta norma define a maior parte de seus requisitos em termos de sua definição em IFC – *Industry Foundation Classes* (norma ISO 16739:2013), isto é, a verificação da aderência à norma deverá ser feita através da análise de uma versão em formato IFC de um dado componente BIM, que sempre será gerado num formato nativo⁴ específico, escolhido pelo seu desenvolvedor.

Também serão considerados compatíveis com a norma em desenvolvimento os “componentes de software” (ex. ‘famílias’, componentes em formatos nativos de cada aplicativo específico, templates, plug ins, procedimentos, aplicativos, ferramentas, etc.) que forem capazes de produzir um componente BIM que atenda a todos os requisitos descritos por ela. Portanto, fabricantes poderão oferecer bibliotecas para apli-

cativos específicos, como Revit®, Archicad, Vectorworks®, AECOsim, etc., em seus formatos nativos e de forma compatível com a norma desde que seja possível, a partir deles, exportar um componente, em formato IFC, que seja aderente à norma. Representantes dos fabricantes, membros da CEE-134, estão comprometidos em preparar manuais específicos para seus aplicativos que orientarão seus usuários a como proceder para gerar componentes BIM compatíveis com a norma.

Os principais aspectos dos componentes BIM que são abordados pela norma, são os seguintes:

- **Parâmetros:** especificações ligadas ao produto e outras características necessárias para atender a um determinado uso BIM;
- **Geometria:** requisitos de detalhamento geométrico, às vezes máximo, às vezes mínimo;
- **Conectores:** representação de conexões que permitem ligar um componente a outros componentes, no processo de modelagem de sistemas prediais;
- **Representação 2D:** diretrizes para inclusão de representação de um

⁴ FORMATO NATIVO É O FORMATO ESPECÍFICO E PARTICULAR DE CADA APLICATIVO. Ex.: .RVT NO REVIT® E .PLN NO ARCHICAD.

componente quando visto em planta, corte ou elevação e detalhamento da sua representação em diferentes escalas.

2.2 Abordagem: por tipos de componente vs. por usos de BIM

Há poucas iniciativas internacionais visando definir diretrizes para o desenvolvimento de componentes BIM. Aquelas que tratam do assunto, ou

são muito vagas, normalizando poucos aspectos, ou fazem uma abordagem focada em ‘tipos de componentes’. Estas últimas procuram definir as características, especialmente parâmetros, para cada diferente tipo de componente (portas, luminárias, lavatórios, etc.). Como há milhares de tipos/subtipos de componentes variados, essa abordagem acaba resultando num esforço exaustivo, de longa duração e, inevitavelmente, incompleto.

O Grupo de Trabalho de Componentes BIM, por orientação de seu coordenador, adotou uma abordagem que procura determinar as características mínimas e necessárias a um determinado componente BIM através da resposta à seguinte pergunta: “A que uso(s) de BIM se destina o modelo onde o componente será inserido?”. Este enfoque é baseado na ideia de que a demanda de conteúdo geométrico e informacional integrado num componente é função do uso que se pretende dar ao modelo BIM no qual ele será incorporado, e é pouco influenciada pelo tipo de componente em si.

Outro aspecto a destacar é que, para definir os parâmetros que devem constar nos componentes para determinado uso, parte-se do pressuposto que a maioria das informações contidas num componente BIM é usada diretamente por aplicativos computacionais (por exemplo, para análises de engenharia - estrutural, energética, sustentabilidade, etc. - renderização, quantificação, etc.) e não pelos usuários. Ou seja, a referência é a viabilização de interações entre softwares e não entre seres humanos. Para os usuários, os fabricantes dispõem de recursos mais adequados para oferecer informação técnica de seus produtos – sites, catálogos eletrônicos ou impressos, etc. – do que os painéis de parâmetros dos aplicativos BIM, que dificultam a legibilidade e o acesso aos dados, bem como impossibilitam a inclusão de tipos mais sofisticados de informação (como ábacos, por exemplo). No exemplo da Figura 2, que mostra o painel de propriedades de um componente simples (um tubo), há mais de 40 parâmetros que só podem ser visualizados através da rolagem do painel. Assim, na determinação de quais parâmetros incluir num componente BIM, este aspecto deve ser considerado, evitando transformar o componente num “catálogo do produto”.



Figura 2
Painel de parâmetros de um componente em aplicativo BIM

Fonte: Autodesk® Revit® 2016, adaptado pelos autores.

Os membros do GT de Componentes se dividem em subgrupos, cada um responsável por um determinado uso de BIM. Há também um subgrupo para aspectos gerais, que congrega representantes dos principais fabricantes de software BIM nacionais e internacionais disponíveis no Brasil. Todas as decisões passam por este subgrupo geral para avaliação se podem ou não ser implementadas em seus aplicativos, pois de nada adiantaria uma norma que não pudesse ser utilizada na prática.

A primeira parte da norma tratará de características válidas para qualquer tipo de componente e uso de BIM, como a nomenclatura de arquivos e parâmetros gerais (fabricante, código de classificação, etc.). Cada uma das demais partes será focada em um determinado uso BIM.

2.3 Usos de BIM

Os usos de BIM focados pelo GT foram escolhidos em função de sua importância e frequência de utilização no Brasil, filtrados pelo critério da existência ou não de especialistas em seu atual quadro de colaboradores⁵.

Alguns usos, após estudos iniciais, já foram e ainda podem ser descartados para desenvolvimento pelo GT se for constatado que, devido às características particulares do mercado em que se desenvolve aquele uso, não há a necessidade de uso de componentes BIM, por uma ou outra razão. Por exemplo, foi confirmado que projetistas de estruturas de concreto – o público usuário primário de componentes BIM para o uso “Projeto de Estruturas de Concreto” - desenvolvem todos os componentes a partir de

componentes genéricos, de tipologia padronizada, com parâmetros internos dos aplicativos BIM, e que os fornecedores de componentes estruturais de concreto pré-fabricados têm flexibilidade para fornecer seus produtos de acordo com as necessidades de seus clientes, dentro da tipologia padrão, dispensando catálogos de peças prontas. Isso significa que, para esses usuários, na execução deste uso particular – Projeto de Estruturas de Concreto – não só a disponibilização de componentes prontos é desnecessária como também é inconveniente, pois é mais eficiente e eficaz utilizar-se o componente parametrizado genérico disponível nos seus aplicativos de projeto BIM. Embora não haja vantagens no desenvolvimento de objetos BIM especificamente para o uso “desenvolvimento de projeto de estruturas”, uma empresa (incorporadora ou construtora) que estiver contratando um projeto de estruturas, por exemplo, poderia exigir que os modelos BIM gerados fossem entregues com os objetos já ajustados e compatíveis a outros usos tratados por outras partes específicas desta norma como orçamentação e planejamento 4D, por exemplo.

O Quadro 1 mostra os usos de BIM abordados ou planejados pelo GT, bem como o estágio em que os trabalhos se encontram nesta data.

Está previsto que todos os componentes BIM tenham um parâmetro que indique para quais usos o componente teria sido preparado (i.e., quais partes da norma o objeto atenderia). Esse recurso faria com que fosse possível desenvolver uma regra de verificação automática que analisaria se todos os componentes de um modelo BIM estariam adequados e conformes para um

determinado uso – por exemplo, análise energética. Mesmo num caso em que nem todos os objetos utilizados num dado modelo BIM estejam conformes com as correspondentes necessidades mínimas, esta informação é valiosa para o profissional, que poderá, então, identificar mais facilmente e analisar os componentes deficientes e completá-los com as informações faltantes.

A abordagem da norma em desenvolvimento, organizada por tipos de usos de BIM, induz a criação de diversas versões de um mesmo componente BIM, cada uma delas voltada a atender a determinado uso. É claro que, nos casos em que os requisitos necessários para o atendimento de diferentes usos BIM não forem incompatíveis entre si e não causarem aumento significativo dos tamanhos dos arquivos (em bits), o desenvolvedor poderá decidir criar versões de componentes que atendam a mais de um uso.

2.4 Opção pelo IFC – *Industry Foundation Classes*

A exemplo da correspondente norma britânica (BS8541-4:2012) e também conforme o Guia *NBS BIM Object Standard* (RIBA, 2014), que regula a formatação de componentes para a *National BIM Library* do Reino Unido, a norma brasileira especifica diretrizes somente para a geração de componentes BIM no formato .ifc (derivado do padrão para o STEP, na norma ISO 10303-21).

A principal vantagem desta abordagem é que não é necessário especificar nomes para os parâmetros que são utilizados para caracterizar os componentes, já que os valores são

⁵ MEMBROS DA CEE-134 QUE PARTICIPAM, VOLUNTARIAMENTE, TANTO DAS REUNIÕES PLENÁRIAS MENSASIS, QUANTO DOS TRABALHOS REALIZADOS PELO GT FOCADO NO DESENVOLVIMENTO DE DIRETRIZES PARA CRIAÇÃO DE OBJETOS BIM.



► Quadro 1 – Usos de BIM e estado dos trabalhos dos subgrupos em janeiro/2017

Uso de BIM / subgrupo	Estado dos trabalhos
Planejamento 4D	Estudos finalizados – em redação
Análise energética	Estudos finalizados – em redação
Extração de quantidades para orçamento executivo	Em finalização
Concepção de sistemas prediais hidráulicos	Em desenvolvimento
Concepção de sistemas prediais elétricos	Em desenvolvimento
Concepção de sistemas AVAC/R	Desenvolvimento iniciado
Concepção de estruturas metálicas	Estudo de viabilidade
Concepção arquitetônica	Estudo de viabilidade
Análise de sustentabilidade	Estudo de viabilidade
Concepção de luminotécnica	Estudo de viabilidade
Concepção de estruturas de concreto	Uso analisado e descartado
Geração de documentação	Não iniciado
Detecção de interferências	Não iniciado
Visualização	Não iniciado
<i>As-built</i>	Não iniciado
Gerenciamento de <i>facilities</i>	Não iniciado
Comissionamento	Não iniciado

Fonte: Autores.

mapeados para classes IFC pré-definidas (e válidas internacionalmente). Aplicativos que já se utilizam de parâmetros mencionados na norma podem continuar a usá-los com o nome habitual, pois somente o mapeamento para IFC está especificado na norma. Também evita-se possível redundância (mesma informação em dois parâmetros com nomes diferentes), o que pode gerar inconsistência e aumento desnecessário do tamanho dos modelos e dos correspondentes arquivos criados.

A principal desvantagem é que não há interesse em disponibilizar para o

mercado componentes BIM apenas no formato IFC, pois esse formato ainda não suporta a parametrização de objetos (variações dimensionais, geométricas e de especificações, por exemplo). Como em todos os casos, o desenvolvimento de um novo componente BIM sempre parte da escolha e definição de um formato nativo e específico, o pressuposto é que os objetos desenvolvidos sejam oferecidos tanto nos formatos nativos em que foram desenvolvidos quanto em IFC.

3. CONCLUSÃO

A norma de diretrizes para criação

de componentes BIM visa incentivar os fabricantes a disponibilizar bibliotecas BIM de seus produtos, ao mesmo tempo em que procura garantir que as informações de produtos, necessárias aos vários usos de BIM, estejam disponíveis nos componentes.

Certamente será fator de incentivo e remoção de barreiras para que os fabricantes brasileiros de componentes para construção desenvolvam e disponibilizem bibliotecas BIM correspondentes aos catálogos dos seus produtos, a exemplo do que já fazem muitas indústrias do exterior. ♦

► REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [01] THE BRITISH STANDARDS INSTITUTION BS8541-4:2012 Library objects for architecture, engineering and construction – Part 4: Attributes for specification and assessment – Code of practice, 2012.
- [02] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION ISO 16739:2013 Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries, 2013.
- [03] RIBA NBS BIM Object Standard v1.3, 2014. Disponível em:< <https://www.nationalbimlibrary.com/nbs-bim-object-standard>>. Acesso em 23 jan. 2017.

Norma brasileira de requisitos e métodos de ensaios de galerias técnicas de concreto pré-moldado

ALÍRIO BRASIL GIMENEZ – ENGENHEIRO E COORDENADOR DA COMISSÃO DE ESTUDOS / DIRETOR TÉCNICO / SÓCIO DIRETOR

CE 18:600.25 | ABTC | FERMIX

Não é de hoje que problemas como poluição visual, riscos à sociedade e queda de energia devido a roubo de cabos, árvores caídas ou vias esburacadas são um problema para diversas cidades no país.

Essas ocorrências aumentaram significantemente nas últimas décadas em razão de fatores, tais como: aumento no consumo de serviços prestados pelas concessioná-

rias (eletricidade, telecomunicação, água, gás, transferência de dados, outros), ligações clandestinas, crescimento urbano desordenado, falta de regulamentação eficaz e a falta de planejamento.

A falta de planejamento nos grandes centros urbanos, onde as concessionárias decidem por soluções individualizadas em suas obras, traz grande poluição visual e reaberturas consecutivas de valas em vias já pa-

vimentadas, causando mais transtorno ao trânsito já caótico.

Os pavimentos flexíveis são dimensionados para uma expectativa de tempo de vida útil relativamente baixa e, com as aberturas frequentes de valas, este tempo é reduzido drasticamente, implicando em gastos consideráveis ao setor público, além do desconforto na utilização de nosso sistema viário.

Diante desse cenário caótico, as prefeituras sancionaram Leis, como a do Município de São Paulo (PMSP) - Lei 14.023/05 - que versa sobre a obrigatoriedade de tornar subterrâneo todo o cabeamento instalado a partir do ano de sua vigência e, também, sobre o enterramento de 250 km/ano da rede aérea existente de cada concessionária.

Porém, apesar da Lei ter sido sancionada, as concessionárias encontraram dificuldade na gestão de implantação do novo sistema. Então, a PMSP buscou referências de implantações dos sistemas subterrâneos em países como Suíça, Alemanha, Itália e Espanha e, com os materiais



► **Figura 1**
Postes em São Paulo. Acervo ABTC



em mãos, profissionais da PMSP procuraram a Associação Brasileira dos Fabricantes de Tubos de Concreto (ABTC) para auxiliar nas pesquisas e no desenvolvimento de peças, através de exemplos encontrados entre seus associados e que atenderiam à nova demanda que surgia.

A solução utilizada para redes subterrâneas em países desenvolvidos é chamada de galeria técnica. Esta solução evita acidentes com instalações expostas e minora substancialmente a poluição visual nas grandes cidades, possibilitando avançar no conceito de cidades inteligentes.

Então, os associados da ABTC apresentaram à PMSP as obras privadas existentes, nas quais utilizaram tubos e aduelas pré-moldados em concreto para compor as redes de galerias técnicas no Brasil. As redes eram estanques e recebiam diversas funções como, por exemplo, comunicação entre instalações em grandes recintos industriais e deslocamento em praças de pedágio, ao mesmo tempo em que abrigavam serviços de abastecimento elétrico, telecomunicação, água, esgoto, etc.

Assim, junto com a PMSP, surgiram os protótipos (Figuras 2 e 3) para apresentação às concessionárias.

I. MOTIVAÇÕES QUE LEVARAM À FORMAÇÃO DA COMISSÃO DE ESTUDOS

Durante as primeiras reuniões na PMSP, diversos aspectos foram questionados quanto à implantação das galerias técnicas, principalmente pelas concessionárias, potenciais consumidoras. Havia discussões sobre compartilhamento do mesmo recinto, serviços que poderiam ser colocados juntos ou não, formas de

assentamento, divisão do espaço interno e custos com a implantação.

Para sanar todas as discussões existentes e, também, a fim de que se tornasse um projeto democrático, no qual todos exporiam as suas ideias em conjunto, foi decidido desenvolver uma Norma ABNT, que reunisse especificações, requisitos e métodos de ensaio para todos os pré-moldados utilizados para abrigar qualquer tipo de rede, como peças circulares (tubos), retangulares (aduelas), poços de visita e inspeção, além de peças para cravação (método não destrutivo).

Para o desenvolvimento desta Norma, foram convidadas empresas de telefonia e telecomunicações, empresas fornecedoras de eletricidade, fabricantes de artefatos de concreto, fabricantes de estruturas pré-fabricadas de concreto, fabricantes de tubos e aduelas de concreto, fabricantes de insumos para a preparação de concreto armado e protendido, laboratórios de controle tecnológico, prefeituras, sindicatos da Construção Civil e Universidades de todo o país.

A ABTC ficou responsável em montar um texto base para início dos trabalhos e, assim, foi dado início aos estudos do projeto: “Galeria técnica pré-moldada em concreto para compartilhamento de infraestrutura e ordenamento do subsolo – Requisitos e métodos de ensaios”.

2. OS PRINCÍPIOS QUE BALIZARAM O TRABALHO

A Norma deveria estabelecer os requisitos mínimos exigíveis para a fabricação, controle da qualidade e aceitação de peças pré-moldadas e pré-fabricadas em concreto para execução de galerias técnicas. De-



► **Figura 2**
Protótipo galeria circular visitável

veria visar o ordenamento compartilhado ou não do subsolo, através da implantação de infraestrutura de serviços públicos ou privados, relacionados, por exemplo, com telecomunicação, telefonia, fibra ótica, água potável, gás, eletricidade e demais serviços correlatos.

O texto especifica todos os produtos pré-fabricados e/ou pré-moldados que podem ser utilizados na construção das “Galerias Técnicas”, estabelecendo as características



► **Figura 3**
Protótipo galeria retangular visitável



► **Figura 4**
Galeria Técnica produzida por um associado da ABTC

dos materiais, dimensões e tolerâncias, posição das armaduras, níveis dos acabamentos, critérios de aceitação ou rejeição e todos os requisitos e métodos de ensaios para avaliação do desempenho dos produtos acabados.

É importante salientar que o trabalho foi sobre especificação de produto, no caso, de galeria técnica, e não de projeto. Cabe aos profissionais da área o desenvolvimento dos projetos de implantação das Galerias Técnicas, atendendo às necessidades de utilização de cada situação específica, e para isto devem fazê-lo com base e pesquisa na nova Norma.

3. DISCUSSÕES OCORRIDAS NAS REUNIÕES E OS CONSENSOS ATINGIDOS, QUE CULMINARAM NO FORMATO FINAL DO PROJETO

O propósito original constituía no compartilhamento das redes de di-

ferentes concessionárias dentro de uma mesma galeria técnica. Outra premissa era que deveria haver espaço para manutenção e visitação de todas as redes, conforme os casos existentes (Figura 4).

Se um dos objetivos era otimizar custos de implantação, facilitar a ampliação e a manutenção das redes, a galeria compartilhada com espaço para visitação parecia uma boa opção, pois poderia ser dividida entre todas as concessionárias.

No entanto, este foi um grande impasse nas discussões.

Em obras privadas, diferentes serviços compartilhavam uma mesma galeria, porém, quando se tratava de uma rede em via pública, determinados serviços não poderiam compartilhar um mesmo espaço. Não por incompatibilidade de sistemas, mas sim por normas internas de cada empresa concessionária.

Outra questão polêmica foi quan-

to ao espaço para manutenção e visitação, o qual foi contemplado no texto inicial. A discussão foi baseada em argumentos que afirmavam que não era necessário um espaço para manutenção e visitação em toda a extensão da rede. Poderiam existir galerias que permitissem a visitação ou manutenção em alguns trechos, mas não na rede como um todo.

Em primeira instância foi também discutido o ordenamento do subsolo, dividido por tipologia de serviço prestado, conforme a Figura 5. Mas, no decorrer das reuniões, a orientação foi retirar do escopo do trabalho este assunto e estudar somente o produto, permitindo que a tecnologia avance e cada município possa criar suas próprias regras.

4. CONTEÚDOS PROPOSTOS NO PROJETO

A Norma ABNT NBR 16584 – “Galeria técnica pré-moldada em concreto para compartilhamento de infraestrutura e ordenamento do subsolo – Requisitos e métodos de ensaios” especifica as características dos materiais, parâmetros de dosagem, características do acabamento, método de cura, dimensões e tolerâncias, bem como critérios para inspeção, ensaios e parâmetros para aceitação de peças pré-moldadas e pré-fabricadas de concreto destinadas à execução das galerias técnicas.

Fazem parte do escopo do trabalho os seguintes elementos:

- Galeria Técnica de seção circular visitável;
- Galeria Técnica de seção circular visitável cravado (método não destrutivo);
- Galeria Técnica de seção circular não visitável;



- Galeria Técnica de seção circular não visitável cravado (método não destrutivo);
- Galeria Técnica de seção retangular visitável;
- Galeria Técnica de seção retangular não visitável;
- Galeria Técnica de outros formatos pré-fabricada;
- Poços de visita de seção circular;
- Poços de visita de seção retangular.

Todas as peças pré-moldadas utilizadas na composição de galerias técnicas são enquadradas na categoria de condutos rígidos, ou seja, devem suportar as cargas por sua própria resistência, com possibilidade ou não de sobrecargas accidentais móveis.

Toda galeria técnica com a menor dimensão interna maior ou igual a 1,50 m será considerada visitável.

As peças pré-moldadas em concreto que compõe as galerias técnicas de seção circular, visitáveis ou não, devem ser produzidas na forma de elementos de seção circular do tipo ponta/bolsa ou macho/fêmea, com ou sem junta elástica.

Já as peças pré-moldadas em concreto que compõe as galerias técnicas de seção retangular devem ser produzidas na forma de elementos de seção retangular, fechadas ou abertas, com ou sem mísulas internas e com sistema de encaixe tipo macho-fêmea. Essas peças, quando componentes de sistemas visitáveis, são dimensionadas estruturalmente com base na ABNT NBR 9062 e na ABNT NBR 6118, pois são estruturas autoportantes.

5. ETAPAS DE TRAMITAÇÃO DO PROJETO

Os trabalhos de normalização foram desenvolvidos pela



► **Figura 5**

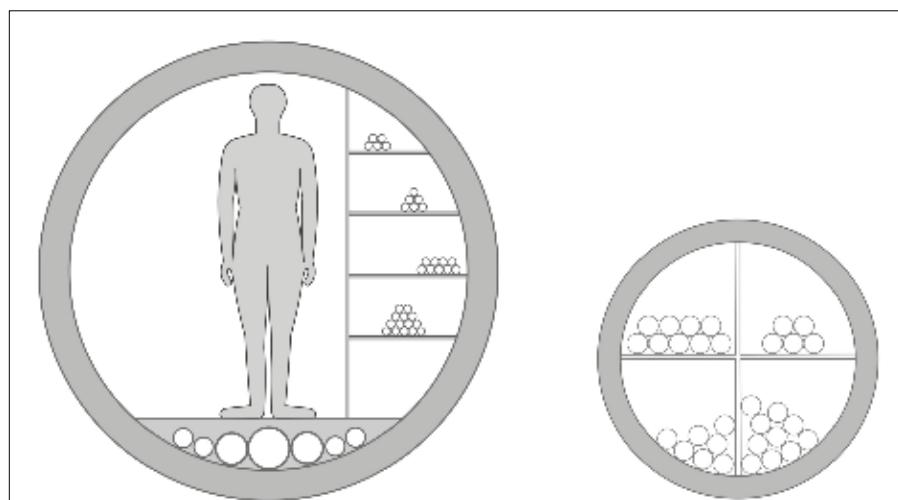
Exemplo de Galeria Técnica formada por peças circulares de cravação, separados por tipologias

CE 18:600.25 – Comissão de Estudo de Galerias Técnicas, do Comitê Brasileiro de Cimento, Concreto e Agregados da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT/CB-18) e o texto-base do Projeto de Norma foi elaborado pela ABTC, conforme mencionado anteriormente neste artigo.

A Comissão de Estudo iniciou os tra-

balhos em 27.01.2016 e, ao todo, foram realizadas seis reuniões, com duração de um dia inteiro de trabalho cada, para discussão e aprovação do Projeto de Norma antes de seu envio para o processo de Consulta Nacional pela ABNT.

