

# CONCRETO

& Construções

INDÚSTRIA 4.0

## INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NO PROJETO, EXECUÇÃO E CONTROLE DO CONCRETO PARA CIDADES INTELIGENTES



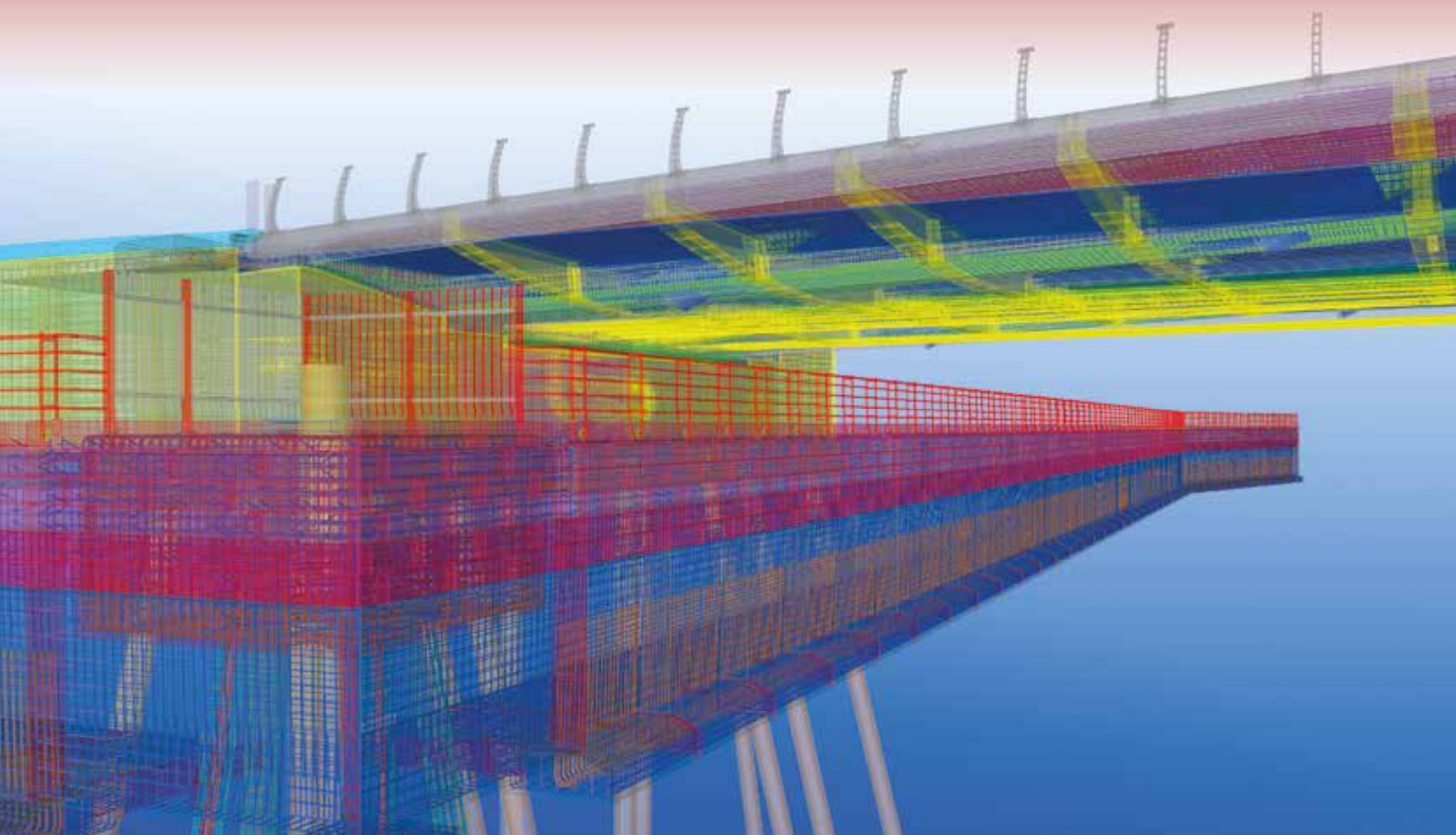
**IBRACON**  
Instituto Brasileiro de Concreto

Ano XLVI

**93**

JAN-MAR  
2019

ISSN 1809-7197  
[www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br)



PERSONALIDADE ENTREVISTADA

ÍRIA DONIAK: CONGREGANDO  
CONHECIMENTOS E AÇÕES PARA  
ALAVANCAR O SETOR DA CONSTRUÇÃO

ENCONTROS E NOTÍCIAS

EVENTO PROPÕE SOLUÇÕES  
PARA EVITAR ACIDENTES EM  
PONTES E VIADUTOS

PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

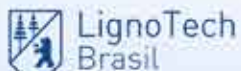
PRODUTIVIDADE NA  
EXECUÇÃO DE FÔRMAS

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

## ADIÇÕES



## ADITIVOS



## RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL



## ARMADURA



## EQUIPAMENTOS



## ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO



## ESCRITÓRIOS DE PROJETOS



## JUNTE-SE A ELAS

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

### PRÉ-FABRICADOS



### CONSTRUTORAS



### CONTROLE TECNOLÓGICO



Falcão Bauer

### FÓRMAS



### CONCRETO



### CIMENTO



LafargeHolcim



Associação Brasileira de Cimento Portland



CIMENTO NACIONAL



InterCement



Votorantim Cimentos

### GOVERNO





**CRÉDITOS  
CAPA**  
MODELO BIM DA OBRA  
CRUSELL BRIDGE,  
NA FINLÂNDIA, TRIMBLE.

## SEÇÕES

- 5 Editorial
- 6 Coluna Institucional
- 7 Converse com o IBRACON
- 9 Encontros e Notícias
- 17 Personalidade Entrevistada: Íria Doniak
- 37 Entidades da Cadeia
- 45 Mantenedor: Revolução Tecnológica no CDC
- 86 Acontece nas Regionais



### REVISTA OFICIAL DO IBRACON

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

### ISSN 1809-7197

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

### JORNALISTA RESPONSÁVEL

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

### PUBLICIDADE E PROMOÇÃO

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

### PROJETO GRÁFICO E DTP

→ Gill Pereira  
gill@elementto-arte.com

### ASSINATURA E ATENDIMENTO

office@ibracon.org.br

### GRÁFICA

Duograf  
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 2019 IBRACON

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

### PRESIDENTE DO COMITÊ EDITORIAL

→