Participaram da Comissão de Estudo 66 (sessenta e seis) profissionais, que representaram 48 (quarenta e



► **Figura 6**

Exemplos de Galerias Técnicas formadas por peças circulares visitáveis e não visitáveis

e oito) empresas e entidades, reunindo produtores, consumidores e neutros, de diversos estados brasileiros, nas discussões realizadas.

A Consulta Nacional foi realizada no período de 20.12.2016 a 17.02.2017, tendo sido recebidos 28 (vinte e oito) votos de aprovação sem restrições e apenas um voto com uma sugestão de aprimoramento do Projeto.

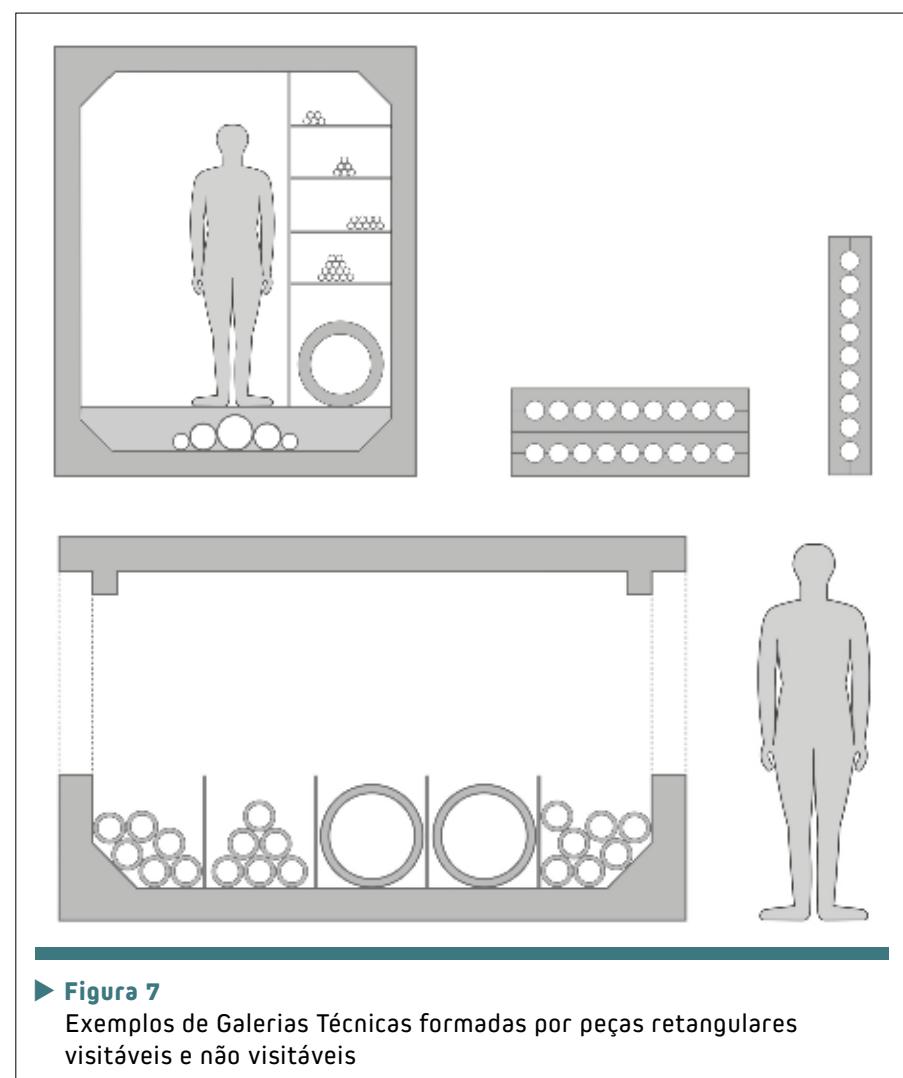
A reunião de análise dos votos da Consulta Nacional será realizada em 15.03.2017 e a previsão é que a Norma Brasileira ABNT NBR 16584:2017 seja publicada no mês de abril deste ano, sendo válida em todo o território nacional desde a data de sua publicação.

6. CONCLUSÃO

Esta Norma foi feita com o objetivo de auxiliar os setores públicos e privados no controle tecnológico das peças pré-moldadas utilizadas na composição de galerias técnicas.

Esperamos que a publicação desta Norma possa fomentar, além do controle tecnológico, a execução do enterramento de redes aéreas e a composição do subsolo de forma ordenada, a fim de dirimir problemas com a prestação de serviço, reabertura de valas e poluição visual.

Por fim, esperamos que esta Norma tenha grande divulgação no meio técnico e no setor público e que possa ser analisada pelas autoridades competentes com a visão de administradores que busquem soluções



► **Figura 7**

Exemplos de Galerias Técnicas formadas por peças retangulares visitáveis e não visitáveis

inovadoras, desenvolvimentistas e definitivas, sempre com a responsabilidade requerida, principalmente na gestão dos recursos públicos.

7. AGRADECIMENTOS

Agradecemos, primeiramente e principalmente, a todas as pessoas que contribuíram com o desenvolvimento deste projeto. Pessoas que dedicaram seu tempo e esforços para participarem voluntariamente das reuniões, propiciando discussões

sóes produtivas em conjunto, que culminaram para o melhor resultado deste projeto.

Agradecemos também a Engª. Inês Battagin, Superintendente do CB-18/ ABNT, por nortear os trabalhos dessa comissão e por sempre estar à disposição para esclarecer as mais diversas dúvidas.

Por fim, agradecemos a todos os Associados da ABTC que se fizeram presentes nas reuniões e apoiaram a Associação em mais este projeto. ☺

► REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [01] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT NBR 6118. Projeto de estruturas de concreto – Procedimento, 2014.
- [02] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT NBR 9062 - Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado, 2006.

A nova estrutura curricular para o ensino de Engenharia Civil na Poli-USP

JOSÉ TADEU BALBO – PROFESSOR | CHEFE DE DEPARTAMENTO DE ENSINO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES

ESCOLA POLITÉCNICA DA USP

I. INTRODUÇÃO

Em outubro de 2016, durante o 58º Congresso Brasileiro do Concreto, ocorreu o I Seminário sobre o Ensino de Engenharia Civil, realizado conjuntamente pelo IBRACON e o Instituto IDD, tendo contado com apoio institucional da ALCONPAT, da ABENGE, do Instituto Ermínia Sant'Ana e da PhD Engenharia, quando tivemos a oportunidade de apresentar conferência versando sobre “Competências dos egressos da Escola Politécnica da USP: bases conceituais para uma nova estrutura curricular em engenharia civil”.

Na realidade, o processo de modificação curricular com ampla discussão de competências e de participação do discente em sua própria formação envolve todas as habilitações em engenharia da Escola Politécnica da USP (EPUSP), de modo sistemático e coletivo. Dentro das limitações de extensão para o texto, apresenta-se aqui a nova estrutura curricular do Curso de Engenharia Civil, sendo que os aspectos políticos e pedagógicos (sumarizados) que a contornam são disponíveis no didático documento preparado pelo corpo discente para a matrícula de ingressantes nas diversas habilitações (http://cecpoliusp.com.br/pdf/Guia_de_Matricula_EC3.pdf) ou mais detalhadamente no documento “Projeto

Político Pedagógico – Estrutura Curricular 3 – Versão 2014 – Habilitação em Engenharia Civil” da Comissão de Coordenação de Curso da Engenharia Civil (http://ec3.polignu.org/wp-content/uploads/2013/04/B_EngCivil_1_PPP-Eng-Civil-EC3-2014-Vers%C3%A3o-Entregue.pdf). Não serão tratados aqui os amplos aspectos de psicologia da educação que nortearam os trabalhos para o desenvolvimento da EC-3, bastando nos referir aos princípios básicos propostos por Benjamin S. Bloom (Taxonomia de Bloom), psicólogo da educação americano.

2. OS QUESTIONAMENTOS E DEBATES ANTERIORES À NOVA ESTRUTURA

Testemunhando como docente da EPUSP há quase três décadas, em comunhão com o colegiado de professores, por muitas vezes surgiram debates dispersos no corpo docente sobre se o curso de fato dá conteúdo moderno e sólido para o estudante que se insere em um mercado de trabalho muito mais amplo que no passado, vindo a exercer funções que transcendiam o ensino formal de engenharia. Esse tipo de questionamento pode ser salutar em um ambiente acadêmico de ensino onde, anualmente, grandes instituições financeiras realizam pro-

vas de seleção para programas *trainee* de engenheiros júniores. Natural, então, emergir das discussões a necessidade (ou não) de futuros engenheiros cursarem Marketing, Comunicação, Relações Humanas, Relações de Trabalho, Contratos Empresariais, Economia Financeira, Macroeconomia, por aí a fora.

Será que de fato introduzir conteúdos desse tipo em cursos de engenharia em detrimento de demais conteúdos básicos e tecnológicos faria sentido? É real que esse tipo de crítica construtiva às “lacunas” de um curso em uma era moderna vinha também do setor produtivo?

Por outro lado, as críticas de alunos eram mais difusas quanto aos conteúdos (na maioria das vezes, os alunos de engenharia ingressam nos cursos sem ter um conhecimento mais sólido sobre o que realmente o curso oferece), julgando-os muito rígidos. Exemplo disso foi um colega (um veterano meu), ao final dos anos 70, que criticava bastante os excessivos trabalhos de campo e de horas expositivas de uma disciplina de Topografia: ele argumentava que se deveria dar um diploma de topógrafo ao final do 2º ano de Engenharia Civil. Na realidade, o caso é útil para exemplificar que as críticas às vezes são mal fundamentadas. Logo no início de minha vida profissional, em locação de rodovia de

80 km, com todo seu relevo, curvas, rampas, cortes e aterros, ficou claro para mim que meu conhecimento da disciplina era básico para acompanhar e discutir as metodologias de levantamentos, bem como os cálculos de fechamento: quem de fato era especialista era exatamente o topógrafo!

Mas, por outro lado, a estrutura de ensino como um todo e seus conteúdos não estariam especializando demais os estudantes? E os conteúdos, assim, não se tornavam muito rígidos? Em pedagogia se sabe, ao menos em tese, que um curso pode melhorar bastante em alguns aspectos caso no primeiro momento de aula o docente avalie as expectativas dos alunos sobre o aprendizado na disciplina e tenha a flexibilidade de alterar positivamente o curso. No entanto, isso não é de fato algo muito factível, pois há uma sequência lógica do passo a passo no ensino-aprendizado de engenharia, que, ao final, encaminha o estudante para os conteúdos tecnológicos de uma habilitação.

Ainda em finais dos anos 90, essas questões permeavam discussões de docentes e discentes, de tal sorte que foram tomando corpo dentro de diversas comissões da EPUSP, sendo que algumas respostas e dúvidas foram emergindo. Uma escola de engenharia deve formar engenheiros para atuar como ponte entre a ciência e as comunidades, de tal maneira a habilitar jovens a desempenharem a inexoravelmente necessária missão de desenvolver infraestrutura e serviços para o progresso e bem-estar social. Essa foi uma resposta inicialmente pensada, que poderia ser tomada como reacionária. Mas foi acompanhada com consciência por mentes que entendiam ser salutar uma grande mudança que permitisse ao estudante inserido em um mundo globalizado per-

ceber, buscar e desenvolver habilidades que julgue necessárias para si mesmo em suas atividades futuras. Ou que permitissem ao estudante uma imersão mais difusa no infundável mundo do conhecimento (academia ou universidade).

Mas como fazer isso? Aumentando o tempo de formação? Definitivamente não!

A resposta estaria na análise do que se dava de conteúdo em uma habilitação na EPUSP e o que estudantes tinham de conteúdo em uma mesma habilitação em uma escola de engenharia de ponta, de destaque internacional. Seria possível enquadrar esse tipo de formação, ajustando de modo salutar e inteligente, à carga horária exigida para cursos de formação superior de cinco anos: 3.600 a 4.000 horas, conforme exigências da Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação do Ministério da Educação (Resolução nº 2, de 18 de junho de 2007)?

Sim, era possível. Mas uma escola de tal porte, composta de docentes muito reflexivos, deveria ser aberta, em especial a três grupos: o corpo discente (considerados atuais e ex-alunos); ao mundo corporativo público e privado externo; ao corpo docente (quem mais discutia a questão, ao final das contas). Para atendimento de demandas e sugestões do primeiro e do terceiro grupo, além de debates abertos e em diversas circunstâncias a partir de 2009, foi criada uma página no sítio da EPUSP para recepção das mais amplas e difusas ideias sobre como melhorar, como alterar, como evoluir, como universalizar. O segundo grupo foi ouvido em diversas reuniões internas e abertas, tendo sido denominado de “Comissão de Notáveis”, que incluiu um dos fundadores da EMBRAER, um reitor de centro tecnológico federal de engenharia de elevadíssimo nível no Brasil, um especialista em educação à distância, dentre outros.

Todos os trabalhos foram centralizados na Comissão de Graduação (CG) da EPUSP, tendo em seu início como presidente o Prof. Paul Jean Etienne Jeszensky e, posteriormente, para a conclusão dos trabalhos e início de implantação dessa nova estrutura curricular, o Prof. Francisco Ferreira Cardoso. O autor desse artigo era o vice-presidente da comissão no início dos trabalhos para elaboração de uma nova estrutura curricular.

3. AS IDEIAS-CHAVE

A CG-EPUSP tomou como fundamentais para uma mudança evolutiva da estrutura curricular diversas ideias-chave ou princípios:

- ▶ Ao aluno será dada a formação de Engenheiro;
- ▶ Ao aluno será dada sólida formação em Ciências Básicas; essa formação ocorrerá ao longo dos cinco primeiros semestres;
- ▶ O aluno terá contato com disciplinas de habilitação já logo em seu ingresso (no 1º ano do curso);
- ▶ O aluno terá contato com Ciências de Engenharia já logo em seu ingresso (no 1º ano do curso); essa formação ocorrerá ao longo do primeiro ao oitavo semestre;
- ▶ A habilitação na modalidade será completada em oito semestres, portanto, em quatro anos, atendendo à carga horária mínima legal;
- ▶ Ao aluno será aberta a escolha de nove disciplinas optativas livres (à sua livre escolha) em qualquer curso da USP;
- ▶ O 5º ano é um Módulo de Formatura em alguma modalidade desejada;
- ▶ Não ocorriam mais de 28 horas de aulas semanais até o 7º semestre;
- ▶ O 8º semestre totalizaria 24 horas de aulas semanais;



- ▶ Os 9º e 10º semestres compreenderiam 20 horas de aulas semanais;
- ▶ O Trabalho de Formatura seria realizado na modalidade de Habilitação até o 4º ano;
- ▶ O Módulo de Formatura poderia ser o Mestrado (completar créditos de mestrado e o exame de qualificação em qualquer modalidade de engenharia).

Na figura 1 é apresentada a estrutura básica para qualquer curso de engenharia na EPUSP dentro dos princípios acima expostos.

4. FLEXIBILIDADE E MOBILIDADE NA FORMAÇÃO DE ENGENHEIROS

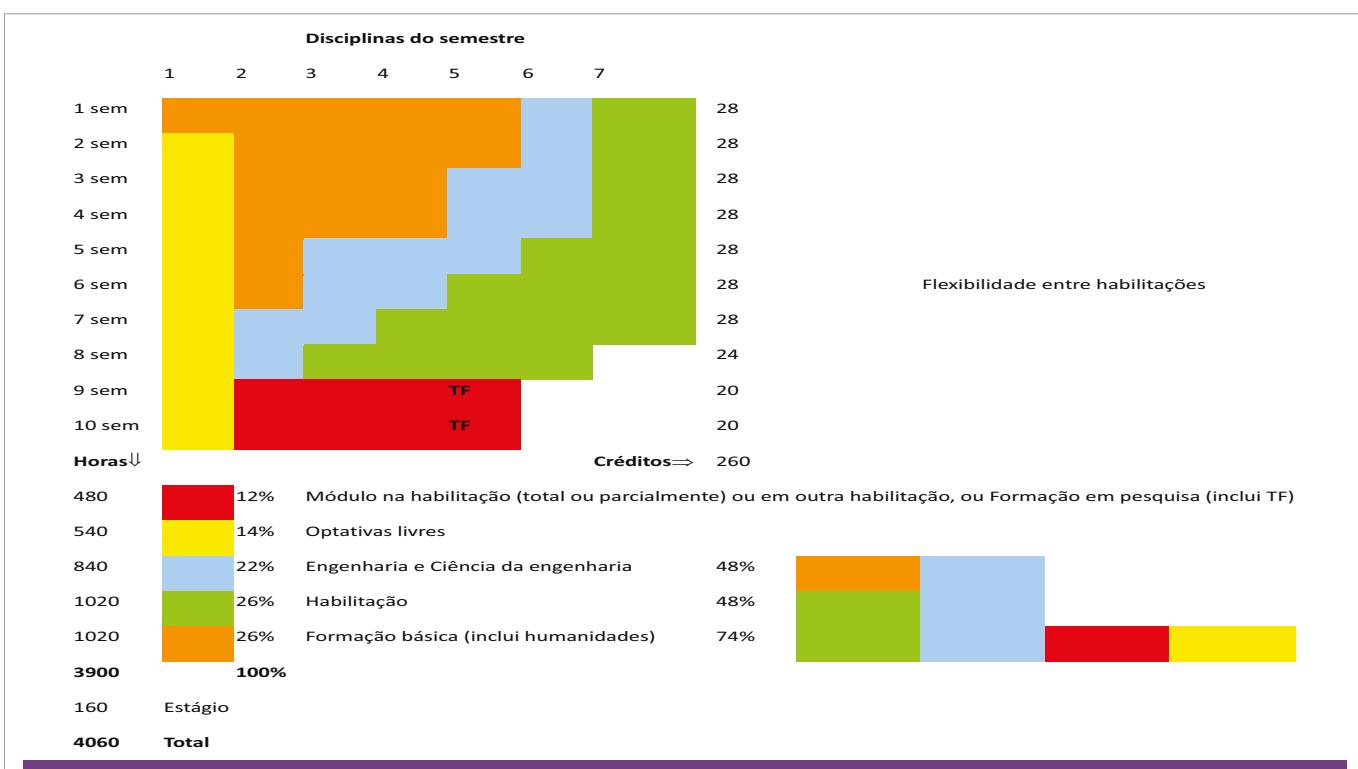
Há que se considerar, dentre os princípios acima, que existem dois diferenciais importantes: a flexibilidade e a mobilidade. A flexibilidade do aluno em realizar aproximadamente 14% dos créditos à sua li-

vre escolha é um salto no atendimento de uma demanda dos alunos ao longo dos anos de que as optativas não fossem eleitivas, ou seja, predeterminadas em uma estrutura curricular (rígida). Isso permite que ele faça ao menos nove disciplinas, não especificadas na grade de formação, fora da EPUSP, em qualquer outro instituto ou unidade de ensino da USP. Mas há também vários docentes da EPUSP que se esforçam em oferecer novas disciplinas optativas livres para os alunos que desejarem determinados conceitos tecnológicos em engenharia. Qualquer disciplina de grade de formação na EPUSP pode ser considerada como optativa livre, desde que vagas sejam reservadas para atender a essa demanda.

Todavia, o acima exposto não retrata apenas flexibilidade, mas também a mobilidade interna na Universidade, promovida pela alteração curricular. Há alunos de engenharia civil, conforme mi-

nhas enquetes, cursando disciplinas no Instituto de Matemática e Estatística, na Faculdade de Economia e Administração, na Faculdade de Direito, na Escola de Comunicações e Artes, na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Há também muitos deles fazendo essas disciplinas livres dentro da própria EPUSP, em sua habilitação ou em outra habilitação. Ok... mobilidade; um passo cumprido!

Porém, a grande mobilidade pode ser pensada como sendo o quinto ano, que é o módulo de formatura, uma grande novidade para a formação de engenheiros. Até o final do quarto ano o aluno deve cumprir todas as disciplinas obrigatórias para sua formatura em uma dada habilitação. E depois? O aluno faz o que quer ou continua na engenharia civil, por exemplo? Há muitas respostas sobre o quinto ano. O aluno inscreve-se para um módulo de formatura, que pode ser em sua habilitação original (civil) ou relacionada a



► **Figura 1**
Estrutura básica dos cursos de engenharia civil da EPUSP

► Tabela 1 – Módulos básicos de formatura e suas disciplinas na área de Engenharia Civil

Módulo de formatura	Disciplinas oferecidas
Construção civil e urbana	Tecnologia da Construção Pesada
	Construção de Infraestruturas
	Economia e Mercado Imobiliário
	Alvenaria Estrutural
	Gerenciamento de Projetos de Edificações
	Edifício e o Ambiente
	Inovações na Construção de Edifícios
	Ciência e Tecnologia
	Simulação de Energia em Edifícios
	Reciclagem – Materiais e Componentes
	Concepção, Projeto e Construção
	Racionalização do Projeto
	Projeto de Estruturas Marítimas
	Tópicos Especiais em Solos e Rochas
	Método dos Elementos Finitos
Estruturas e geotécnica	Modelagem e Simulação Computacional
	Aleatoriedade e Incerteza: Modelagem e Impactos em Decisões de Engenharia
	Projeto de Estruturas contra Incêndios
	Concepção, Projeto e Construção de Estruturas: Aspectos Históricos
	Empreendedorismo e Modelos de Negócios
	Mecânica dos Meios Contínuos
	Poluição dos Solos
	Modelagem em Engenharia Civil e Ambiental
	Gerenciamento Ambiental de Obras Hidráulicas
	Saneamento Ambiental
Hidráulica e ambiental	Sistemas de Abastecimento de Águas Urbanas
	Gerenciamento de Recursos Hídricos
	Tratamento de Águas de Reuso Industrial
	Eficiência Ambiental na Indústria
	Tecnologia para Tratamento de Resíduos Sólidos
	Gerência de Pavimentos
	Avaliação e Manutenção de Pavimentos
	Logística
	Transporte Aéreo
	Engenharia de Tráfego
Transportes	Transporte Público Urbano
	Fundamentos dos Sistemas Inteligentes de Transportes
	GNSS e suas Aplicações em Engenharia
	Projeções Cartográficas para Planejamento e Projetos em Engenharia

outra habilitação (existem também módulos interdepartamentais). Na engenharia civil serão oferecidos os módulos básicos da Tabela 1, listados com as disciplinas que o compõem; há possibilidade de escolha de disciplinas, que, em geral, são nove. No módulo de formação em Transportes, por exemplo, são nove disciplinas e um terço delas pode ser substituído por outras, inclusive de outros módulos, que apresentem pertinência ou relevância para a Engenharia de Transportes.

Os demais módulos de formatura, em processo de formalização para implantação no ano de 2018 (último ano da primeira turma de ingressantes na EC-3), devendo ser aprovados até março de 2017 e ainda sujeitos a alterações e complementações, serão (em princípio), os enumerados na Tabela 2.

Trocando em miúdos: a formação devida para a habilitação do engenheiro civil ocorrerá até o final do 8º semestre do curso; no último ano o aluno cumpre o seu trabalho de formatura na habilitação escolhida até o final do quarto ano; e também realiza dois semestres de estágio supervisionado em engenharia. As disciplinas para o quinto ano serão aquelas do módulo escolhido (para o qual foi selecionado). Se o aluno desejar continuar sua formação em disciplinas típicas da engenharia civil, seguirá um dos oito módulos de formatura listados na tabela 2 (da primeira à oitava linha da tabela). Caso o aluno de Civil deseje obter conhecimentos de engenharia em Energia, deverá se inscrever para cursar o módulo de Energia e Automação Elétricas (para alunos de outras habilitações). Ou, exemplificando, o módulo em Engenharia Automotiva, oferecido por vários departamentos; ou qualquer um dos demais dentro dessa área. Como módulo de formação poderão ainda ser fixados os duplos diplomas com instituições de ensino estrangeiras

(já completamos mais de mil duplos-diplomas na EPUSP) e o programa de dupla formação FAU-POLI.

Por fim, existe a possibilidade de, ao final do 4º ano, o aluno ingressar na pós-graduação em alguma modalidade de engenharia da EPUSP (onde existem 22 modalidades) e cumprir os créditos de Mestrado (seis disciplinas) e o exame de qualificação com o projeto de dissertação de mestrado. A conclusão do mestrado será uma escolha do estudante após sua graduação; portanto, não obrigatória. O módulo de formatura como mestrado está atualmente em formatação final para que não ocorram sobreposições entre regimentos internos e legislações diferenciadas.

5. CONCLUSÃO

A nova Estrutura curricular de graduação da Escola Politécnica da USP mobilizou anos de discussão, sistematização e compatibilização de interesses e visões difusas sobre o ideal de formação de um engenheiro moderno. De certa maneira, aproxima-se de grades de formação de grandes escolas de engenharia norte-americanas e também de critérios de formação de engenheiros estabelecidos pelo Tratado de Bolonha na União Europeia.

Todas as mudanças são difíceis, exigindo resiliência e dedicação em sua implantação. A EC-3 teve início em 2014 e a primeira turma nessa estrutura de curso de engenharia se graduará ao final de 2018. A flexibilidade e mobilidade desejadas no passado foram atingidas, devendo ser ampliadas por meio de negociações entre comissões de graduação da EPUSP e das demais unidades da USP, visando uma grande abertura do mundo acadêmico à participação na formação de engenheiros politécnicos. Afinal, com engenheiros altamente capacitados em todas as habilidades e fortemente comprometidos com a sociedade, cria-se um mundo com indústria de transformação

► Tabela 2 – Módulos básicos de formatura nas áreas da Engenharia

Habilitação / Departamento de ensino	Módulo de formatura oferecido
Civil/Hidráulica e Ambiental	Gestão Ambiental
Civil/Hidráulica e Ambiental	Engenharia Sanitária
Civil/Hidráulica e Ambiental	Obras de Infraestrutura Hidráulica
Civil/Construção Civil	Gestão da Produção
Civil/Construção Civil	Sustentabilidade, Gestão e Economia Setorial
Civil/Estruturas e Geotécnica	Projeto e Obras de Infraestrutura
Civil/Transportes	Engenharia de Transportes
Civil/Interdepartamental	Planejamento, Gestão e Infraestrutura de Cidades
Elétrica/Computação	Engenharia de Computação (semestral e quadrienal)
Elétrica/Computação	Engenharia de Computação (semestral para outras habilitações)
Elétrica/Energia e Automação	Energia e Automação Elétricas
Elétrica/Energia e Automação	Energia e Automação Elétricas (para outras habilitações)
Elétrica/Energia e Automação	Automação e Controle Avançados
Elétrica/Sistemas Integráveis	Sistemas Eletrônicos Avançados
Elétrica/Sistemas Integráveis	Eletroônica e Sistemas (para outras habilitações)
Elétrica/Telecomunicações	Aprofundamento em Telecomunicações
Elétrica/Telecomunicações	Telecomunicações (para outras habilitações)
Elétrica/Telecomunicações	Processamento Digital de Sinais (para outras habilitações)
Elétrica/Automação e Controle	Controle Aplicado e Industrial (para outras habilitações)
Metalurgia	Processamento de Materiais Metálicos
Materiais	Processamento de Materiais Cerâmicos e Poliméricos
Mecatrônica	Mecatrônica
Mecatrônica	Mecatrônica (para outras habilitações)
Minas	Lavra
Minas	Tratamento de Minérios
Naval	Engenharia Naval e Oceânica
Petróleo	Engenharia de Petróleo
Produção	Engenharia de Produção
Produção	Engenharia de Produção (para outras habilitações)
Química	Engenharia Química
Interdepartamental	Engenharia Automotiva
Interdepartamental	Engenharia Biomédica

(siderúrgica, mineral, têxtil, alimentos, farmacêutica); com automóveis, aviões, embarcações, rodovias, linhas de metrôs e férreas; com computadores e telecomunicações, smartphones e smart TVs; com tratamento de águas e esgotos; com fornecimento de energia elétrica; com medicina de alta tecnologia (tomografia, ressonância magnética, aparelhos médicos de suporte à vida), etc., etc., etc.

A mudança proposta pode ainda não ser o ideal de formação; mas é altamente meritória na busca do aperfeiçoamento profissional de engenheiros em um mundo interdisciplinar. O que se colhe hoje teve seu início de reflexão há mais de duas décadas. Aperfeiçoamentos virão no futuro sempre com foco em proporcionar uma formação de excelência aos engenheiros egressos da EPUSP. ➔



Avaliação da integridade de estacas de concreto através de *cross-hole* com análise tomográfica

ALESSANDER C. M. KORMANN – DOUTOR, PROFESSOR

LARISSA DE BRUM PASSINI – DOUTORA, PÓS-DOUTORANDA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ (UFPR)

LAÍSA BERNO BENETTI – MESTRE, CORPO TÉCNICO

FUGRO IN SITU GEOTECNIA

I. INTRODUÇÃO

Estacas concretadas *in loco* são frequentemente projetadas para resistir a grandes cargas de projeto, sendo vantajosas do ponto de vista econômico, como também quanto à sua adaptabilidade em diferentes perfis geológico-geotécnicos e locais em que vibrações e ruídos devem ser limitados.

No entanto, nem todos os métodos de execução deste tipo de estaca possuem um monitoramento que assegure a continuidade e uniformidade do fuste. Os riscos construtivos envolvem a ocorrência de defeitos, que podem ser tanto causados pela influência das condições do local durante a execução da estaca (i.e., interferência do lençol freático e condições do solo), como também por deficiências relacionadas ao processo de concretagem, que podem resultar em estrangulamento do fuste devido a intrusões de solo ou vazios, armadura exposta, segregação do concreto e mistura do mesmo com fluido estabilizante. Em razão disso, torna-se de extrema importância a avaliação da

integridade das estacas de forma prática e eficaz.

Existem vários métodos pelos quais essa avaliação pode ser conduzida, porém nenhum método por si só é suficiente para avaliar a totalidade do elemento de fundação. Por exemplo, pode ser realizada escavação do terreno com limitação da profundidade e verificação parcial do fuste, execução de sondagens rotativas com extração de testemunhos do concreto das estacas, e a realização de provas de carga estática ou dinâmica.

De acordo com Kormann *et al.* (2009), a tendência internacional tem contemplado o desenvolvimento de métodos indiretos e não destrutivos para este fim, como o ensaio de integridade (PIT) e o *cross-hole sonic logging* (CSL).

A realização conjunta de múltiplos ensaios em uma só estaca seria uma solução, mas, na prática, não é um procedimento viável economicamente.

Hajali & Abishdid (2014) afirmam que muitas vezes altos fatores de segurança são aplicados, os quais levam em consideração incertezas diversas.

Tais fatores de segurança podem ser minorados, sem afetar o desempenho pretendido, a partir da realização de ensaios que verificam as condições estruturais da fundação.

Com o objetivo de disseminar o conhecimento, neste trabalho são apresentados três casos de obra, nos quais foram executados ensaios não-destrutivos do tipo *cross-hole sonic logging* (CSL) em estacas de concreto moldadas *in loco*.

2. ENSAIO CROSS-HOLE

A avaliação da integridade das fundações profundas moldadas *in loco* pode ser realizada por meio de métodos não destrutivos baseados na teoria da propagação da onda. Esses métodos determinam a velocidade de onda no material da estaca, velocidade esta que é função da qualidade e resistência do material (White *et al.*, 2008).

Embora o ensaio *cross-hole sonic logging* (CSL) tenha sido concebido para ser empregado em estacas escavadas, sua aplicação pode ser estendida a elementos estruturais em que haja

necessidade de verificar em detalhe a qualidade da concretagem (Kormann et al., 2009).

Para a realização do ensaio, tubos de acesso dispostos em arranjo circular, paralelos entre si, devem ser instalados próximo à periferia da estaca. Geralmente são fixados na armadura longitudinal, podendo ser constituídos de material plástico ou metálico. Os tubos metálicos são preferenciais aos plásticos devido à sua melhor aderência ao concreto, também por sofrer menor influência no processo de cura do concreto (o material plástico pode deformar com o calor e eventualmente dificultar a passagem das sondas). Os tubos, particularmente os de PVC, devem ser preenchidos com água por ocasião da concretagem com o intuito de minimizar a ações de efeitos térmicos. O funcionamento das sondas emissoras e receptoras de ultrassom também requer a presença de água no interior dos tubos. O número total de tubos de acesso depende tipicamente do diâmetro da estaca (geralmente, um tubo para cada 25-35 cm de diâmetro da estaca ensaiada).

Uma sonda transmissora e uma sonda receptora são posicionadas no fundo de dois tubos. Em uma sonda transmissora, pulsos elétricos são convertidos em ondas ultrassônicas, as quais são captadas por uma sonda receptora e convertidas novamente em sinais elétricos. As medições da transmissão de sinal dos pulsos elétricos são armazenadas em uma unidade de controle e aquisição de dados na superfície (Antoniutti Neto et al., 2004), denominada *Cross Hole Analyzer* (CHA), conforme PDI (2004).

Os registros são realizados a cada 5,0 cm aproximadamente, como as sondas sendo levantadas para a parte superior da estaca. Os cabos ligados

às sondas são puxados, manual ou mecanicamente, através de roldanas codificadoras calibradas, que podem determinar com precisão a profundidade da sonda durante o ensaio. As leituras coletadas a partir de um tubo em relação a outro são chamadas de “perfil”. São coletados perfis de todas as combinações de tubos possíveis. O método de ensaio é descrito em norma americana ASTM D6760 (2016). A Figura 1 apresenta um esquema do funcionamento do ensaio CSL, conforme Kormann et al. (2009).

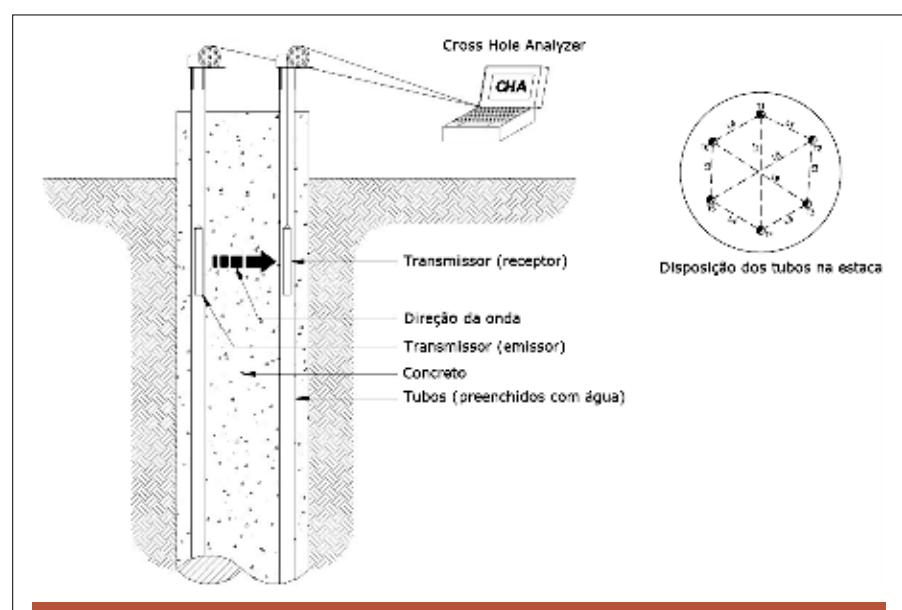
A sensibilidade da medição das ondas é alta, sendo possível detectar o tempo de trajeto de pulsos sônicos emitidos a até 3,0 m de distância entre um tubo de acesso e outro (i.e., velocidade da onda no concreto), o que permite a realização deste ensaio, por exemplo, em estruturas de parede diafragma.

É possível ainda a realização de ensaios em estacas de pequeno diâmetro, que se denomina *single-hole sonic logging* (SSL). Nesse caso, faz-se uso de apenas um tubo previamente ins-

talado no interior da fundação, o qual recebe a sonda transmissora e a sonda receptora, uma sobre a outra, separadas por uma distância conhecida e constante. Neste caso é preferencial o uso de tubos de acesso de plástico, devido à velocidade de propagação de onda ser mais rápida no aço que no concreto. Esse procedimento permite que o concreto no entorno seja examinado em todas as direções.

A interpretação dos resultados do ensaio CSL exige experiência e compreensão das capacidades e limitações do método. Velocidades de onda (i.e., convertidas em energia, através da integração do sinal ao longo de um determinado tempo e distância entre tubos de acesso) inferiores ao valor esperado indicam a suspeita de um concreto de resistência insuficiente, ou da presença vazios.

Conforme Hajali & Abishdid (2014), concretos homogêneos de boa qualidade apresentam velocidade de onda ultrassônica em torno de 3600 a 4000 m/s, podendo oferecer valores



► **Figura 1**
Esquema do funcionamento do ensaio CSL (Kormann et al., 2009)

inferiores ou superiores a estes. O módulo de elasticidade do concreto (E) apresenta-se entre 28 e 40 GPa e seu coeficiente de Poisson (μ) entre 0,1 e 0,2.

O ensaio CSL não é limitado pela profundidade do fuste e pode detectar múltiplos defeitos, porém apresenta limitações quanto à porção da seção transversal que pode examinar, pois apenas a qualidade do concreto na região entre os tubos pode ser avaliada. Deve-se notar que a contribuição do concreto da porção central da estaca à resistência a momentos fletores é pouco significativa, quando comparada à contribuição do concreto da parte externa. O concreto que forma o vínculo entre a armadura e o solo é importante, tanto do ponto de vista geotécnico como estrutural.

Durante a instalação da armadura ou concretagem, as distâncias entre os tubos paralelos podem variar, e dessa forma, faz-se uso da média de pontos consecutivos de leituras para avaliar a integridade de um trecho do fuste da estaca.

A interpretação de um defeito através do ensaio CSL é muitas vezes intuitiva. No entanto, avaliar um atraso no tempo de chegada de um sinal ou uma diminuição da energia não deixa de requerer algum julgamento de engenharia. Dentre outros autores, Likins *et al.* (2007) sugerem escalas combinadas de redução de energia e tempo de che-

gada do sinal (Tabela 1), onde o concreto pode ser considerado de baixa a alta qualidade, assim como ações que devem ser realizadas dependendo da qualidade do concreto inferida.

A objetividade da interpretação dos resultados do ensaio CSL é uma das vantagens sobre outros métodos não destrutivos, como ensaio de integridade (PIT), pois permite a localização e quantificação da extensão das eventuais anomalias no concreto (Kormann *et al.*, 2009).

3. ANÁLISE TOMOGRÁFICA

Uma vez detectado um ou mais defeitos na estaca, faz-se necessário realizar uma avaliação de sua extensão. Esse tipo de análise pode ser realizado através da técnica computacional conhecida como tomografia, a qual utiliza as velocidades de onda medidas para estimar a distribuição de velocidades de onda ao longo de todo o fuste, permitindo-se uma análise tridimensional.

O software Tomosonic (GeoTomo, 2003) pode ser empregado para esse fim, fazendo uso dos dados obtidos no ensaio CSL, os quais, por sua vez, são coletados e processados com softwares como o CHA-W (PDI, 2004).

Diversos fatores afetam a análise tomográfica. Quanto mais dados são disponíveis, a análise tende a apresentar maior acurácia. A quantidade de dados disponíveis é na prática limitada

pelo número e localização dos tubos de acesso. Quanto mais tubos são avaliados, tipicamente em estacas de grande diâmetro, mais informações podem ser naturalmente verificadas pela análise tomográfica. Por exemplo, 4 tubos possibilham 6 combinações, sendo somente 2 combinações cruzadas no interior do fuste da estaca e 4 externas. Já 8 tubos de acesso, instalados ao longo do fuste de uma estaca, possibilitam 28 combinações entre tubos, sendo 20 combinações cruzadas no interior de seu fuste e 8 externas (Likins *et al.*, 2007).

A análise tomográfica mostra onde se situa o dano e fornece qual a porcentagem do fuste em seção transversal que possui velocidade de onda reduzida, gerando um resultado quantitativo.

No caso de defeitos locais, que afetam apenas uma seção transversal da estaca de concreto, o uso da tomografia é muito útil para visualizar e quantificar a extensão e a localização exata da anomalia. Tal informação pode auxiliar na tomada de decisão quanto à execução de reforços para remediar a situação (Likins *et al.*, 2007).

4. CASOS DE OBRA

São apresentados os resultados de ensaios *cross-hole* e análises tomográficas de três casos de obra. O primeiro é relacionado às fundações do viaduto Jacu-Pêssego em São Paulo (SP), o segundo pertence às fundações do alto forno de uma siderúrgica no Rio de Janeiro (RJ) e o terceiro se refere às fundações de um viaduto em Curitiba (PR).

► Tabela 1 – Critérios de avaliação do concreto a partir do ensaio CSL
(adaptado de Likins *et al.*, 2007)

Qualidade do concreto	Aumento do tempo de chegada do sinal no receptor	Redução da energia
Boa	Entre 0 a 10%	Inferior a 6 db
Questionável	Entre 10 a 20%	Inferior a 9 db
Pobre (com falha)	Entre 20 a 30%	Entre 9 e 12 db
Pobre (com defeito)	Superior a 30%	Superior a 12 db

4.1 Estacas do viaduto Jacu-Pêssego em São Paulo (SP)

Os ensaios CSL e as análises tomográficas em estacas foram empregados

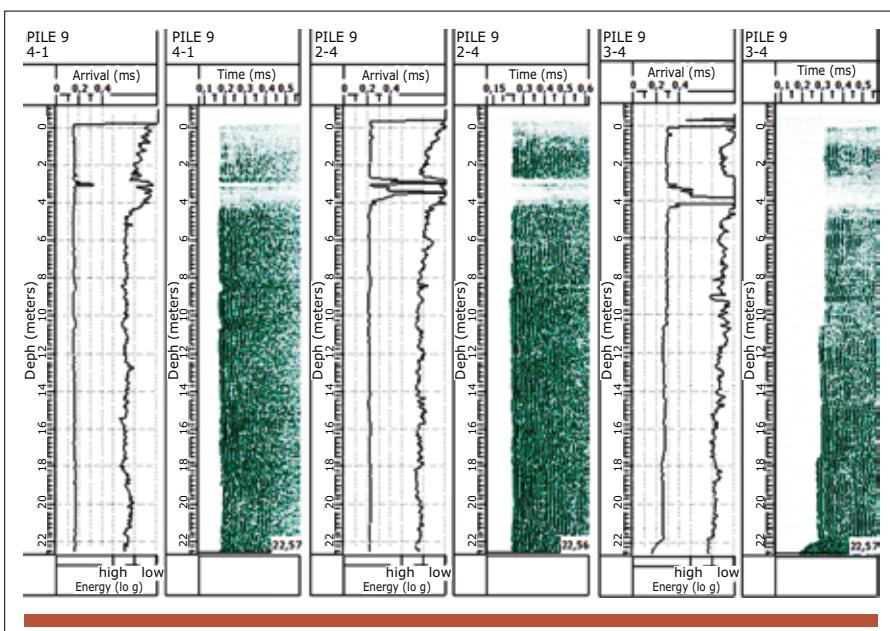
pioneiramente no Brasil para avaliação da integridade das estacas do Viaduto Jacu-Pêssego, empreendimento da Empresa Municipal de Urbanização (EMURB), localizado junto à Rodovia Ayrton Senna em São Paulo (SP), no ano de 2004 (Antoniutti Neto *et al.*, 2004 e Kormann *et al.*, 2009).

A fundação do apoio central do viaduto – destinado a receber cargas elevadas – consiste em 30 estacas escavadas com lama bentonítica, as quais possuíam 1,60 m de diâmetro e comprimentos variando entre 22,0 e 25,0 m.

O perfil geológico-geotécnico da área caracteriza-se pela presença de aluviões sobrejacentes a um pacote típico da Bacia Sedimentar Terciária de São Paulo. Após um horizonte orgânico superficial de aproximadamente 1,0 m de espessura, tem-se a presença de estratos arenosos medianamente compactos a muito compactos, por cerca de 11,0 m. Em seguida, ocorrem camadas argilosas de consistência dura, com aproximadamente 4,5 m de espessura. Logo abaixo, tem-se a ocorrência de argilito, por cerca de 6,5 m. Por fim, chega-se a siltito na base das prospecções, totalizando aproximadamente 25,0 m. O nível d'água está localizado a cerca de 8,0 m da cota de arrasamento das estacas.

Durante a execução das fundações, quatro estacas foram especialmente preparadas para o ensaio CSL, sendo que três dessas estacas continham três tubos de acesso e a quarta estaca continha quatro tubos. A preparação consistiu na fixação dos tubos de PVC devidamente numerados ao longo da armadura longitudinal das estacas.

A estaca denominada E9 apresentou 24,85 m de comprimento e seus quatro tubos de acesso possuíam em torno de 22,5 m de comprimento, lo-



► Figura 2
Ensaio CSL na estaca E9 para diagonais 1-4, 2-4 e 3-4 no Viaduto Jacu-Pêssego em São Paulo (SP)

cados em círculo na periferia da estaca, numerados de 1 a 4. A Figura 2 ilustra os resultados dos ensaios CSL realizados nesta estaca, apresentando os diagramas de tempo transcorrido entre a emissão do pulso e a chegada ao receptor e de energia do sinal recebido, referentes à varredura das diagonais formadas pelos tubos 1-4, 2-4 e 3-4.

Com base na interpretação desses diagramas pôde-se detectar uma redução de impedância discreta em torno de 3,5 m de profundidade, evidenciada pela atenuação da intensidade de resposta do pulso do ultrassom (redução de energia) e retardos na chegada do pulso ao receptor nessa região.

Uma leve atenuação da intensidade de resposta do pulso de ultrassom próxima ao topo da estaca E9 foi constatada nos diagramas de todas as diagonais ensaiadas. Esse comportamento pode estar associado à qualidade do concreto nessa região. Em estacas escavadas com polímero, ao final da concretagem, pode haver

a subida do excesso de material, com menor proporção de agregado graúdo (segregação do material). Muitas vezes, esse comportamento no trecho superficial também pode estar associado à aderência do tubo de PVC ao concreto, podendo a mesma ser prejudicada pelo desenvolvimento de efeitos térmicos durante a cura.

Os sinais da estaca E9 também foram analisados com o programa de tomografia TomoSonic (GeoTomo, 2003). Os resultados podem ser observados na Figura 3. A escala de cores no canto esquerdo da imagem é a referência para a análise dos resultados. Considerou-se que velocidades abaixo de 3000 m/s estivessem relacionadas a concreto de qualidade inferior.

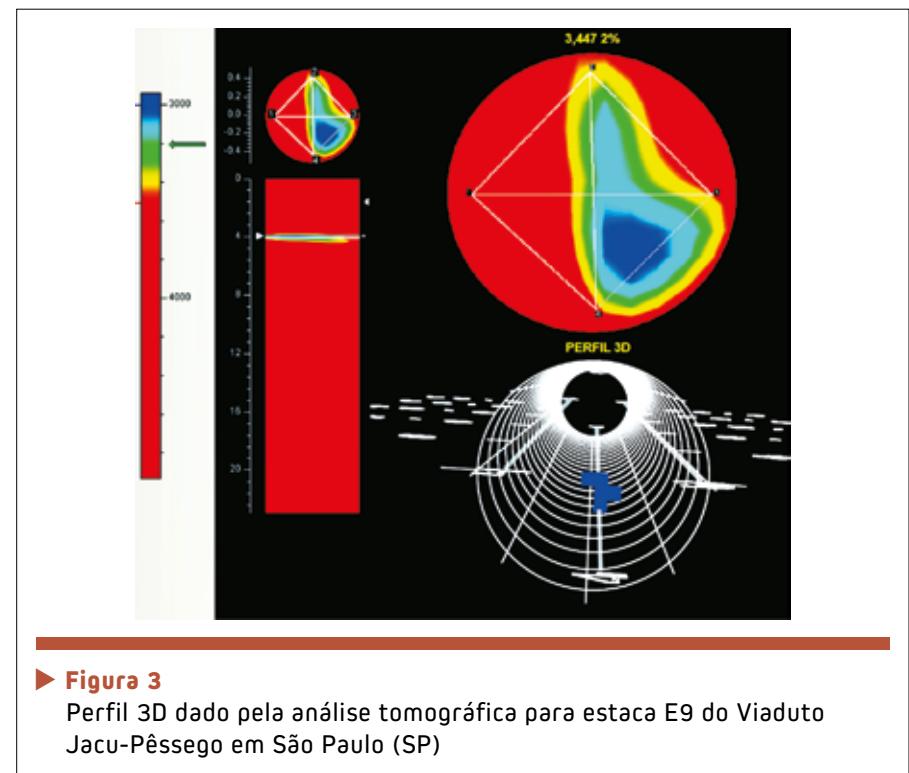
Com perfil longitudinal dado pela análise tomográfica em 3D (Figura 3), que apresenta as velocidades de onda ao longo do fuste, é possível observar que há um trecho com menor velocidade de onda, localizado a 3,447 m do topo. Esta região comprometida

corresponde a 2% da seção transversal da estaca e está localizada entre as diagonais formadas pelos tubos de acesso 1-4, 2-4 e 3-4. Essa constatação corrobora com o diagnóstico já apresentado, que foi baseado nos diagramas de tempo e de energia referentes à varredura dessas diagonais (Figura 2). Os demais trechos da estaca apresentam-se íntegros, com velocidade de onda média igual a 4000 m/s.

4.2 Estacas do alto forno de uma siderúrgica no Rio de Janeiro (RJ)

Duas estacas pertencentes à fundação do alto forno de uma siderúrgica no Rio de Janeiro (RJ) foram submetidas ao ensaio CSL no ano de 2007 (Kormann *et al.*, 2009).

O perfil geológico-geotécnico do local apresenta um aterro granular de 2,0 m



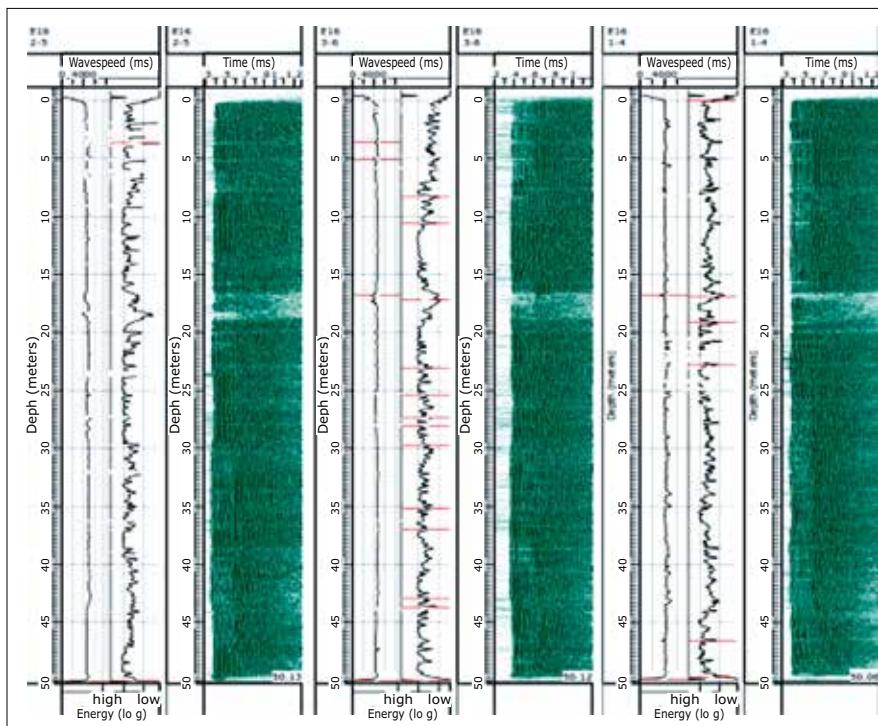
► **Figura 3**
Perfil 3D dado pela análise tomográfica para estaca E9 do Viaduto Jacu-Pêssego em São Paulo (SP)

de espessura sobre uma sucessão de camadas sedimentares de argila orgâ-

nica e areia de aproximadamente 40,0 m de espessura. Abaixo das camadas de solo, observa-se rocha alterada por cerca de 1,0 m, seguida de rocha sã. O nível d'água está localizado próximo à superfície do terreno.

As estacas foram escavadas com revestimento metálico no trecho em solo, referente a 40,0 m comprimento, onde o diâmetro foi de 2,0 m. A sequência de escavação prosseguiu por 10,0 m em rocha alterada e sã, onde o diâmetro passou a ser de 1,8 m.

Uma das estacas ensaiadas, denominada E16, apresentou 50,05 m de comprimento. Em sua armadura foram fixados 6 tubos de PVC devidamente numerados de 1 a 6, com comprimento em torno de 50,0 m, os quais foram locados em um arranjo circular, próximos à periferia da estaca. A Figura 4 ilustra o resultado dos ensaios CSL realizados nesta estaca, com os diagramas de tempo transcorrido entre a emissão do pulso e a chegada ao receptor, de



► **Figura 4**
Ensaio CSL na estaca E16 para diagonais 1-4, 2-5 e 3-6 no alto forno de uma siderúrgica no Rio de Janeiro (RJ)

energia do sinal recebido e de velocidade de onda referentes à varredura das diagonais formadas pelos tubos 1-4, 2-5 e 3-6.

A partir dos diagramas (Figura 4), observa-se que um trecho superficial apresenta redução acentuada na intensidade de resposta do pulso de ultrassom e velocidades de onda reduzidas (inferiores 4000 m/s). A qualidade inferior do concreto próximo ao topo e/ou descolamento dos tubos de PVC devido a efeitos térmicos durante a cura podem ser as causas desse comportamento. O restante do fuste apresenta velocidades de onda em torno de 4000 m/s, com algumas reduções pontuais, além de atenuações na intensidade do pulso também localizadas.

O programa de tomografia Tomo-Sonic (GeoTomo, 2003) foi utilizado na interpretação dos sinais monitorados. Os resultados são apresentados na Figura 5.

O perfil de variação de velocidade ao longo do fuste, de acordo com a escala de cores no canto esquerdo da Figura 5, indica que ocorreram velocidades de onda inferiores a 3000 m/s na região próxima ao topo da estaca E16. Porém, um corte na seção transversal realizado a aproximadamente 1,0 m do topo da estaca já mostra que nessa região as velocidades de onda se encontram em torno de 4000 m/s. Dessa forma, possivelmente o concreto passa a apresentar qualidade superior e/ou há uma melhora na aderência entre os tubos de acesso e o concreto a partir desta profundidade.

Assim, após esse trecho superficial, o fuste da E16 apresenta velocidades de onda predominantemente superiores a 4000 m/s, exceto em algumas regiões de forma pontual. Os cortes re-

alizados nas seções transversais para as profundidades 16,463 m, 16,960 m e 17,581 m permitem avaliar possibilidade de ocorrência de concreto com qualidade inferior. Observa-se que a extensão dessa variação na qualidade do concreto é pequena, visto que velocidades de onda inferiores a 4000 m/s ocorreram apenas no corte localizado a 16,960 m e que a seção transversal não se encontra comprometida.

4.3 Estacas de um viaduto em Curitiba (PR)

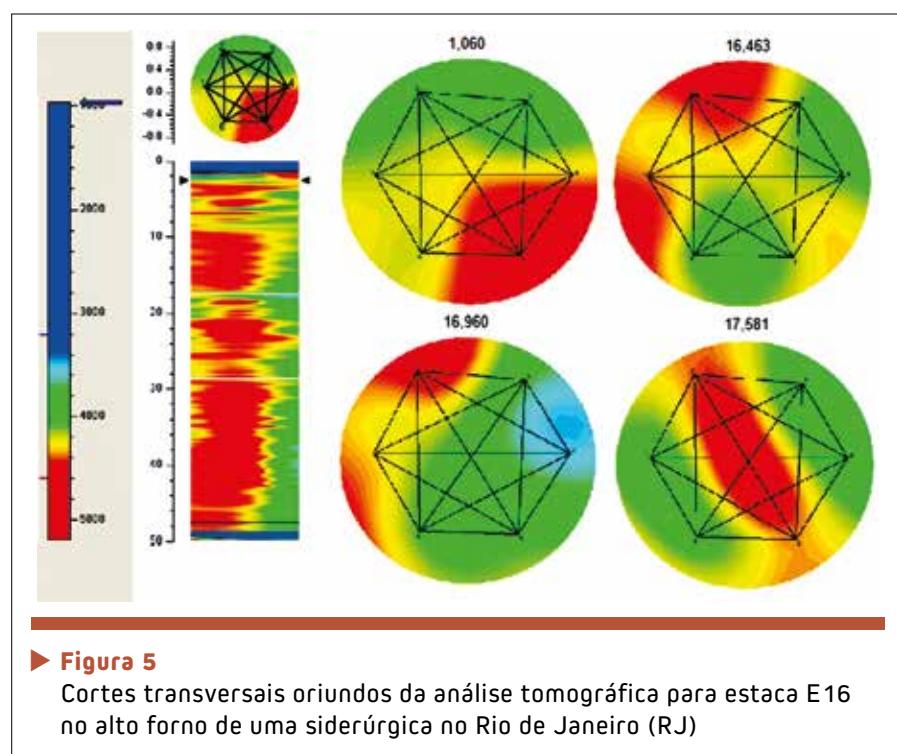
A fundação de um dos pilares de um viaduto localizado na cidade de Curitiba (PR) é constituída por 18 estacas escavadas com uso de fluido estabilizante (polímero). Destas estacas, quatro foram preparadas e submetidas ao ensaio CSL, entre os anos de 2012 e 2013.

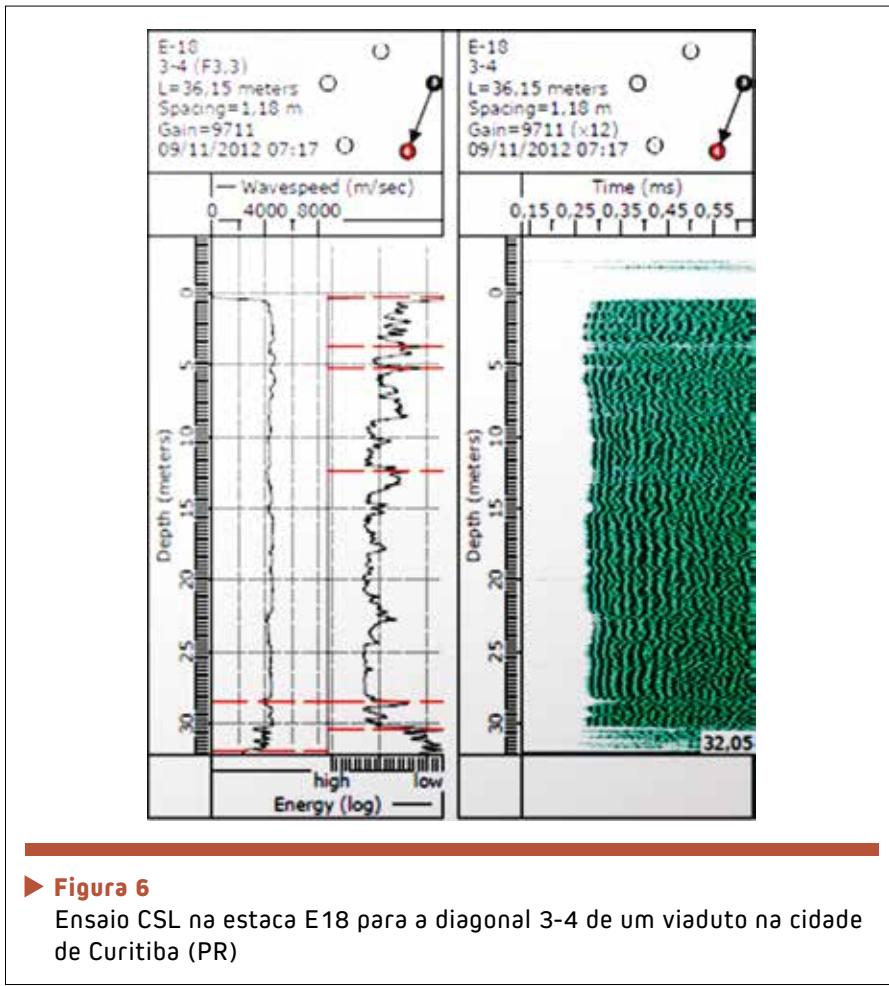
O perfil geológico-geotécnico local, composto predominantemente por argila silto-arenosa cinza esverdeada

de consistência rija a dura, é típico da Formação Guabirotuba. O nível d'água situou-se em média a 3,0 m abaixo da superfície do terreno.

A estaca E18, com 38,0 m de comprimento e diâmetro de 2,0 m, foi um dos elementos submetidos ao ensaio CSL. A preparação da estaca envolveu a fixação de 5 tubos de acesso de PVC, devidamente numerados de 1 a 5 ao longo da armadura longitudinal, apresentando aproximadamente 32,0 m de comprimento, distribuídos em círculo e locados na periferia.

A partir do resultado do ensaio CSL, realizou-se a avaliação dos diagramas de tempo transcorrido entre a emissão do pulso e a chegada ao receptor, de velocidade da onda e de energia do sinal recebido de cada diagonal para a estaca E18. A Figura 6 apresenta um desses diagramas, com a representação esquemática das condições da estaca considerando a varredura realizada na diagonal formada pelos tubos 3-4.





► **Figura 6**

Ensaio CSL na estaca E18 para a diagonal 3-4 de um viaduto na cidade de Curitiba (PR)

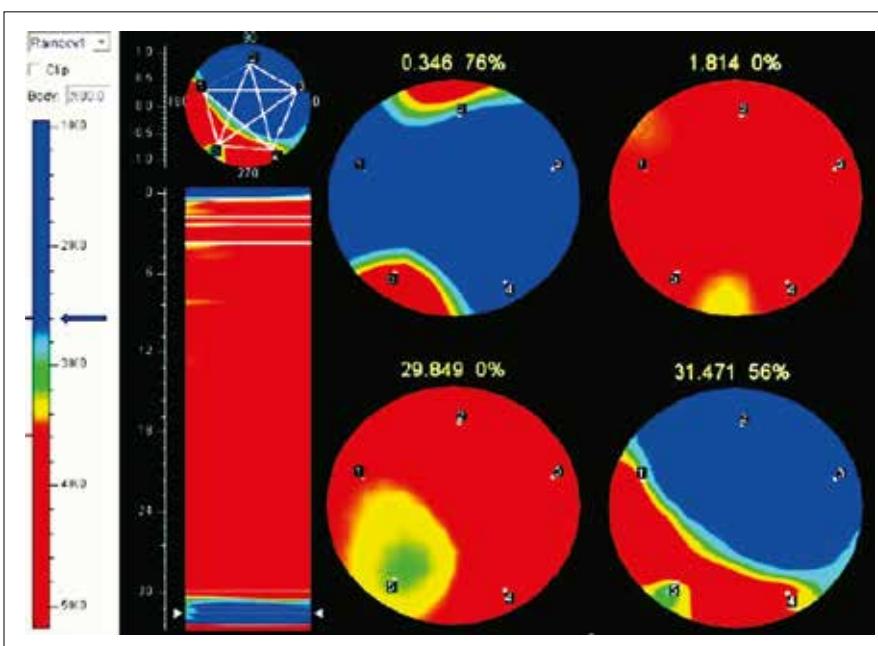
Verificou-se uma acentuada redução da intensidade de resposta do pulso de ultrassom, com valores de energia entre 13,7db e 46,3 db, em todas as porções da estaca no trecho que compreende o topo da mesma até aproximadamente 1,2 m de profundidade. Conforme já discutido, esse comportamento está usualmente associado a falhas na aderência entre os tubos de acesso e o concreto devido a efeitos térmicos.

Nas demais profundidades observaram-se heterogeneidades localizadas, as quais foram caracterizadas por reduções de energia brandas, entre 6 db e 12 db, e atrasos na chegada do pulso no receptor, com valores entre 17% e 23% para algumas diagonais.

A partir dos 30,0 m até o final dos tubos de acesso foi verificada uma nova redução acentuada na intensidade de resposta de energia, com valores entre 10,8 db e 43,6 db, e atrasos na chegada do pulso no receptor, com valores de 29% a mais de 100% em todas as porções da estaca.

Os sinais oriundos do ensaio CSL realizado na estaca E18 foram analisados com o programa de tomografia Tomo-Sonic (GeoTomo, 2003). O resultado é apresentado na Figura 7, onde é possível identificar no perfil esquemático da estaca algumas regiões do topo e da ponta da mesma que apresentaram velocidades de onda inferiores a 3000 m/s.

Ainda na Figura 7, são apresentados quatro cortes transversais realizados nas profundidades de 0,346 m, 1,814 m, 29,849 m e 31,471 m. As seções transversais localizadas à 0,346 m e 31,471 m apresentam regiões com concreto de menor velocidade de propagação de onda, representando 76% e 56% da seção, respectivamente. Os demais cortes realizados



► **Figura 7**

Cortes transversais oriundos da análise tomográfica para estaca E18 de um viaduto na cidade de Curitiba (PR)

apresentam concreto com alta velocidade de onda praticamente na plenitude da seção transversal.

5. CONCLUSÕES

O uso do ensaio *cross-hole sonic logging* (CSL) e a análise tomográfica consistem em uma alternativa para

o controle de qualidade do concreto de estacas moldadas *in loco*. Um das vantagens da ferramenta deve-se ao fato de ser um método não destrutivo, que permite uma interpretação mais objetiva em comparação com outras técnicas para avaliação da integridade de fundações. O método baseia-se no

tempo de chegada do sinal e velocidade da onda para detectar as anomalias, empregando-se sondas que percorrem o comprimento da estaca, no interior de tubos previamente instalados. A sua utilização mostrou-se satisfatória para três casos de obra descritos no presente trabalho. ↗

► REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [01] Antoniutti Neto, L., Kormann, A. C. M., Beim, J., Martinatti, L.R., Debas, L. F. "Tomografia de estacas: uma nova tecnologia para o controle de qualidade de fundações profundas". In: SEFE V - Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnica, São Paulo, 2004, v.2. p.341-347.
- [02] ASTM Standard D 6760 (2016). "Standard test method for integrity testing of concrete deep foundations by ultrasonic cross-hole testing". ASTM International, West Conshohocken, PA, www.astm.org.
- [03] GeoTomo (2003). Software TomoSonic – version 2.2.
- [04] Hajali, M., Abishdid, C. "Cross-hole sonic logging and frequency tomography analysis of drilled shaft foundations to better evaluate anomalies locations". In: DFI Journal - The Journal of the Deep Foundations Institute, 8:1, 2014, 27-38, DOI: 10.1179/TBC14Z.0000000001
- [05] Kormann, A. C. M.; Thá, P. C.; Debas, L. F.; Martins, A. R.). "Tomografia de estacas: exemplos de utilização no controle de qualidade de fundações profundas". In: 51º Congresso Brasileiro do Concreto IBRACON, 2009, 13p.
- [06] Likins, G. E., Rausche, F., Webster, K. and Klesney, A. "Defect analysis for CSL testing". Geo-Denver 2007 New Peaks in Geotechnics: Denver, CO.
- [07] PDI, Pile Dynamics, Inc. (2004). Cross-Hole Analyzer (CHA) Operation Manual – Version 2004.0010 A. Cleveland, Ohio, USA.
- [08] White, B., Nagy, M. & Allin, R. "Comparing cross-hole sonic logging and low-strain integrity testing results". In: 8th International Conference on the Application of Stress Wave Theory to Piles, Science, Technology and Practice, J. A. Santos (ed.), 2008, ISBN 978-1-58603-909-7

Sistemas de Fôrmas para Edifícios

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



ANTONIO CARLOS ZORZI



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

Autor: Antonio Carlos Zorzi

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

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

DADOS TÉCNICOS

ISBN 9788598576237

Formato: 18,6 cm x 23,3 cm

Páginas: 195

Acabamento: Capa dura

Ano da publicação: 2015

Patrocínio



Aquisição:

www.ibracion.org.br

(Loja Virtual)

Determinação da capacidade de carga de estacas através de ensaios de carregamento dinâmico

JORGE W. BEIM – DIRETOR TÉCNICO

JB INSTRUMENTAÇÃO ELETRÔNICA

SÉRGIO VALVERDE – DIRETOR TÉCNICO

PDI ENGENHARIA

I. INTRODUÇÃO

Desenvolvida nos anos 70, a técnica de determinação da capacidade de carga de estacas, baseada na propagação da onda de tensão gerada pelo impacto de um martelo de peso adequado faz uso intenso de informática. A metodologia aqui apresentada pode ser aplicada para avaliar a capacidade de praticamente qualquer tipo de estaca de fundação, porém neste trabalho será abordado particularmente a aplicação em estacas de concreto, principalmente àquelas que são moldadas “*in loco*”. A técnica é normatizada pela Associação Brasileira

de Normas Técnicas através da ABNT NBR 13208 Estacas – Ensaio de Carregamento Dinâmico e a sua aplicação é especificada na ABNT NBR 6122 – Projeto e Execução de Fundações.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

O impacto de um martelo, caindo com uma certa velocidade no topo de uma estaca, transfere parte desta velocidade à estaca (dependendo da relação entre o peso do pilão e o da estaca, entre outros fatores). Isto gera uma força de impacto, que é função da velocidade transferida e de características físicas da estaca: área de seção,

módulo de elasticidade dinâmico e peso específico do material da estaca. Esta força, que pode alcançar valores muito superiores ao peso do pilão, se propaga com velocidade constante ao longo do elemento de fundação, sob a forma de uma onda de tensão, que sofre reflexões sempre que encontra resistência do solo, ou então variações nas características físicas do elemento ao longo do seu fuste. A determinação da capacidade de carga se faz através da análise dos efeitos dessas reflexões na força e na velocidade medidas por sensores instalados em um ponto próximo do topo do elemento de



► Figura 1

Instalação dos sensores eletrônicos



fundação e chamada de seção instrumentada. No caso de estacas moldadas “*in loco*” são confeccionados blocos prolongadores, na superfície lateral dos quais os sensores são aparafusados através de chumbadores adequada e previamente instalados.

O método é capaz também de detectar variações de área de seção, resistência ou densidade do material, já que essas também provocam reflexões da onda que afetam as medições de força e velocidade.

No concreto, a onda gerada com o impacto se propaga com uma velocidade que tipicamente varia entre 3500 m/s e 4500 m/s (4.000 + ou - 12,5%). Se esta velocidade de onda for conhecida com razoável precisão, é possível relacionar o tempo entre o impacto e a chegada da reflexão com a exata localização da resistência ou da variação de características do material ao longo do fuste. Se o comprimento do elemento de fundação é bem conhecido, a velocidade de propagação da onda pode ser determinada medindo-se o tempo entre o impacto e a chegada da reflexão correspondente à ponta do elemento. Outro critério que pode ser usado é a verificação da chamada proporcionalidade entre força e velocidade de partícula no instante do impacto, já que a constante de proporcionalidade é função do módulo de elasticidade e do peso específico do material, os quais também determinam a velocidade de propagação da onda.

3. OBTENÇÃO DOS DADOS

O sinal de força é em geral obtido a partir da medição da deformação do material da estaca ao nível dos sensores. Esta deformação é medida usando-se um sensor aparafusável, o qual contem “strain-gages” em configura-

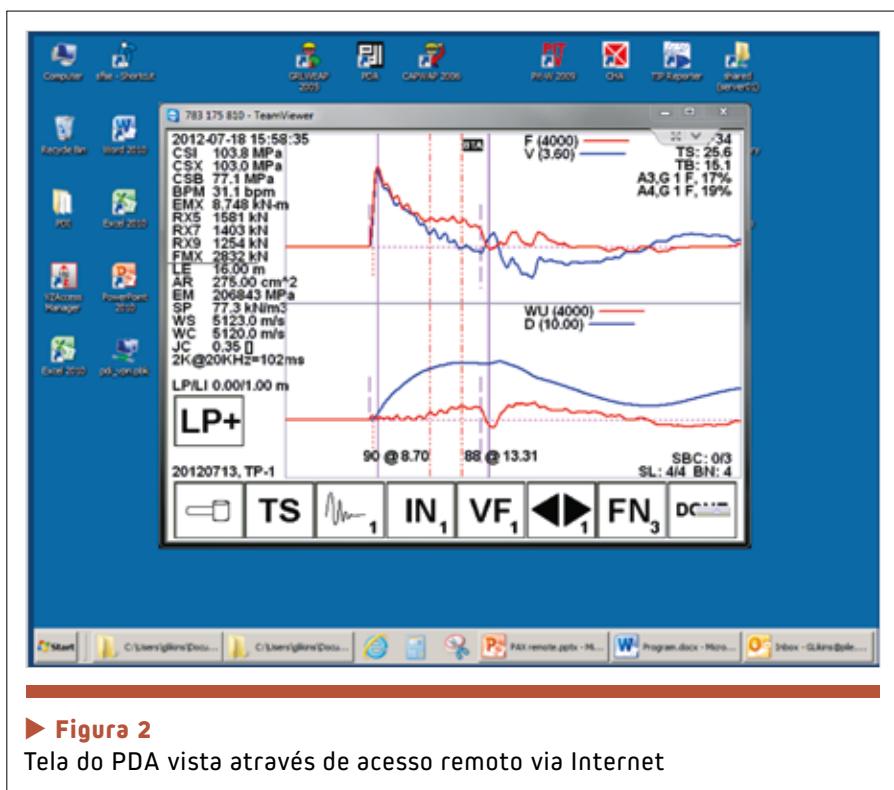


Figura 2
Tela do PDA vista através de acesso remoto via Internet

ção de ponte de Wheatstone. A deformação específica assim medida é multiplicada pelo módulo de elasticidade e pela área de seção do elemento de fundação, para obtenção da força. Outro método possível, as vezes empregado em estacas moldadas “*in loco*”, é o uso de célula de carga interposta entre o pilão e o topo da estaca. Apesar de ter a vantagem de não depender de conhecimento prévio do módulo de elasticidade do concreto para determinação da força, este método é pouco usado pois exige a confecção de células de carga específicas para o nível de carga que está sendo medido.

O sinal de velocidade (não confundir com a velocidade de propagação da onda) é obtido através da integração numérica dos sinais obtidos por acelerômetros aparafusados à estaca.

Para compensar o efeito da flexão, sempre presente nos golpes aplicados, o sistema usa dois ou mais de cada tipo de sensor, colocados em posições dia-

metralmente opostas em relação ao eixo de simetria do elemento de fundação.

Os sinais de força e velocidade assim obtidos são enviados por cabo ou por rádio a uma unidade eletrônica, conhecida pela sigla de seu nome em inglês – PDA (*Pile Driving Analyzer*). Esta unidade consiste dos circuitos de entrada e conversores analógico-digitais, que enviam os sinais digitalizados a um microcomputador, rodando um programa específico em ambiente Windows®.

Este programa faz a interface com o usuário através de tela de toque, para entrada dos parâmetros do elemento de fundação, e efetua os cálculos para obtenção dos sinais digitalizados de força e velocidade, a partir da deformação e da aceleração medidas pelos sensores. O programa também obtém os sinais médios de força e velocidade, a partir dos sensores instalados, e efetua cálculos preliminares de capacidade de carga, tensões no material da estaca e energia transferida, após

cada golpe. O software utilizado é capaz de fazer todo este processamento sem perder golpes aplicados, mesmo quando se utiliza martelos capazes de aplicar 120 golpes por minuto.

O microcomputador usado na unidade de campo pode rodar outros programas Windows. Particularmente, é possível utilizar programas de acesso remoto via Internet, que permitem o acompanhamento do ensaio à distância (desde o escritório), e transmissão praticamente instantânea dos dados obtidos para análises adicionais e elaboração de relatório interpretativo. A Figura 2 mostra a tela do PDA, como vista através de acesso remoto.

A tela do PDA exibe os resultados preliminares assim obtidos em forma textual e gráfica, imediatamente após cada golpe aplicado. O software do PDA também é capaz de armazenar os sinais digitalizados de cada sensor em arquivos que podem ser usados em programas específicos para geração de relatórios, ou no programa de análise

numérica dos sinais, que será abordado mais adiante.

Para calcular a capacidade de carga da estaca, o PDA usa um método simplificado, denominado "CASE" (de Case Western Reserve University, onde o método foi desenvolvido), o qual é uma solução fechada da equação da onda, que é correta se forem assumidas algumas hipóteses simplificadoras. No método CASE a estaca é assumida uniforme, o seu material idealmente elástico, não oferecendo nenhuma resistência à propagação da onda e o solo é assumido idealmente plástico, de modo que são desprezados os movimentos do solo em relação à estaca.

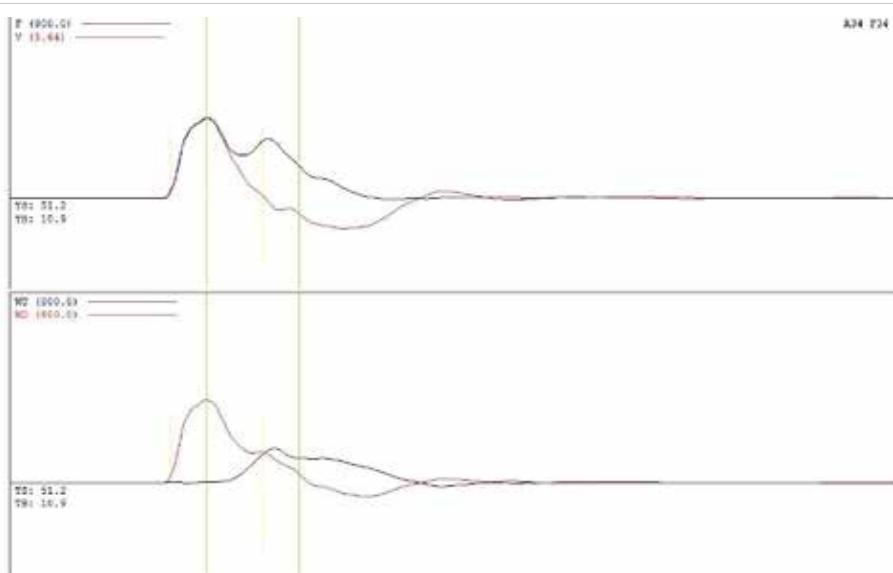
A Figura 3 mostra a tela do Programa PDA-W, usado para processamento dos sinais obtidos em campo. Este programa permite a visualização gráfica dos sinais obtidos em campo, bem como dos resultados mais relevantes tais como RMX (capacidade calculada pelo método simplificado CASE), DMX (deslocamento máximo da estaca du-

rante o golpe), EMX (energia máxima transferida para a estaca durante o golpe, na região dos sensores), FMX (força máxima aplicada pelo pilão no topo da estaca) etc.

4. EXECUÇÃO DO ENSAIO

O ensaio exige a aplicação de golpes com um pilão de peso suficiente para provocar força de impacto capaz de mobilizar a resistência do solo. No caso de estaca de concreto moldada in loco, é necessário dispor-se de um sistema de percussão adequadamente construído, capaz de aplicar golpes com alturas de queda variáveis (a prática usual consiste em aplicar golpes com alturas de queda crescentes, variando de 0,2 m até 2,0 m ou mais se for necessário). O sistema usado deve também guiar a queda do pilão durante todo seu trajeto, e permitir ajustar o alinhamento entre o sistema percussor e o elemento de fundação. Deve-se também usar um sistema de amortecimento, composto em geral de chapas

DP: RMX = 1000.00
S-3: MATERIAIS: MOLHADO: NÓMICO: SECURIZADO
DP: TSD = 41 cm
DA: 08/04/2004 09:36:14:489
LE: 11.30 m
AR: 1330.25 cm ⁻²
EM: 462 t/cm ²
SP: 2.45 t/m ³
M9: 4300.0 m/s
MC: 4244.2 m/s
SC: 0.92 [1]
Q1: 3000 220.0 cm
Q2: 2000 9.11 cm ⁻²
Q3: 1000 2.11 cm ⁻²
Q4: CSD 24.1 MPa
Q5: CR1 33.8 MPa
Q6: TXR 5.4 MPa
Q7: CSD 16.9 MPa
Q8: RFA 100.0 (%)
Q9: RTR 81.2 (%)
Q10: CSD 14.9 MPa
Q11: RFA 100.0 (%)
Q12: SET 2.40 mm
Q13: FOF 351.8 cm
Q14: SET 2.45 mm
DP/LE: 10.761.00 m
RC: 2 / 5
TF/VF: 4 / 4
VE: 0.31 mm
FM: 19.600 kN
SL/C: 9.30 ms
RK/C: 141.0 cm ⁻¹ /s
RF1/RF4: 1.000 1.000
RF3/RV4: 1.000 1.000
RF5/RV5: 1.000 1.000



► Figura 3

Sinais de força e velocidade x impedância – ondas descendente e ascendente



► **Figura 4**
Sistemas de percussão

de madeira compensada sobrepostas, entre o pilão e a cabeça da estaca, para permitir melhor distribuição da força de impacto.

Estudos efetuados pelos desenvolvedores do método indicam que o peso mínimo recomendado é de 2% a 3% da carga de projeto (1% a 2% a carga máxima prevista no ensaio). Vários sistemas específicos para a realização de ensaios deste tipo estão disponíveis no mercado brasileiro. O importante a observar é que o sistema de percussão fique garantidamente centrado com a estaca a ensaiar e possua a eficiência mínima recomendada.

Uma vez posicionado o sistema de percussão e colocados os sensores eletrônicos, o ensaio é bastante rápido, e consiste na aplicação de uma série de golpes com altura de queda crescente, até que seja mobilizada a resistência desejada do solo (constatada através da medição do deslocamento permanente do elemento de fundação, preferencialmente após cada golpe aplicado), ou se antes disso os valores de tensão máxima de compressão ou tração, computados pelo programa do PDA, atingirem níveis próximos de limites admissíveis.

5. ANÁLISE NUMÉRICA

Para a exata determinação da capacidade de carga e sua distribuição ao longo do fuste e na ponta, é necessária a execução de análise numérica rigorosa, usando um programa conhecido pela sua sigla em inglês – CAPWAP® (*Case Pile Wave Analysis Program*).

O CAPWAP é um programa de identificação de sistema, ou análise reversa, que usa o processo de “signal matching” (coincidência de sinal).

O processo consiste em calcular uma das variáveis (digamos a força), resolvendo a complexa equação que rege a propagação da onda, tendo como dados de entrada a outra variável (digamos a velocidade), o modelo da estaca (considerado conhecido) e um modelo assumido para o solo. O operador então efetua sucessivas análises variando o modelo do solo, até que a melhor coincidência seja obtida entre o sinal calculado e o sinal medido em campo. Os parâmetros do modelo do solo assim obtido é basicamente o resultado da “análise CAPWAP”.

O desenvolvimento do programa CAPWAP constituiu a tese de doutorado do Dr. Frank Rausche, defendida em 1969 na *Case Western Reserve University*. O

programa resolve a equação da onda usando o método numérico desenvolvido por E.A. Smith, publicado em 1960.

A estaca é dividida em segmentos, em geral de cerca de 1 m de comprimento, podendo cada elemento ter características físicas (área de seção, módulo de elasticidade e peso específico) diferentes, o que permite a modelagem de estacas não-uniformes. A resistência de fuste é modelada através de elementos posicionados em geral a cada dois segmentos de estaca, com um elemento adicional para a ponta. Versões mais modernas do programa permitem a modelagem de até duas pontas adicionais no caso de estacas não-uniformes, com redução de seção por exemplo no caso de estacas escavadas pinadas em rocha.

Cada elemento de solo possui uma componente de resistência estática, dependente do deslocamento, e uma componente dinâmica, dependente da velocidade. O modelo original de Smith foi bastante aprimorado, com a adição de elementos, como diferentes comportamentos durante carga e descarga, modelagem do peso da bucha de solo, consideração do movimento do solo em relação à estaca, etc.

Após entrar com os sinais digitalizados de força e velocidade e com os parâmetros do topo da estaca, o operador do programa CAPWAP deve entrar com as variações de parâmetros da estaca ao longo do fuste, se for o caso. O programa então calcula o modelo da estaca e efetua uma análise com base em um modelo bastante simples do solo, usando valores padrões. Para cada análise o programa calcula um índice denominado "MQ" (originalmente de "Match Quality" – vide Figura 5), que é na realidade um indicador de erro, ou seja, quanto maior o MQ maior o desencontro entre as duas curvas.

O objetivo da análise é, portanto, modificar o modelo do solo até que se obtenha o menor MQ possível.

As versões atuais do programa CAPWAP possuem vários algoritmos de mi-

nimização de erro, ou seja, funções que variam certos conjuntos de parâmetros até obter o menor MQ possível. Contudo, o operador tem sempre que se certificar de que as soluções "automáticas" são coerentes do ponto de vista físico e geotécnico, e corrigi-las e voltar a procurar um menor MQ caso não sejam.

Uma análise CAPWAP típica pode levar de alguns minutos a algumas horas, dependendo da complexidade da situação, e também em parte da experiência do operador. Uma vez encontrada a solução considerada correta, o programa permite a impressão de tabelas e gráficos com os resultados, para anexação ao relatório.

Na figura 5 são apresentados os valores da resistência total estática mobilizada, bem como as parcelas ao longo do fuste e ponta. Além desses são apre-

sentados também outros parâmetros usados na modelagem do solo, como "quakes" (limites de deformação elástica) e "dampings" (coeficientes da resistência dependente da velocidade de deslocamento), para cada um dos elementos de solo ao longo fuste e para a ponta, assim como valores de resistências unitárias.

A Figura 6 mostra a página de gráficos gerada pela análise CAPWAP. O canto superior esquerdo mostra a boa coincidência das curvas medidas e calculadas; o canto superior direito mostra as curvas de força e velocidade medidas em campo; o canto inferior esquerdo mostra uma curva carga-recalque calculada pelo programa a partir dos modelos do solo e da estaca, e o canto inferior direito mostra a distribuição de resistência ao longo do fuste da estaca.

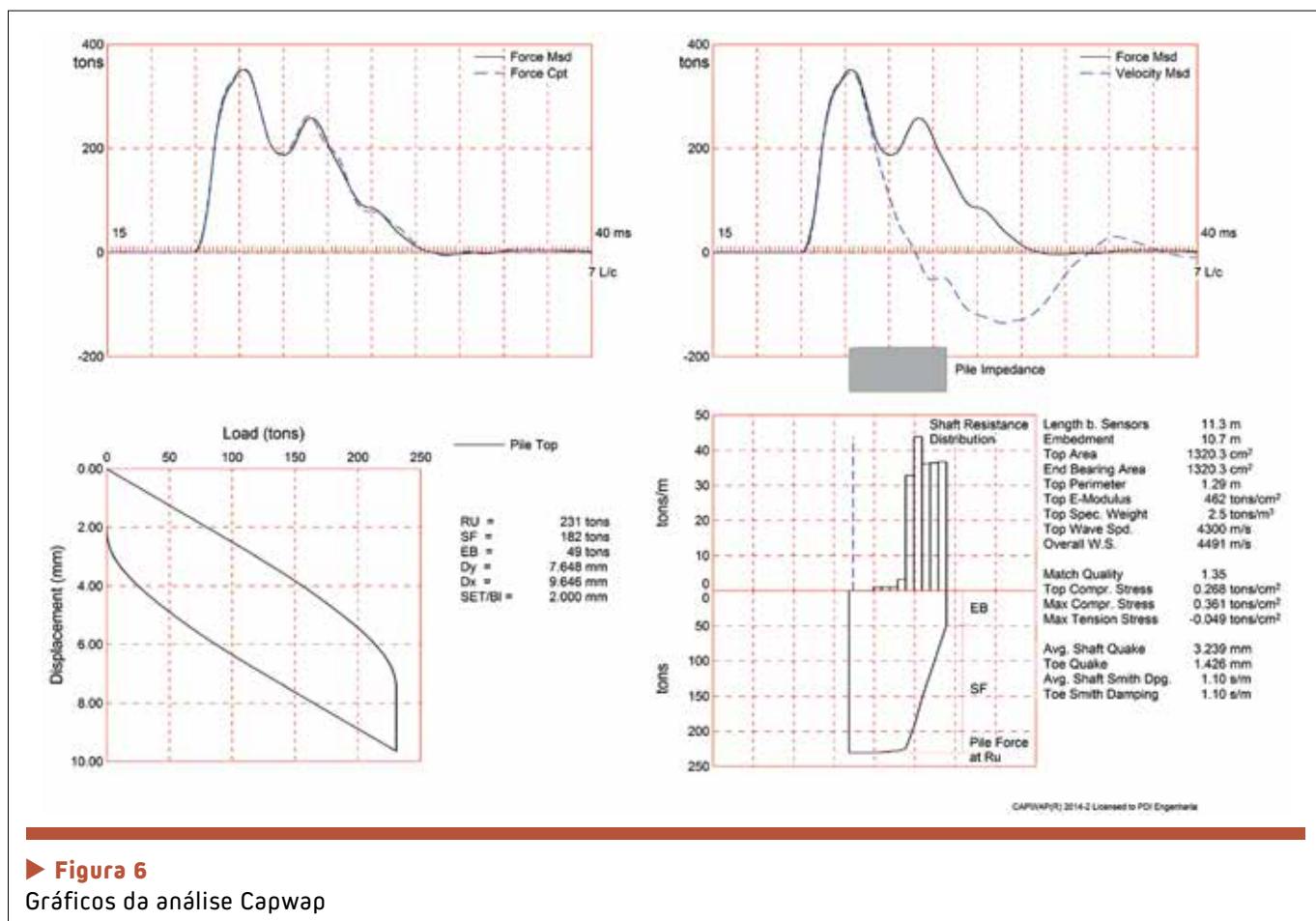
As análises CAPWAP de ensaios efetuados em estacas de concreto moldadas *"in loco"* são algo mais complexas do que as de estacas pré-moldadas, devido à natural não uniformidade das primeiras, pelo seu próprio processo construtivo, que permite a ocorrência, por exemplo, de alargamentos. Diferenças de módulo de elasticidade e/ou peso específico ao longo do fuste também têm que ser levadas em conta. A mais nova versão do programa (2014) permite a modelagem do comportamento anisotrópico do concreto, com velocidades de onda diferentes quando o material é submetido a esforço de compressão ou tração. Este modelo permite que os operadores alcancem valores de MQ mais baixos em estacas de concreto, o que significa maior precisão e confiabilidade do resultado.

6. CONCLUSÃO

A partir dos fundamentos teóricos publicados em 1970 por pesquisadores da Case Western Reserve University nos

CAPWAP SUMMARY RESULTS								
Total CAPWAP Capacity: 230.6 along Shaft			161.7 at Top			48.9 tons		
Soil Segment No.	Dist. Below Gages	Depth Below Grade	Ru in File	Sum of Ru	Unit Resist. (Depth)	Bolt Resist. Area	Smith Damping Factor	
#	m	m	Tons	Tons	Tons/m	Tons/m ²	m/m	
1	0.9	0.3	230.6	0.0	0.00	0.00	0.00	
2	1.9	1.3	0.0	230.6	0.00	0.00	0.00	
3	2.8	2.2	0.0	230.6	0.00	0.00	0.00	
4	3.7	3.1	1.0	229.6	1.0	1.06	0.82	
5	4.7	4.1	1.0	228.6	2.0	1.06	0.82	
6	5.6	5.0	1.0	227.6	3.0	1.06	0.82	
7	6.6	6.0	3.1	224.5	6.1	3.20	2.55	
8	7.5	6.9	31.0	193.5	37.1	32.84	25.50	
9	8.5	7.9	41.4	152.1	78.5	43.86	34.05	
10	9.4	8.8	34.1	116.0	112.6	36.12	28.05	
11	10.4	9.8	34.4	83.6	147.0	36.44	28.29	
12	11.3	10.7	46.9	181.7	36.76	36.76	28.54	
Avg. Shaft			15.1		16.90	13.18	1.10	
Tot			18.9		370.39	1.10		
Soil Model Parameters/Extensions								
Quake	(mm)			3.239	1.426			
Case Damping Factor				1.41	0.38			
Damping Type				Viscous	Em+Visc			
Unloading Quake	(% of loading quake)			32	93			
Reloading Level	(% of Ru)			100	100			
Unloading Level	(% of Ru)			6				
Soil Plug Weight	(tonnes)			0.439				
CAPWAP Match quality	= 1.35	(Wave Up Match): RER = 0						
Observed: Final Set	= 2.000 mm;	Blow Count = 500 b/n						
Computed: Final Set	= 2.368 mm;	Blow Count = 422 b/n						
Measured:	131.820 CAL: 93.8; IR: 1.00; 24188441 CAL: 93.1; IR: 1.00							
	131.8200 CAL: 94.0; IR: 1.00; 24188451 CAL: 94.0; IR: 1.00							
max. Top Comp. Stress	= 0.268 tons/cm ² (T= 22.2 ms, max= 1.345 x Top)							
max. Comp. Stress	= 0.361 tons/cm ² (Z= 7.5 m, T= 23.9 ms)							
max. Tens. Stress	= -0.049 tons/cm ² (Z= 7.5 m, T= 33.2 ms)							
max. Energy (EMK)	= 2.06 tons-m; max. Measured Top Displ. (DMX)= 7.480 mm							

► Figura 5
Tabela de resultados da análise Capwap



► Figura 6
Gráficos da análise Capwap

EUA, o Ensaio de Carregamento Dinâmico (ECD) começou a ser utilizado de forma prática a partir de meados da década de 1970, com o desenvolvimento da eletrônica e das técnicas de processamento de dados.

O ensaio consiste na instalação de sensores de deformação e acelerômetros perto do topo da estaca, que é, em seguida, submetida a golpes de um martelo com peso suficiente para

mobilizar a carga que se deseja medir. Os sinais obtidos durante os impactos são enviados a uma unidade eletrônica portátil, o PDA (*Pile Driving Analyzer*), o qual efetua um processamento inicial e armazena os dados em forma de arquivos digitais. Esta informação é posteriormente reprocessada usando um programa de análise numérica, denominado CAPWAP, o qual fornece o valor e a distribuição ao longo do

fuste da resistência do solo, além de outros parâmetros.

O ECD se popularizou devido à sua maior rapidez, custo mais baixo e menor interferência no andamento da obra, comparado com o método tradicional (Prova de Carga Estática). O ECD permitiu a comprovação de um universo maior de estacas nas obras, aumentando, assim, a confiabilidade, com redução dos prazos e dos custos. ↗

► REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [01] Smith, E.A. – “Pile driving analysis by the wave equation”, Journal of Soil Mechanics and Foundations Division, American Society of Civil Engineers, Agosto de 1960, volume 86, nº SM4, Proc. Paper 2574, pgs. 35-61
- [02] Goble, G. G., Rausche, F., Moses, F., “Dynamic Studies on the Bearing Capacity of Piles; Phase III Volume II Report No. 48” – Division of Solid Mechanics Structures and Mechanical Design, School of Engineering, Case Western Reserve University, Cleveland, OH. – Agosto de 1970
- [03] Rausche, F., Moses, F., Goble, G. G., “Soil resistance predictions from Pile Dynamics”, Journal of Soil Mechanics and Foundations Division, American Society of Civil Engineers, Setembro de 1972, reimpresso em “Current Practices and Future Trends in Deep Foundations, Geotechnical Special Publication No. 125, DiMaggio, J. A., e Hussein, M. H., Editores, Agosto de 2004, pgs. 418-440
- [04] Pile Dynamics, Inc. – manual do programa CAPWAP, 2014

Desenvolvimento de concretos leves para o Concrebol

ANDRÉ SOARES MENDES – TECNÓLOGO EM CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS

INSTITUTO FEDERAL DO TOCANTINS – IFTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS – CEULP/ULBRA

MARIA CAROLINA ESTEVAM D'OLIVEIRA – PROFESSORA MESTRE

CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS
CEULP / ULBRA / UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS – UFT

BEATRIZ CORREA XAVIER – ENGENHEIRA CIVIL

DIEGO ARAUJO SANTOS – GRADUANDO EM ENGENHARIA CIVIL
CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS – CEULP/ULBRA

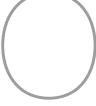
BERNARDO FONSECA TUTIKIAN – PROFESSOR DOUTOR

UNIVERSIDADE DO RIO DOS SINOS – UNISINOS
ITT/PERFORMACE

EDUARDA SUÉLEN DA SILVA SARAGOZO – ENGENHEIRA CIVIL

UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES (URI)

I. INTRODUÇÃO

 concreto leve é aquele que apresenta massa específica menor comparada a do concreto convencional - este possui massa específica entre 2000 kg/m³ e 2800 kg/m³ (ABNT NBR 8953:2015). A Tabela 1 apresenta os limites mínimos e máximos do concreto leve segundo algumas normas e publicações técnicas.

Além disso, o ACI 213 R-03 (2003) define que, para ter aplicação estrutural,

o concreto leve deve atingir resistência à compressão mínima de 17,2 MPa aos 28 dias, o que também é indicado pela NM 35 (1995), conforme Tabela 2.

Adicionalmente são especificadas vantagens nas propriedades térmicas do concreto leve, conforme exposto na Tabela 3.

A utilização de concreto leve estrutural como um material alternativo implica redução de custo pela redução do peso próprio das estruturas, pois elementos estruturais mais leves reduzem as cargas totais na fundação e, consequentemente, o custo final

► **Tabela 2 – Valores correspondentes de resistência à compressão e massa específica para concreto leve estrutural**

Resistência à compressão aos 28 dias (MPa) (Valores mínimos)	Massa específica aparente (kg/m ³) (Valores máximos)
28	1840
21	1760
17	1680

da obra.

Diante da importância desse tema, o Instituto Brasileiro de Concreto – IBRA-

► **Tabela 1 – Documentos normativos internacionais para massa específica de um CLE**

Referência	Massa específica (kg/m ³)
RILEM (1975)	$\gamma < 2000$
CEB-FIP (1977)	$\gamma < 2000$
NS 3473 E (1992)	$1200 < \gamma < 2200$
ACI 213 R-03 (2003)	$1120 < \gamma < 1950$
prEN 206 (2000)	$800 < \gamma < 2000$
ABNT NBR 8953:2014	$\gamma < 2000$

► **Tabela 3 – Propriedades térmicas dos concretos leves**

Propriedades	Concreto com agregados leves	Concreto com agregados convencionais
Massa específica (kg/m ³)	1850	2400
Resistência à compressão (MPa)	20 - 50	20 - 70
Calor específico (cal/g. °C)	0,23	0,22
Condutividade térmica (W/m.K)	0,58 – 0,86	1,4 – 2,9
Diffusão térmica (m ² /h)	0,0015	0,0025 – 0,0079
Expansão térmica (10-6/°C)	9	11

Fonte: Holm e Ferrara, 2000; apud Rossignolo, 2009



CON, desde o 54º Congresso Brasileiro de Concreto, realizado em 2012, utiliza a massa da amostra como índice de pontuação para competição estudantil denominada Concrebol, na qual os participantes devem construir uma esfera de concreto leve capaz de desenvolver uma trajetória retilínea, com alta resistência à compressão.

O presente trabalho é fruto de pesquisas e análises desenvolvidas para participação dos autores neste concurso e visa descrever e detalhar o procedimento de execução das amostras para competição.

2. CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS UTILIZADOS

2.1 Cimento Portland

Foi utilizado o cimento Portland tipo CPV ARI (alta resistência inicial), fabricado pela Cimentos Planalto – CIPLAN, por ser um cimento com menor teor de adições inertes e minerais, e por ser mais fino que outros produtos comerciais.

2.2 Cimento branco

O cimento branco Tolteca - composto de silicatos, aluminatos e ferro aluminato, gesso e cargas minerais - é fabricado pela Cemex e distribuído no Brasil pela Aditex Química. Segundo o fornecedor, pode ser aplicado tanto em argamassas colantes brancas quanto em pré-fabricados de concreto, possui índice de branura superior a 90%, maior fidelidade às cores quando pigmentado, alta resistência, desforma rápida e possibilita a redução de custos empregados em insumos. Além disso, apresenta classe de resistência de

► Tabela 4 – Características físicas da areia

Características físicas da areia	
Massa específica (NBR NM 52:2009)	2660 kg/m ³
Massa unitária (NBR NM 45:2006)	1,42 kg/m ³
Dimensão máxima característica (NBR NM 248:2003)	4,8 mm
Classificação (NBR 7211:2009)	Areia média
Modulo de Finura (MF) (NBR NM 248:2003)	2,22

52,5 MPa (com base na norma europeia EN-197-1). É um cimento equivalente em termos de resistência aos concorrentes cinzas nacionais do tipo ARI

2.3 Sílica ativa

A sílica ativa utilizada foi fornecida pela empresa Silmix, sendo um subproduto do processo de fabricação do silício metálico ou do ferro-silício - gás SiO, ao sair do forno, oxida-se, formando o dióxido de silício (SiO₂). Segundo o fornecedor as características físicas e químicas da sílica ativa utilizada são: massa específica de 2222 kg/m³; formato de partícula esférica; diâmetro médio 0,2 µm; teor mínimo de SiO₂ de 85%; e umidade máxima de 3%. A sílica ativa é uma superpózolana, com grande reatividade com o hidróxido de cálcio, produto gerado na hidratação do cimento. Este material também produz C-S-H, como o gerado pelo clínquer, aumentando as resistências do concreto e atua fisicamente, como ponto de nucleação.. Com isso, potencializa as reações, melhorando as propriedades da mistura.

2.4 Pó de quartzo

O pó de quartzo utilizado foi fornecido pela Mineração Jundu. Segundo

o fornecedor o ensaio de composição granulométrica mostrou que 90% dos grãos da amostra tinham diâmetros menores que 37,37µm, 50% possuíam diâmetro menores que 10,80µm e 10% apresentaram diâmetro menores que 1,33µm. Por ser um material fino, aumenta a compacidade e empacotamento do esqueleto granular, o que é benéfico para misturas de alta resistência.

2.5 Agregado miúdo

Foi utilizada areia natural da região de Palmas, doada pela Castelo Forte Materiais para Construção, extraída do Rio Tocantins pela Mineração Capital. Suas características podem ser observadas na Tabela 4. Este material foi seco em estufa após a extração; posteriormente, foi peneirado mecanicamente, com separação em várias frações granulométricas, lavado para retirada dos materiais pulverulentos e seco em estufa novamente. Para potencializar a resistência e o empacotamento do esqueleto granular foi utilizado o método analítico de empacotamento de Alfred, apontado por Castro e Pandolfelli (2015) como um dos mais utilizados.

2.6 EPS reciclado

O EPS utilizado foi recolhido dos





► **Figura 1**
EPS reciclado

despejos da obra do Ibis Hotel, da construtora Inovatec em Palmas-TO, cujo fornecedor é a Isoeste Indústria e Comércio de Isolantes Térmicos. De acordo com o laudo técnico do produto fornecido pela Isoeste, é classificado como tipo F, segundo especificação BF216 da BASF (Badianische Anilin und Soda-Fabrik), que é uma empresa química alemã. A massa específica do EPS é 11 kg/m³ e sua condutividade térmica é de 0,025 kcal/h.m².C. O diâmetro máximo do EPS reciclado é de 1 cm, com forma-



► **Figura 2**
EPS Industrializado

to esférico, como pode ser observado na Figura 1.

2.7 EPS industrializado

O EPS industrializado foi adquirido em pacotes de 1 litro, conforme Figura 2. O EPS industrializado apresenta diâmetro característico de 0,75 mm, mais uniforme que o EPS reciclado (Figura 3), e sua massa específica, por sua menor granulometria, ficou maior que a do EPS reciclado, com 72 kg/m³.

2.8 Aditivo

O aditivo utilizado foi Plastol 6040 da empresa Viapol. As características técnicas do aditivo utilizado nesta pesquisa podem ser observados na Tabela 5.

► **Tabela 5 – Características técnicas do aditivo utilizado**

Ação principal	Aditivo Superplasticificante tipo II (SP-II R) (Hiperplasticificante)
Ação secundária	Redutor de água de amassamento (A/C)
Composição	Solução de policarboxilatos em meio aquoso
Aspecto	Líquido
Cor	Levemente amarelada
Massa específica	≥ 1,1 g/cm ³
Teor de cloreto	Não contém cloreto



► **Figura 3**
Granulometria do EPS industrializado

2.9 Água

A água de amassamento utilizada foi a fornecida pela rede pública, retirada de um bebedouro do laboratório de Materiais e Estruturas do CEULP/ULBRA, com temperatura média de 14°C.

3. PROGRAMA EXPERIMENTAL

A fim de determinar o traço de melhor desempenho foram testados três granulometrias de EPS e dois tipos de cimento. Vários ajustes foram feitos no decorrer de cada

► **Tabela 6 – Traço de Referência (VANDERLEI, 2004)**

Material	Relação (em massa)	Consumo (kg/m ³)
Cimento	1	874
Areia	1,101	962
Pó de quartzo	0,235	205
Sílica ativa	0,246	215
Superplasticificante 3%	0,030	26
Água (a/c= 0,18)	0,180	157



► **Figura 4**
Corpos de prova antes
do rompimento

traço, buscando sempre melhorar o desempenho do concreto, mantendo sua massa específica dentro dos limites para ser considerado CLE. Para execução deste trabalho partiu-se de um traço pré-estabelecido de concreto de Pós Reativos – CPR segundo (VANDERLEI, 2004), traço este que pode ser observado na Tabela 6. O âmbito deste trabalho foi produzir um material que possa ser classificado como Concreto Leve de Alta Resistência (CLAR), a partir de um CPR com a adição de pérolas de EPS. A Tabela 7 mostra as diferentes dosagens de EPS em relação à massa de cimento do traço pré-



► **Figura 5**
Bola de concreto

► **Tabela 7 – Dosagem de EPS com relação a massa de cimento**

Traço	Massa de pérolas de EPS (g)	Massa proporcional ao cimento
T-1	288	0,016
T-2	176	0,011
T-3	120	0,0075
T-4	91,2	0,0057
T-5	766,4	0,0479
T-6	718,5	0,0479
T-7	795	0,053

-estabelecido de CPR. Os Traços T-1, T-2, T-3 e T-4 foram feitos com CPV-ARI, já os traços T-5, T-6 e T-7 foram confeccionados com Cimento Branco.

Foram moldados 4 corpos de prova cilíndricos com dimensões 100x200 mm, para os ensaios de compressão axial (Figura 4) e 3 esferas de diâmetro de 219 mm para os ensaios de tração por compressão pontual (Figura 4), ensaio utilizado como um dos critérios de avaliação no CONCREBOL. Os ensaios mecânicos foram realizados aos 7 dias de idade, pois, de acordo com HOLM e BRENNER (1994) apud ROSSIGNOLO (2009), os concretos leves apresentam aos 7 dias 80% da resistência à compressão observada aos 28 dias. As adições mostradas na Tabela 7 são a quantidade de EPS adicionada em gra-

mas para um consumo de 15 quilos de cimento - o traço foi feito em betoneira.

3.I Procedimento de mistura

Este processo é de extrema importância para qualidade do concreto e tendo em vista a importância desse processo ele foi altamente controlado. Os materiais finos (cimento, sílica e quartzo) eram misturados previamente em um recipiente seco para que a homogeneidade da mistura fosse garantida. Após, foi adicionado o agregado miúdo e, então, os materiais foram lançados na betoneira, seguindo a ordem conforme Tabela 8.

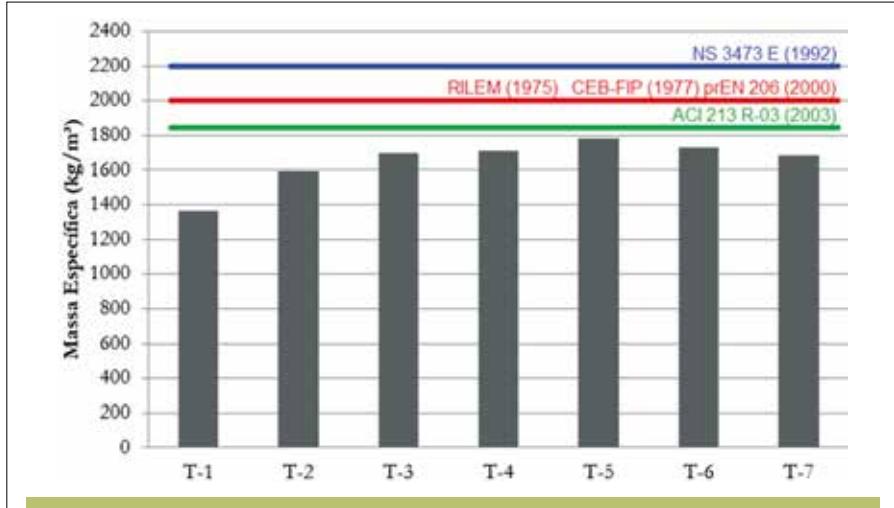
Em todo processo de mistura a betoneira ficava com sua boca tampada para que a perda de material fino fosse a menor possível.

► **Tabela 8 – Processo de misturas dos materiais**

Procedimento	Tempo inicial (s)	Tempo final (s)
EPS + 50% Água	0	30
Ligantes com agregado miúdo	30	120
Limpeza e espera	120	150
50% água + Aditivo	150	450



► **Figura 6**
Moldagem das esferas



► **Figura 7**
Comparativo entre as massas específicas obtidas e os documentos listados na Tabela 1

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Concreto no estado fresco

Não foram realizados ensaios de consistência no estado fresco, pois a quantidade de material era bem limitada, já que quase todo material da pesquisa era de outros estados, todo concreto foi exclusivamente utilizado para confecção dos corpos de prova e das esferas. Contudo, o que se pode afirmar, com base em trabalhos de adição

EPS em concreto (XAVIER; SANTOS; MENDES, 2015), é que quando maior adição de EPS ao concreto, menor sua trabalhabilidade. Esta influência negativa da adição de EPS na trabalhabilidade do concreto foi facilmente superada com emprego de aditivos plastificantes. Com isso, a utilização de aditivo e o alto teor de finos tornou possível a moldagem do concreto de forma fácil e quase de maneira fluida (Figura 6).

Podemos observar na Figura 6 como o concreto é colocado nas aberturas das formas com uma boa trabalhabilidade.

4.2 Massa específica

Os resultados de massa específica obtidos através do estudo das esferas de concreto e dos corpos de prova podem ser observados na Tabela 9.

Os traços T-1, T-2, T-3 e T-4, que foram produzidos com EPS reciclado, apresentaram resultados favoráveis para concretos leves. À medida que foi aumentado o teor de EPS, a massa específica foi diminuída, atingindo o seu mínimo no T-1, que, com 13,98 kg/m³ de EPS, alcançou uma massa específica de 1367 kg/m³.

Já os traços T-5 e T-6 foram produzidos com EPS industrializado e com diâmetro menor, os quais também apresentaram resultados positivos para concretos leves e obedeceram à mesma tendência dos outros traços, ou seja, com o aumento do teor de EPS, observou-se a redução da massa específica do concreto.

O traço T-7 também foi produzido com EPS industrializado e com diâmetro característico menor que os traços

► **Tabela 9 – Resultados experimentais de massa específica**

Traço	Relação água/cimento	Diâmetro característico do EPS (mm)	Dosagem de EPS (kg/m ³)	Massa específica (kg/m ³)
T-1	0,475	5 a 10	13,98	1367
T-2	0,475	5 a 10	9,61	1596
T-3	0,475	5 a 10	4,20	1699
T-4	0,440	5 a 10	4,98	1713
T-5	0,405	1,5	41,66	1780
T-6	0,330	1,5	41,86	1729
T-7	0,263	0,75	46,33	1687



► Figura 8
CP após ensaio de resistência à compressão

T-5 e T-6, sendo que também obedeceu aos requisitos de concretos leves. Portanto, todos os traços estudados obedeceram às referências da Tabela 1 de massa específica para CLE, como mostra a Figura 7.

4.3 Resistência à compressão axial

Os resultados de resistência à compressão axial obtidos nesta pes-

► Tabela 10 – Resultados experimentais de resistência à compressão axial

Traço	Relação água/cimento	Diâmetro característico do EPS (mm)	Dosagem de EPS (kg/m ³)	Tensão média de compressão (MPa)
T-1	0,475	5 a 10	13,98	13,4
T-2	0,475	5 a 10	9,61	16,4
T-3	0,475	5 a 10	4,20	18,5
T-4	0,440	5 a 10	4,98	18,8
T-5	0,405	1,5	41,66	30,3
T-6	0,330	1,5	41,86	30,6
T-7	0,263	0,75	46,33	43,3

quisa estão dispostos na Tabela 10.

Analisando os resultados dos traços T-1, T-2, T-3 e T-4, que possuem EPS com o mesmo diâmetro característico, observa-se que, ao aumentar a quantidade de EPS, a resistência à compressão do concreto tende a diminuir, sendo considerados como concretos leves estruturais apenas os traços T-3 e T-4, pois, de acordo com o ACI 213 R-03 (2003), o valor mínimo de resistência à compressão para este tipo de concreto é de 17,2 MPa.

Os traços T-5 e T-6, com EPS de diâmetro de 1,2 mm, seguiram a mesma tendência de decréscimo de resistência dos traços anteriores,

sendo que, neste caso, os dois traços obedeceram ao ACI 213 R-03 (2003) e podem ser considerados concretos leves estruturais. E o T-7 apresentou a maior resistência à compressão, mesmo tendo uma maior quantidade de EPS, isso possivelmente se deve à granulometria do EPS, que é bem menor em relação aos outros traços. A Figura 8 mostra um CP após o ensaio de resistência à compressão.

4.4 Resistência à tração por compressão pontual

Os resultados de resistência à



► Figura 9
Esferas após ensaio de resistência à compressão mostrando as 3 granulometrias de EPS utilizadas nesta pesquisa

► Tabela 11 – Resultados experimentais de resistência à tração por compressão pontual

Traço	Dosagem (g)	Carga média de ruptura da bola (kN)	Massa específica (kg/m ³)
T-1	288	111,77	1367
T-2	176	80,87	1596
T-3	120	87,36	1699
T-4	91,2	91,04	1713
T-5	766,4	230,45	1780
T-6	718,5	250,96	1729
T-7	795	320,56	1687

► Tabela 12 – Fator de eficiência

Traço	Dosagem (g)	Tensão média de compressão (MPa)	Massa específica (kg/dm³)	Fator de eficiência (MPa.dm³/kg)
T-1	288	13,4	1,367	9,80
T-2	176	16,4	1,596	10,27
T-3	120	18,5	1,699	10,91
T-4	91,2	18,8	1,713	11,00
T-5	718,5	30,3	1,780	17,52
T-6	766,4	30,6	1,729	17,19
T-7	795	43,3	1,687	25,66

tração das esferas e corpos de prova estudados estão dispostos na Tabela 11.

Assim como a resistência à compressão axial, a resistência à tração foi maior no T-7, que possui a maior quantidade de EPS e menor granulometria. Normalmente, quanto maior a quantidade de EPS colocada no concreto, maior será a perda na resistência. No entanto, trabalhando com uma granulometria menor, como no T-7, que foi de 0,75 mm, mesmo aumentando a quantidade do EPS em relação aos outros traços, obteve-se maior resistência, tanto na tração quanto na compressão. A Figura 9 mostra as esferas com diferentes

granulometrias de EPS após ensaio de compressão axial.

4.5 Fator de eficiência (FE)

O fator de eficiência do concreto (FE) consiste na razão entre a resistência à compressão e a massa específica aparente. Não existe atualmente um parâmetro para o concreto leve estrutural, somente para o concreto leve de alto desempenho que, de acordo com Spitzner (1994) e Armelin *et al.* (1994), deve ser superior a 25 MPa.dm³/kg. Os valores de FE podem ser observados na Tabela 12.

Analizando os dados apresentados, apenas o T-7 apresentou um

fator de eficiência maior que 25MPa.dm³/kg. Portanto, apenas o T-7 pode ser considerado concreto leve de alto desempenho.

5. CONCLUSÕES

Pode-se concluir, por meio do exposto neste artigo, que o EPS se mostra um agregado leve de grande potencial para ser utilizado em concretos leves. No entanto, alguns fatores devem ser levados em consideração para que o desempenho deste concreto não seja prejudicado devido à escolha do tipo de EPS a ser utilizado. Esses fatores podem ser destacados como: diâmetro máximo característico do EPS, sua uniformidade e a quantidade utilizada em função da massa do cimento. De acordo com essa pesquisa, o fator mais importante na dosagem de EPS e na produção de concretos é a sua granulometria, já que o concreto elaborado com o EPS de menor diâmetro característico foi o que apresentou a maior resistência, mesmo sendo adicionado em maior quantidade em relação aos outros traços de concreto estudados.

► REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [01] AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. ACI 213 R-03 Guide for structural lightweight-aggregate concrete. Farmington Hills, 2003.
- [02] ARMELIN, H.S.; LIMA, M.G.; SELMO, S.M.S. Alta resistência com argila expandida. Revista Ibracon, n.09, p.42-47, 1994.
- [03] UNIT-NM 35:1998 Agregados livianos para hormigón estructural. Especificación, Montevideo, 1998.
- [04] CASTRO, A. L.; PANDOLFELLI, V. C. Revisão: conceitos de dispersão e empacotamento de partículas para a produção de concretos especiais aplicados na construção civil. Cerâmica, vol.55, no.333, p.18-32. Mar 2015.
- [05] HOLM, T.A. Specified density concrete – A transition. In: Internaciona Symposium on Structural Lightweight Aggregate Concrete, 2. Kristiansand, Norway, 2000. Proceedings, p.37-46.
- [06] ROSSIGNOLO, J. A. Concreto leve estrutural: produção, propriedades, microestrutura e aplicações. Editora Pini, 1ª Edição. São Paulo, 2009.
- [07] SPITZNER, J. High-Strength LWA Concrete. High-Strength Concrete. RILEM Cap.II – Aggregates. 1994.
- [08] VANDERLEI, Romel Dias. Análise experimental do concreto de pós reativos: dosagem e propriedades mecânicas. 2004. Tese (Doutorado em Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-23082006-095043/>>. Acesso em: 2016-05-16.
- [09] XAVIER, Beatriz Correa; SANTOS, Fabrício Bassani dos; MENDES, André Soares. Avaliação do Concreto Leve Estrutural com EPS Reciclado. 2015. 64 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas, 2015.

III Competição de Resistência à Compressão de Corpo de Prova

O professor da disciplina “Materiais de Construção”, Fernando Fernandes, lançou no último dia 13 de março a terceira edição da Competição Resistência à Compressão de Corpo de Prova, entre seus alunos do 5º período, na Faculdade de Engenharia Civil da Católica de Tocantins. A competição objetiva que os alunos apliquem os conhecimentos adquiri-

dos na disciplina, testando suas habilidades na preparação de um corpo de prova cilíndrico, com concretos resistentes e duráveis. Segundo Fernandes, a competição visa preparar os alunos da Universidade para participarem dos concursos técnicos do IBRACON. “A metodologia envolve o aluno na busca do melhor resultado, sendo necessário um conhecimento

das normas pertinentes que tratam do assunto, assim como o envolvimento do grupo nas práticas de laboratório”, esclareceu Fernandes.

Os corpos de provas participantes devem ser entregues na fábrica da Supermix, em Palmas, até 28 de abril. A competição vai acontecer no dia 27 de maio, quando serão divulgados os resultados, durante uma visita técnica à Supermix.

Visita técnica de estudantes a uma central dosadora de concreto

A Diretoria de Atividades Estudantis do Instituto Brasileiro do Concreto promoveu no último dia 11 de janeiro uma visita técnica às instalações da Itacomix Concreto e Serviços, em Itaquaquecetuba, São Paulo. O objetivo da visita foi atender a uma solicitação de um grupo de estudantes paulistas, que participaram da última edição dos Concursos Técnicos do IBRACON, para conhecer de perto uma usina de concreto e as atividades envolvidas em sua produção. “Nesta visita, os alunos puderam perceber a complexidade do processo de produção do concreto numa usina, o que contribuiu para sua formação profissional, pois na maioria das vezes, seu contato com a preparação do concreto e seu controle tecnológico acontece apenas em nível laboratorial, em pequenos volumes”, ressaltou a diretora de atividades estudantis, Engª Jéssika Pacheco. Antes da visita, os alunos assistiram às palestras sobre como é preparado o concreto dosado em central (ministrada pelo engenheiro da Qualitec, Laerte Brangio-

ni Jr), o mercado de atuação da Itacomix (pelo seu gerente de operações, Marcio Oliveira) e as ações de responsabilidade social desenvolvidas no entorno da empresa pela Abaré Socioambiental (por Lígia Cândida).

Durante a visita, além de conhecer as atividades técnicas envolvidas na produção do concreto dosado em central e de acompanharem o carregamento completo de um caminhão betoneira, os alunos puderam ver as soluções de reciclagem de água e de resíduos adotados pela empresa.

A Itacomix recupera todo o lastro dos caminhões betoneiras, que pode representar até 5% de sua produção diária. Esse concreto não aplicado é segregado, decantado, secado e peneirado, transformando-se em agregado para nova utilização na central de dosagem de concreto. Além disso, a empresa reaproveita 60%



da água utilizada em seus processos de produção.

Esta foi uma primeira iniciativa da Diretoria de Atividades Estudantis no sentido de complementar a formação profissional de estudantes de engenharia civil, arquitetura e tecnologia. “Esperamos com essa iniciativa incentivar outros grupos de estudantes, de outros estados, a organizarem outras visitas técnicas, por meio de nossa mediação. Com isso, esperamos estar contribuindo para despertar o interesse do futuro profissional no concreto e em suas estruturas, ao mesmo tempo que fomentamos os conceitos como qualidade, durabilidade, sustentabilidade e resistência”, concluiu Pacheco.

Seminário na Regional da Bahia

Para apresentar a nova diretoria da Regional IBRACON na Bahia foi organizado o I Seminário sobre desempenho, manutenção e durabilidade das estruturas de concreto, nos dias 29 e 30 de março.

O Seminário, realizado no Auditório Leopoldo Amaral da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (UFBA), contou com palestras do diretor institu-

cional do IBRACON, Prof. Paulo Helene (que abordou o tema “Aprendendo com erros e acidentes nas estruturas de concreto”), e do diretor regional na Bahia, Prof. Francisco Gabriel Silva (que tratou da manutenção das estruturas de concreto). Compuseram ainda o Seminário as palestras sobre a norma de desempenho e as estruturas de concreto (ministrada pela Engª Priscila

Verônica, do Senai e Climatec), desempenho e avaliação de estruturas mistas (Eng. Vinicius Maia Barreto, da Pengec Engenharia e Consultoria), manutenção e monitoramento de pontes e viadutos (Prof. Ademir Santos) e cases de obras de infraestrutura (Eng. Luiz Chagas, da Odebrecht), além dos minicursos sobre alvenaria estrutural e técnicas não destrutivas para avaliação do concreto.

Palestra na Regional do Triângulo Mineiro

A avaliação da resistência do concreto em estruturas existentes foi o tema da palestra do Prof. Paulo Helene, diretor institucional do IBRACON, na

Regional do Triângulo Mineiro, no último dia 10 de fevereiro, com participação de 70 estudantes e profissionais.

Organizada pela diretoria regional,

o evento teve apoio institucional da Universidade Federal de Uberlândia, local onde foi proferida a palestra, e do Sinduscon. ♦

COMENTÁRIOS E EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DA ABNT NBR 6118:2014

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

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

DADOS TÉCNICOS

ISBN 9788598576244

Formato: 18,6 cm x 23,3 cm

Páginas: 484

Acabamento: Capa dura

Ano da publicação: 2015

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



Patrocínio





INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO – IBRACON

ESTATUTO

CAPÍTULO I

Da Constituição, Denominação, Sede, Foro e Prazo de Duração

Art. 1º – O Instituto Brasileiro do Concreto é uma organização técnico-científica em defesa e valorização da engenharia, no âmbito nacional, em caráter associativo, com duração ilimitada, tendo personalidade jurídica própria, sem fins econômicos, regida por este Estatuto, pela Lei 10.406/02 (Código Civil) e pela Legislação aplicável.

§ 1º – O Instituto Brasileiro do Concreto, terá como sigla as letras maiúsculas – IBRACON.

§ 2º – O Instituto Brasileiro do Concreto é uma entidade, sem finalidade econômica e sem distribuição de lucros, sob nenhuma forma ou pretexto, de bonificações ou de quaisquer vantagens econômicas a diretores, conselheiros, colaboradores, associados coletivos, associados mantenedores ou associados individuais.

Art. 2º – O Instituto Brasileiro do Concreto, doravante simplesmente denominado IBRACON, tem sua sede localizada à Rua Julieta do Espírito Santo Pinheiro, nº 68, CEP 05542-120, Bairro Jardim Olímpia, na Cidade de São Paulo, no Estado de São Paulo;

§ 1º – O foro competente para tratar questões relacionadas ao Instituto é o da Capital do Estado de São Paulo.

CAPÍTULO II

Dos Objetivos

Art. 3º – O IBRACON tem como objetivo proporcionar aos estudantes, profissionais e demais intervenientes da cadeia produtiva do concreto, nas áreas de materiais, tecnologia, projetos, gestão, controle, arquitetura, estruturas e construções, maiores conhecimentos, por meio de cursos, eventos, publicações, certificações de pessoal, reuniões técnico-científicas, valorização e incentivos às investigações e pesquisas científicas e tecnológicas e sua respectiva divulgação.

§ 1º – O IBRACON tem por missão criar, divulgar e defender o correto conhecimento sobre materiais, projeto, construção, uso e manutenção de obras de concreto, desenvolvendo o seu mercado, articulando seus agentes e agindo em benefício dos consumidores e da sociedade em harmonia com o meio ambiente.

§ 2º – O IBRACON, poderá registrar um sitio eletrônico, mídias eletrônicas, ou mantê-lo, caso já o tenha, com a denominação restrita nos termos do Capítulo I, para divulgar os trabalhos, eventos, atas de conselho e diretoria, bem como para publicar artigos, estudos e promover debates.

§ 3º – O sitio eletrônico, poderá também ser utilizado como ferramenta, para abertura de assembleia, com participação de associados, eleição, apuração de votação e divulgação das eleições,

CAPÍTULO III

Do Quadro Associativo e da Associação

Art. 4º – O IBRACON, será constituído de associados individuais, coletivos, mantenedores e honorários. Serão admitidos, também, como associados individuais os estudantes devidamente matriculados em cursos oficiais de graduação e de pós-graduação.

§ 1º – Para a classe de associados individuais estudantes, o candidato/aluno deverá apresentar documento do estabelecimento onde estuda, com o comprovante de matrícula e frequência do curso.

§ 2º – Como associados individuais serão admitidos os profissionais ou pessoas físicas que exerçam ou se interessem pelas atividades ligadas aos objetivos do IBRACON.

§ 3º – Como associados coletivos ou mantenedores serão admitidas entidades oficiais, públicas ou privadas; e entidades de classe ou empresas cujas atividades se relacionem com as finalidades e objetivos do IBRACON.

Art. 5º – A Assembleia Geral, mediante convocação específica poderá promover a deliberação de proposta do Conselho Diretor, para conceder o título de sócio honorário a personalidades nacionais e estrangeiras de reconhecido mérito técnico científico e que tenham se destacado no campo das atividades do IBRACON.

Parágrafo Único – Os sócios honorários ficam liberdados do pagamento da anuidade.

Art. 6º – A admissão dos associados individuais, coletivos e mantenedores será homologada pela Diretoria, mediante proposta do interessado.

Parágrafo Único – É critério único e exclusivo da

Diretoria a aceitação ou não de um novo candidato a associado, tendo esta a mais ampla liberdade para recusar a admissão de candidatos, sem a necessidade de justificativa, por ser matéria restrita.

Art. 7º – A proposta dos associados individuais consiste no preenchimento completo do formulário de inscrição para tal fim, elaborado pelo IBRACON.

Art. 8º – A proposta dos candidatos a associados coletivos e mantenedores deverá consistir no preenchimento completo do formulário de inscrição, juntamente com as cópias do estatuto ou contrato social/comercial da entidade candidata.

CAPÍTULO IV

Dos Direitos e Deveres dos Associados

Art. 9º – São direitos dos associados individuais:

- tomar parte, discutir e votar nas Assembleias do IBRACON, nos seus congressos e reuniões, estando quite com as contribuições junto ao instituto;
- ter acesso ou receber as publicações do IBRACON, gratuitamente ou não, a critério da Diretoria;
- fazer parte dos Comitês Técnicos do IBRACON, a serem regulados por este estatuto e por respectivo regulamento dos Comitês Técnicos, aprovado pelo Conselho Diretor.

Parágrafo Único – Os associados individuais estudantes de graduação não têm direito a voto, mas possuem direito a voz, desde que estejam em dia com suas contribuições.

Art. 10 – São direitos dos associados coletivos:

- indicar um representante titular no IBRACON, que gozará dos mesmos direitos dos associados individuais;
- indicar três representantes no IBRACON, que gozará dos mesmos direitos dos associados individuais, para efeito de participação nos eventos promovidos pelo IBRACON, estando quite com suas contribuições junto ao instituto.
- indicar um representante para participar gratuitamente do Congresso Brasileiro do Concreto ("CBC"), realizado anualmente, restrito a inscrição.

Parágrafo Único – O representante de associado coletivo no IBRACON, que se afastar da entidade jurídica a que pertence provisoriamente ou definitivamente, deverá ser substituído por novo representante, a ser indicado



pela direção da própria entidade jurídica do associado coletivo.

Art. 11 – São direitos dos associados mantenedores:

- a) indicar um representante titular no IBRACON, que gozará dos mesmos direitos dos associados individuais;
- b) indicar cinco representantes no IBRACON, que gozão dos mesmos direitos dos associados individuais, para efeito de participação nos eventos promovidos pelo IBRACON estando quite com suas contribuições junto ao instituto;
- c) indicar até dois representantes para participarem gratuitamente do Congresso Brasileiro do Concreto (“CBC”), realizado anualmente, restrito a inscrição.

Parágrafo Único – O representante titular de associado mantenedor que se afastar da entidade jurídica a que pertence, provisoriamente ou definitivamente, deverá ser substituído por novo representante indicado pela direção da própria entidade jurídica do associado mantenedor.

Art. 12 – A Diretoria fixará anualmente, o valor das contribuições, para cada uma das categorias de associados, que será objeto de posterior homologação pelo Conselho Diretor, em reunião a ser convocada para tal fim.

Art. 13 – São deveres dos associados:

- a) promover realização da missão e dos objetivos do IBRACON;
- b) acatar e prestigiar os atos do IBRACON e as decisões de suas Assembleias;
- c) pagar anualmente as contribuições previstas no Art. 12, deste estatuto, nas datas de vencimento estabelecidas pela Diretoria;
- d) manter atualizados os seus dados cadastrais junto à Administração do IBRACON.

Art. 14 – Serão excluídos, por proposta da Diretoria e após homologação do Conselho Diretor, os associados que agirem contra os interesses, objetivos, missão e fins do IBRACON.

§ 1º – Para tanto será aberto um processo administrativo, o qual constará o fato e fundamento, que será relatado por um dos conselheiros, a ser nomeado pelo diretor presidente, que terá o prazo de 30 (dias) para apresentar junto a diretoria, o relatório, com o parecer a ser votado,

§ 2º – Após a leitura pelo relator, na reunião de diretoria, este parecer deverá ser votado e então, levado ao conselho para homologação.

§ 3º – Em sendo, pela maioria simples da Diretoria e do Conselho, aprovada a exclusão do associado, este será comunicado por meio de carta registrada.

§ 4º – Os associados que deixarem de pagar as contribuições previstas no Art. 12 deste estatuto, perderão todos seus direitos, podendo os mesmos, a critério da Diretoria e do Conselho Diretor, serem excluídos do quadro associativo do IBRACON.

§ 5º – Os associados em dia com sua contribuição e que, por outras razões forem excluídos do IBRACON, receberão notificação formal com a justificativa de sua exclusão, podendo o associado excluir-se recorrer da de-

cisão em Assembleia Geral, conforme Artigo 57, da Lei 10.406/02.

Art. 15 – O Conselho Diretor e a Assembleia Geral decidirão, conforme o caso, sobre a imposição de outras penalidades, mais brandas, aos associados individuais, coletivos e mantenedores que agirem contra os interesses, objetivos, missão e fins do IBRACON, seguindo o mesmo rito de procedimento previsto ao Artigo 14 e seus parágrafos.

Art. 16 – Os associados do IBRACON, não responderão solidariamente e nem subsidiariamente pelas obrigações assumidas pela entidade, nem mesmo quando os mesmos estiverem exercendo cargos voluntários na Diretoria ou no Conselho Diretor.

CAPÍTULO V

Da Administração

Art. 17 – O IBRACON será dirigido por um Conselho Diretor e uma Diretoria, sem qualquer tipo de remuneração seja ela de qualquer espécie.

§ 1º – Os Conselheiros e Diretores devem ser associados do IBRACON por, no mínimo, há 4 (quatro) anos, na data do início de mandato.

§ 2º – O Diretor Presidente deve ser associado individual do IBRACON por, no mínimo, há 10 (dez) anos, na data do início de seu mandato e deve ser do Conselho Diretor do IBRACON.

§ 3º – No caso do candidato a Diretor Presidente ser representante de associado coletivo ou mantenedor, a contagem do tempo, para que sua candidatura produza efeitos, será considerada a partir do momento em que o mesmo for indicado formalmente como representante daquele sócio coletivo ou mantenedor junto ao IBRACON. Na sua inscrição como candidato a Presidente, este deve associar-se como sócio individual do IBRACON.

Art. 18 – O Conselho Diretor será constituído pelos ex-diretores Presidentes do IBRACON, que continuarem associados, e por 20 (vinte) associados, eleitos através de votação secreta e direta dos associados, por meio eletrônico, através de cédula inviolada ou presencialmente em Assembleia Geral Ordinária, dentre os associados individuais, coletivos e mantenedores. Em número de 10 (dez) para a categoria de associados titulares individuais; e, 10 (dez) para a categoria de associados coletivos e mantenedores, somados.

Parágrafo Único – Além dos 20 (vinte) membros titulares eleitos para o Conselho Diretor, serão nomeados 16 (dezesseis) suplentes; sendo 10 (dez) associados individuais e 6 (seis) associados coletivos ou mantenedores, na sequência de classificação na votação, objeto do Art. 18 deste estatuto.

Art. 19 – Os associados do Conselho Diretor terão o mandato de (2) dois anos, eleitos conforme o Artigo 18 deste estatuto.

§ 1º – A eleição será realizada durante a Assembleia Geral Ordinária, conforme previsto no Artigo 43 deste

Estatuto e no regulamento “Eleição do Conselho Diretor”, aprovado pelo Conselho Diretor do IBRACON.

§ 2º – Terão direito a voto os associados que estejam quites junto a Tesouraria do IBRACON e admitidos há 6 (seis) meses antes da data da eleição.

§ 3º – A votação será realizada exclusivamente por meio eletrônico, no site do IBRACON, pelos associados que estejam em dia com suas obrigações financeiras, e que por meio de seu número de associado, com login e senha, terão acesso ao sistema, no prazo estipulado pela Diretoria e pelo Conselho Diretor que antecede a Assembleia Geral Ordinária. O sigilo será garantido uma vez que o sistema de votação terá prazo de abertura e encerramento, e caberá a comissão julgadora a abertura do sistema com a impressão dos votos colhidos para serem arquivados no Instituto.

§ 4º – A circular da convocação da respectiva Assembleia Geral Ordinária, contendo as deliberações será enviada ao endereço eletrônico informado pelo associado.

§ 5º – O mandato dos Diretores e Conselheiros prosseguirá até a posse dos novos associados membros do Conselho Diretor.

Art. 20 – A Diretoria do IBRACON será composta por 16 (dezesseis) membros:

1. Um Diretor Presidente;
2. Um Diretor 1º Vice-Presidente;
3. Um Diretor 2º Vice-Presidente;
4. Um Diretor 1º Secretário;
5. Um Diretor 2º Secretário;
6. Um Diretor 1º Tesoureiro;
7. Um Diretor 2º Tesoureiro;
8. Um Diretor Técnico;
9. Um Diretor de Relações Institucionais;
10. Um Diretor de Pesquisa e Desenvolvimento;
11. Um Diretor de Publicações;
12. Um Diretor de Eventos;
13. Um Diretor de Cursos;
14. Um Diretor de Certificação de Pessoal; e,
15. Um Diretor de Marketing.
16. Um Diretor de Atividades Estudantis

§ 1º – Os ocupantes dos cargos de Diretor Presidente, Diretor 1º Vice-Presidente, Diretor 1º Secretário e Diretor 1º Tesoureiro, deverão pertencer ao Conselho Diretor e os demais Diretores poderão ser escolhidos, dentre os associados individuais do IBRACON com, pelo menos, 4 (quatro) anos ou mais de associação ao IBRACON.

§ 2º – O representante de associado coletivo ou mantenedor no Conselho que, depois de eleito para a Diretoria, afastar-se da entidade jurídica a que pertence, não poderá ocupar um dos cargos indicados no § 1º.

§ 3º – O Diretor Presidente de mandato recém-terminado será membro nato da Diretoria na gestão seguinte, ocupando o cargo de Diretor 1º Vice-Presidente.

§ 4º – Os suplentes de associados, individuais ocuparão assento no Conselho Diretor, na ordem de sua classificação, quando um membro eleito para o Conselho,

na categoria de associado individual for designado para ocupar um cargo na Diretoria, ou por impedimento ou vacância de qualquer um dos membros do Conselho.

§ 5º – Os suplentes de associados coletivos ou mantenedores ocuparão assento no Conselho Diretor, na ordem de sua classificação, quando houver afastamento ou desligamento do Conselho por parte de associado coletivo ou mantenedor.

§ 6º – No caso de serem chamados todos os suplentes dos associados individuais e ainda restarem vagas a serem preenchidas no Conselho Diretor, deverão ser convocados os suplentes dos associados coletivos e mantenedores, na sequência de classificação de votação, para tomarem posse como membros do Conselho Diretor do IBRACON.

Art. 21 – A eleição do Diretor Presidente deverá feita por voto secreto em eleição direta.

§ 1º – Terão direito a voto, apenas os membros do Conselho Diretor.

§ 2º – O voto poderá ser dado por procuração formal assinada e passada a outro Diretor Conselheiro.

§ 3º – Vence o candidato mais votado por maioria simples.

§ 4º – É facultada a reeleição do Diretor Presidente por apenas mais um mandato consecutivo ou quantos mandatos forem desejados, mediante devida eleição, desde que intercalado com o mandato de outros Diretores Presidente.

Art. 22 – Cabe ao Diretor Presidente eleito, indicar os membros de sua Diretoria a serem homologados pelo Conselho Diretor. O mandato da Diretoria será de dois anos ou até a posse da nova Diretoria.

Parágrafo Único – É facultado ao Diretor Presidente convidar assessores associados do IBRACON para compor a sua Diretoria que passam a ter direito a voz, mas não a voto.

Art. 23 – A Diretoria, com aprovação prévia do Conselho Diretor, poderá contratar um Secretário Administrativo, um Secretário Executivo, bem como os demais componentes do corpo funcional, para manter a continuidade das atividades técnico-administrativas do IBRACON.

Parágrafo Único – As remunerações salariais do Secretário Administrativo e do Secretário Executivo, serão propostas pela Diretoria e sua efetivação ocorrerá somente após a aprovação do Conselho Diretor.

Art. 24 – A fim de atuar como Organismo de Certificação de Pessoal, o IBRACON abrigará um Conselho de Certificação e um “Núcleo de Certificação”. Estes órgãos atuarão de acordo com um regulamento de Certificação de Pessoal, previamente aprovado pelo Conselho Diretor do IBRACON.

CAPÍTULO VI

Do Conselho Diretor

Art. 25 – Compete ao Conselho Diretor:

a) eleger o Diretor Presidente do IBRACON;

- b) homologar a Diretoria proposta pelo Diretor Presidente;
- c) aprovar o programa anual de atividades apresentado pelo Diretor 1º Secretário;
- d) propor à Assembleia Geral Ordinária ou Extraordinária a admissão de sócios honorários;
- e) aprovar o balanço anual apresentado pelo Diretor 1º Tesoureiro, a ser submetido à Assembleia Geral Ordinária;
- f) deliberar sobre matéria referente à missão, aos objetivos e à administração do IBRACON;
- g) nomear os Diretores das Regionais e os Presidentes dos Comitês Técnicos do IBRACON;
- h) deliberar sobre as publicações do IBRACON;
- i) promover a defesa e a valorização da engenharia e dos interesses nacionais;
- j) promover a inserção internacional do IBRACON;
- k) indicar, mediante aprovação do Conselho Diretor, substitutos definitivos aos Diretores que, em caso de vacância forem automaticamente destituídos de seus cargos.

Parágrafo Único – Entende-se por vacância dos Diretores a ausência definitiva ou prolongada, caracterizada por morte, enfermidade, impedimento legal, afastamento por pedido próprio, ou ainda por ausência em três reuniões de Diretoria consecutivas, sem justificativa aprovada pelo Conselho Diretor.

Art. 28 – Compete ao Diretor 1º Vice-Presidente:

- a) substituir o Diretor Presidente em suas faltas e impedimentos e, em caso de vacância da Presidência, até nova eleição para esse cargo.

Parágrafo Único – A substituição do Presidente pelo Diretor 1º Vice-Presidente, em caso de vacância da Presidência, assegurará ao Diretor 1º Vice-Presidente o direito de integrar o Conselho Diretor, na condição de ex-presidente.

- b) participar do processo de análise e seleção dos profissionais indicados para premiações instituídas pelo INSTITUTO.

Art. 29 – Compete ao Diretor 2º Vice-Presidente:

- a) substituir o Diretor 1º Vice-Presidente em suas faltas e impedimentos e, em caso de vacância, até nova eleição para esse cargo;
- b) colaborar com o Diretor Presidente, desenvolvendo as atividades por ele solicitadas.

Art. 30 – Compete ao Diretor 1º Secretário exercer todas as atribuições que, por consenso, são inerentes ao cargo na atividade associativa, dentre as quais:

- a) preparar a correspondência de expediente do IBRACON;
- b) lavrar e ler as atas das Reuniões de Diretoria, do Conselho Diretor e das Assembleias;
- c) secretariar as reuniões da Assembleia Geral e da Diretoria, nos termos deste Estatuto;
- d) coordenar e dirigir os trabalhos da secretaria;
- e) assistir ao Presidente e ao 1º Vice-Presidente;
- f) fazer e publicar os editais e expedir as cartas ou circulares de convocação;
- g) supervisionar os arquivos da secretaria, os registros do corpo associativo e seus respectivos endereços mantidos sempre em ordem, atualizados e prontos a quaisquer usos;
- h) preparar o plano anual de atividades com o concurso do Diretor Presidente e demais membros da Diretoria;
- i) manter em dia o calendário de eventos previstos neste Estatuto, alertando os demais membros da Diretoria para o seu fiel cumprimento.
- j) participar do processo de análise e seleção dos profissionais indicados para premiações instituídas pelo INSTITUTO.



Art. 31 – Compete ao Diretor 2º Secretário:

- a) colaborar com o Diretor 1º Secretário no exercício de suas atribuições;
- b) substituir o Diretor 1º Secretário na sua ausência.

Art. 32 – Compete ao Diretor 1º Tesoureiro:

- a) viabilizar a arrecadação das rendas do IBRACON, bem como dirigir o setor financeiro do IBRACON, fiscalizando os serviços de Contabilidade e Tesouraria, recebendo anuidades, taxas e demais contribuições para a receita do IBRACON;
- b) colaborar com os demais membros da Diretoria na aplicação dos fundos sociais;
- c) apresentar o balanço anual ao Conselho Diretor;
- d) assinar, juntamente com o Diretor Presidente ou com outro diretor, os cheques e documentos contábeis, bem como efetuar pagamentos devidos e recebimentos autorizados;
- e) ter sob sua guarda e responsabilidade os valores do IBRACON;
- f) gerir os recursos financeiros do IBRACON, acompanhando as despesas, racionalizando os gastos e tomando medidas corretivas, quando necessário;
- g) supervisionar a arrecadação da receita e depositá-la em contas bancárias em nome do IBRACON, nos bancos escolhidos pela Diretoria e Conselho Diretor;
- h) elaborar e apresentar à Diretoria e ao Conselho Diretor a proposta de orçamento para o exercício seguinte;
- i) fornecer ao Diretor Presidente as informações contábeis sempre que solicitado;
- j) acompanhar os serviços contábeis de empresa de auditoria que vier a ser contratada pelo IBRACON.

Art. 33 – Compete ao Diretor 2º Tesoureiro:

- a) colaborar com o Diretor 1º Tesoureiro, no exercício de suas atribuições;
- b) substituir o Diretor 1º Tesoureiro na sua ausência.

Art. 34 – Compete ao Diretor Técnico:

- a) atuar junto ao Comitê Técnico de Atividades (CTA) e avaliar a atuação dos Comitês Técnicos do IBRACON;
- b) incentivar a instalação de novos Comitês e a participação efetiva de seus membros;
- c) promover o estudo de qualquer assunto de relevo relacionado aos objetivos do IBRACON;
- d) promover, através dos Comitês Técnicos ou comissões especiais, o estudo de problemas levantados por entidades públicas ou de interesse público, principalmente aqueles que visem a melhor relação com o meio ambiente e desenvolvimento de tecnologias que promovam o desenvolvimento sustentável e a melhoria da qualidade de vida;
- e) promover a normalização de materiais, produtos, sistemas, processos e serviços no setor de concreto e construção civil no País;
- f) participar e coordenar o processo de análise e seleção dos profissionais indicados para premiações instituídas pelo IBRACON.

Art. 35 – Compete ao Diretor de Relações Institucionais:

a) fornecer apoio aos Diretores Regionais;

- b) promover entendimentos institucionais do IBRACON com órgãos afins, entidades parceiras, empresas e associados, no Brasil;
- c) manter, coordenar e promover a inserção internacional do IBRACON;
- d) cobrar relatórios anuais dos Diretores Regionais;
- e) transmitir às Regionais as orientações e as diretrizes do Diretor Presidente do IBRACON;
- f) manter o Diretor Presidente do IBRACON informado das atividades das Regionais;
- g) coletar e preparar material relativo às atividades das Regionais para ser veiculado nos veículos de divulgação do IBRACON.

Art. 36 – Compete ao Diretor de Pesquisa e Desenvolvimento:

- a) diligenciar de modo a manter a Diretoria do IBRACON a par de novas tecnologias e do seu estado da arte no país e no exterior;
- b) promover entendimentos relativos à pesquisa e desenvolvimento, com outros órgãos afins;
- c) receber e trocar informações que estejam relacionadas com os objetivos e finalidades do IBRACON;
- d) incentivar e promover pesquisas que visem o desenvolvimento do concreto;
- e) coordenar o "Concurso de Teses & Dissertações do IBRACON" destinado a sócios individuais estudantes de pós-graduação;
- f) coordenar o banco de dados do IBRACON denominado "Concreto Brasil" sobre pesquisas e ensino de pós-graduação no país;
- g) promover a inserção internacional do IBRACON junto a entidades de pesquisa e desenvolvimento da construção civil.

h) orientar a edição e publicação dos Anais dos Congressos Brasileiros do Concreto – CBCs;

Art. 37 – Compete ao Diretor de Publicações:

- a) viabilizar a edição impressa da revista técnico-científicas "Concreto & Construções";
- b) coordenar a edição eletrônica das revistas científicas "Materiais/Material" e "Estruturas/Structures" do IBRACON;
- c) coordenar e viabilizar outras publicações técnico-científicas que venham ser realizadas;
- d) elaborar o catálogo bienal de publicações do IBRACON;
- e) orientar a edição e publicação dos Anais dos Congressos Brasileiros do Concreto – CBCs;
- f) organizar e divulgar o acervo de publicações do IBRACON;
- g) elaborar um relatório anual de venda e divulgação de publicações do IBRACON.

Art. 38 – Compete ao Diretor de Eventos:

- a) planejar, coordenar e supervisionar os eventos promovidos pelo IBRACON, responsabilizando-se pela contratação de pessoal e serviços, bem como a compra e confecção de material de apoio;
- b) elaborar e apresentar ao 1º Tesoureiro as prestações de conta dos eventos promovidos.

Art. 39 – Compete ao Diretor de Cursos:

- a) levantar as necessidades dos associados e da comunidade técnica em termos de cursos;

- b) planejar, orçar e organizar os cursos a serem promovidos pelo IBRACON;
- c) elaborar e apresentar ao 1º Tesoureiro anualmente as prestações de contas dos cursos promovidos;
- d) divulgar a programação das atividades;

- e) gerenciar e promover a imagem e conteúdo do Programa de Educação Continuada MasterPEC do IBRACON, aprovando seu regulamento junto à Diretoria e ao Conselho Diretor.

Art. 40 – Compete ao Diretor de Certificação de Pessoal:

- a) elaborar o Planejamento Estratégico do Organismo de Certificação de Pessoal do IBRACON;
- b) desenvolver e manter operacional o Organismo de Certificação de Pessoal IBRACON;
- c) apresentar anualmente ao Conselho Diretor do IBRACON o balanço financeiro e de atividades do Organismo de Certificação de Pessoal IBRACON.

Art. 41 – Compete ao Diretor de Marketing:

- a) estabelecer a política geral de divulgação do IBRACON junto a entidades públicas e privadas;
- b) manter o site do IBRACON sempre atualizado em relação aos calendários de eventos, cursos e notícias pertinentes, bem como formulários de inscrição de associados, atas de reuniões e estatuto;
- c) identificar e propor ações para a captação de possíveis patrocinadores e apoiadores para os eventos realizados pelo IBRACON;
- d) estabelecer política de ampliação do quadro associativo;
- e) estreitar o relacionamento com os associados, analisando reivindicações e sugestões dos mesmos;
- f) divulgar a realização de reuniões técnicas, congressos, seminários, cursos, conferências, palestras, na sede do IBRACON, nas Regionais, ou outros locais com o objetivo de difundir o aprimoramento técnico-científico do associado e fomentar o intercâmbio de conhecimentos;
- g) apresentar anualmente ao Conselho Diretor, um balanço anual das atividades e progressos conseguidos.

Art. 42 – Compete ao Diretor de Atividades Estudantis:

- a) diligenciar e promover concursos técnicos do IBRACON destinados a estudantes de graduação, doravante denominados de Concursos Estudantis.
- b) coordenar a Comissão Organizadora, responsável pelo desenvolvimento dos Concursos Estudantis nos Congressos do IBRACON;
- c) indicar a composição da Comissão Julgadora dos Concursos Estudantis nos Congressos do IBRACON, a ser aprovada pela Diretoria do IBRACON;
- d) Propor e buscar patrocínio para premiação dos Concursos Estudantis
- e) Promover a participação de estudantes na discussão de temas de interesse do IBRACON, podendo realizar palestras, encontros ou similares;
- f) Propor atividades que estejam de acordo com este Estatuto e com as finalidades do IBRACON, de forma a esti-

mular a participação dos estudantes no conhecimento do concreto e suas aplicações.

Parágrafo Único – Sempre que esta atividade se caracterizar como evento, deve ser previamente informado e aprovado pela Diretoria do IBRACON.

Art. 43 – As reuniões da Diretoria devem ser mensais e estabelecidas anualmente num calendário prévio, cabendo única e exclusivamente à Diretoria a alteração da periodicidade das reuniões.

§ 1º – Nenhum membro da Diretoria pode ausentar-se de três reuniões consecutivas sem justificativa aprovada pelo Conselho Diretor, sob pena de ser automaticamente desligado e substituído por novo sócio Diretor indicado pelo Diretor Presidente, mediante aprovação do Conselho Diretor.

§ 2º – Os Diretores poderão fazer-se representar nas reuniões do IBRACON por procuração formal assinada e passada a outro Diretor.

CAPÍTULO VIII Das Assembleias Gerais

Art. 44 – A Assembleia Geral Ordinária do IBRACON será realizada uma vez por ano, destinando-se a propiciar aos associados a participação e apreciação das atividades tecnocientíficas e administrativa do IBRACON, bem como decidir sobre assuntos que lhe são privativos.

§ 1º – A Assembleia Geral Ordinária realizar-se-á em data e local previamente fixados pela Diretoria.

§ 2º – A Assembleia Geral Ordinária será convocada pelo Diretor Presidente com antecedência de 30 (trinta) dias, no mínimo, da data de sua realização, mediante publicação prévia de edital.

Art. 45 – Além dos assuntos que poderão ser tratados na Assembleia Geral Ordinária com o objetivo de promover o desenvolvimento do IBRACON, a ela caberá deliberar e decidir sobre:

- autorga do título de sócio honorário, por proposta do Conselho Diretor;
- eleições dos membros do Conselho Diretor, conforme Artigos 17, 18 e 19, deste Estatuto;
- alteração do Estatuto;
- aprovar o balanço anual.

Parágrafo Único – O Estatuto só poderá ser alterado em Assembleia Geral Ordinária ou Extraordinária convocada especialmente para esse fim, podendo deliberar em primeira convocação com ao menos um terço dos associados e, em segunda convocação, com qualquer número de associados presentes, considerando-se aprovadas as alterações que contarem com o voto favorável de mais da metade (maioria simples) dos associados presentes, conforme Artigo 59, da Lei 10.406/02, alterado pela Lei 11.127/05. O Artigo 3º deste Estatuto, no entanto, só poderá ser alterado por deliberação de dois terços dos associados presentes na Assembleia.

Art. 46 – A segunda convocação da Assembleia Geral Ordinária ou Extraordinária se processará em, pelo menos, meia hora, após a convocação da primeira e será realizada com o número de associados ali presentes.

Art. 47 – Convocadas pelo Diretor Presidente, por iniciativa própria ou a pedido de um quinto dos associados, poderão realizar-se Assembleias Gerais Extraordinárias para decidir sobre assuntos de interesse do IBRACON.

§ 1º – As Assembleias Gerais Extraordinárias serão convocadas pelo Diretor Presidente, mediante comunicação a todos os associados do IBRACON, com a declaração do local e assunto a ser tratado, com antecedência de, no mínimo, trinta dias da data de sua realização.

§ 2º – As Assembleias Gerais Extraordinárias poderão deliberar da mesma forma estatuída para a Assembleia Geral Ordinária, prevista nos Artigos 43, 44 e 45 deste Estatuto.

CAPÍTULO IX Dos Comitês Técnicos

Art. 48 – O IBRACON manterá os Comitês Técnicos que forem julgados de interesse pela Diretoria e aprovados pelo CTA

Parágrafo Único – As conclusões dos estudos ou os pareceres emitidos pelos membros de qualquer um dos Comitês Técnicos, somente representarão a opinião do IBRACON se tiverem a aprovação da Diretoria.

Art. 49 – As atividades dos Comitês Técnicos devem se pautar por este Estatuto e por seu regulamento dos Comitês Técnicos, aprovado pelo Conselho Diretor do IBRACON.

CAPÍTULO X Das Regionais

Art. 50 – As Regionais, de que tratam as alíneas "d" e "g", do Artigo 27, instaladas em cidades e regiões expressivas do País terão, em âmbito regional, os mesmos objetivos e missão do IBRACON.

Art. 51 – As Regionais serão dirigidas por um Diretor da Regional.

§ 1º – O Diretor Presidente do IBRACON designará, para cada Regional, o respectivo Diretor da Regional, cabendo a este a escolha dos demais colaboradores regionais.

§ 2º – O mandato do Diretor Regional termina com o mandato do Diretor Presidente, podendo ser reconduzido, no máximo, uma vez mais consecutivamente ou quantos forem desejadas, desde que intercalado com o mandato de outros.

Art. 52 – Compete às Regionais:

- colaborar para o aumento do número de associados do IBRACON;
- promover atividades técnico-científicas que visem o esclarecimento da comunicação entre os associados, tais

como reuniões, palestras, conferências, cursos e outros eventos;

- c) divulgar as próprias atividades, nas suas áreas de atuação e no âmbito nacional.

Art. 53 – As atividades das Regionais serão apoiadas e gerenciadas pelo Diretor de Relações Institucionais do IBRACON, conforme Artigo 35 do presente e por regulamento das Regionais aprovado pelo Conselho Diretor.

CAPÍTULO XI Do Patrimônio Social e Fontes de Recursos

Art. 54 – O Patrimônio do IBRACON e sua Receita serão compostos pelas contribuições sociais, definidas conforme Artigo 12 deste Estatuto; pelas doações, auxílios e subvenções, pelos móveis ou imóveis, pelas rendas e juros dos depósitos bancários e aplicações financeiras, pelo saldo de exercícios financeiros anteriores transferidos para a conta patrimonial, por valores advindos de suas atividades de consultoria e de promoção de eventos, entre os quais, e sem a eles se limitar no âmbito dos objetivos do IBRACON, simpósios, seminários, cursos, congressos e certificações; bem como por aqueles oriundos de patrocínio e apoio de agências de fomento às atividades definidas no Artigo 3º deste Estatuto.

CAPÍTULO XII Da Dissolução

Art. 55 – O IBRACON poderá ser dissolvido em qualquer tempo, por deliberação de, no mínimo, 2/3 (dois terços) dos seus associados em Assembleia Geral Extraordinária convocada especialmente para esse fim.

§ 1º – Em caso de dissolução, a Assembleia que sobre ela deliberar designará, pelo voto da maioria dos associados presentes, entidade congênere, sem fins econômicos, à qual reverterá o patrimônio social do IBRACON.

§ 2º – Não existindo no Município, no Estado, no Distrito Federal ou no Território, instituição nas condições indicadas neste artigo, o que remanescer do patrimônio do IBRACON será encaminhado à Fazenda do Estado, do Distrito Federal ou da União.

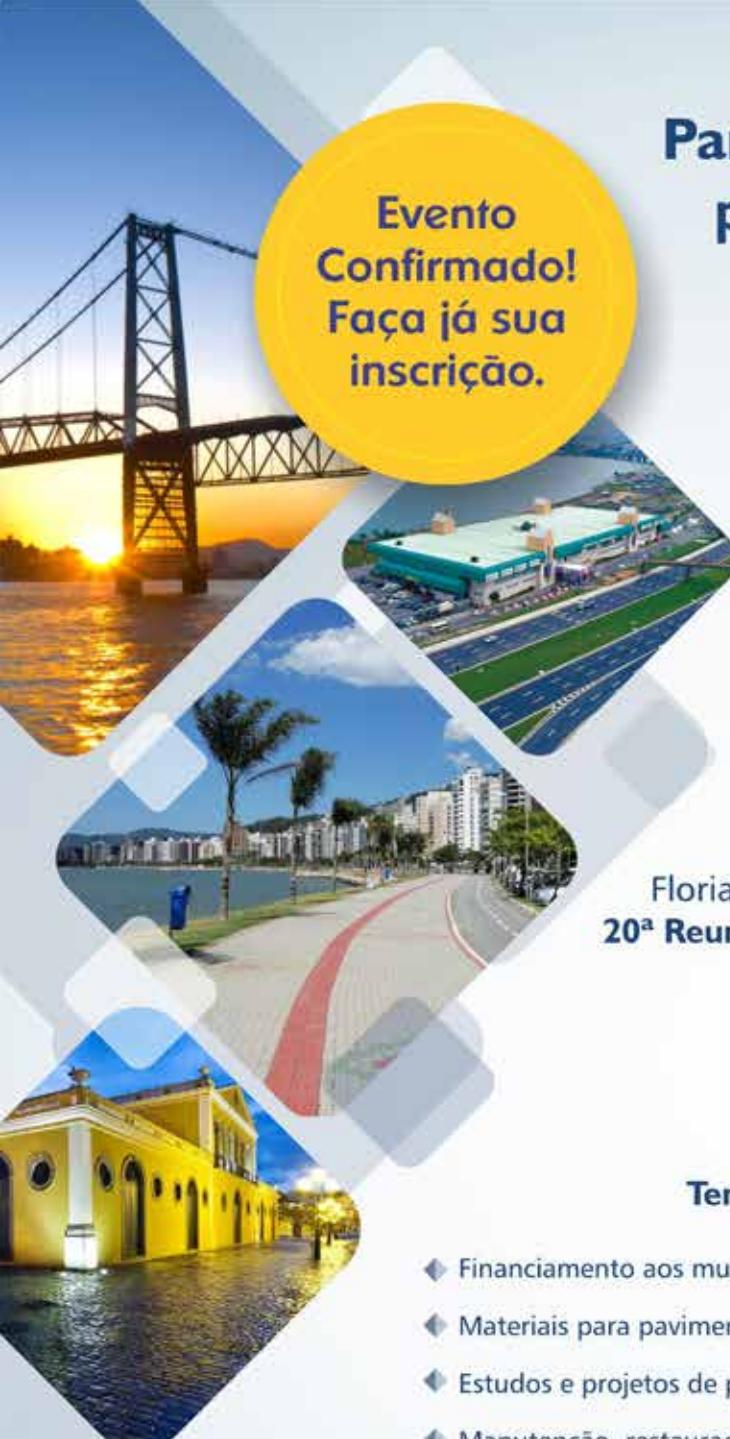
CAPÍTULO XIII Das Disposições Transitórias

Art. 56 – Serão considerados associados fundadores todos aqueles que assinaram a Ata da Reunião de Fundação do IBRACON, ocorrida em 23 de junho de 1972.

Art. 57 – Além deste Estatuto, fazem parte integrante da legislação do IBRACON o Regulamento de Eleição do Conselho Diretor, o Regulamento das Regionais, o Regulamento de Certificação de Pessoal e o Regulamento dos Comitês Técnicos, aprovados pelo Conselho Diretor.

Art. 58 – O presente Estatuto entra em vigor a partir da data da sua aprovação em Assembleia Geral.





Evento
Confirmado!
Faça já sua
inscrição.

Participe do principal evento de
pavimentação urbana do país.



Florianópolis, a bela capital catarinense, será palco da **20ª Reunião de Pavimentação Urbana** que acontecerá no período de 28 a 30 de junho de 2017.

Esperamos por você!

Temário para trabalhos técnicos

- ◆ Financiamento aos municípios
- ◆ Materiais para pavimentação
- ◆ Estudos e projetos de pavimentos
- ◆ Manutenção, restauração e gerência de vias
- ◆ Técnica de construção e controle de qualidade de pavimentos
- ◆ Segurança e meio ambiente em vias
- ◆ Abertura e reaterro de valas de redes subterrâneas
- ◆ SMS (Saúde do trabalho, Meio ambiente e Segurança do trabalhador)
- ◆ Acessibilidades
- ◆ Estradas vicinais

Para mais informações: www.rpu.org.br

Realização



Apoio



Agência Oficial
de Turismo



Local



Organização





Instituto Brasileiro do Concreto

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

Fundado em 1972, seu objetivo é **promover e divulgar conhecimento sobre a tecnologia do concreto e de seus sistemas construtivos para a cadeia produtiva do concreto**, por meio de publicações técnicas, eventos técnico-científicos, cursos de atualização profissional, certificação de pessoal, reuniões técnicas e premiações.

Associe-se ao IBRACON! Mantenha-se atualizado!

- Receba gratuitamente as quatro edições anuais da **revista CONCRETO & Construções**
- Tenha descontos de até **50%** nas **publicações técnicas do IBRACON** e de até **20%** nas **publicações do American Concrete Institute (ACI)**
- Descontos nos eventos promovidos e apoiados pelo **IBRACON**, inclusive o **Congresso Brasileiro do Concreto**
- Oportunidade de participar de **Comitês Técnicos**, intercambiando conhecimentos e fazendo valer suas **opiniões técnicas**

Fique bem informado!



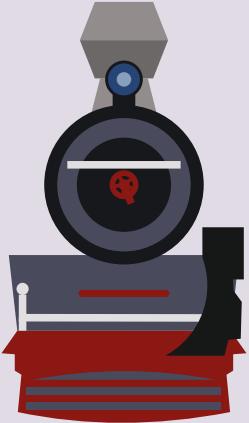
www.ibracon.org.br



facebook.com/ibraconOffice



twitter.com/ibraconOffice



59^a EDIÇÃO CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO



BENTO GONÇALVES • RS

31 de outubro a 3 de novembro

2017

Ponto de encontro dos profissionais e das empresas brasileiras da cadeia produtiva do concreto



TEMAS

- Gestão e Normalização
- Materiais e Produtos Específicos
- Materiais e Propriedades
- Sistemas Construtivos Específicos
- Projeto de Estruturas
- Sustentabilidade
- Métodos Construtivos
- Ensaios não Destrutivos
- Análise Estrutural

COTAS DE PATROCÍNIO E EXPOSIÇÃO

- Excelentes oportunidades para divulgação, promoção e relacionamento
- Espaços comerciais na XIII FEIBRACON - Feira Brasileira das Construções em Concreto
- Palestras técnico-comerciais no Seminário de Novas Tecnologias
- Inscrições gratuitas

Acesse
www.ibracon.org.br
(clique no logotipo do evento)

Informe-se sobre as cotas de patrocínio
e exposição: Tel. (11) 3735-0202
e-mail: arlene@ibracon.org.br

REALIZAÇÃO



Rua Julieta do Espírito Santo Pinheiro, nº 68 – Jardim Olímpia | CEP 05542-120
São Paulo – SP – Brasil | Telefone (11) 3735-0202 | Fax (11) 3733-2190

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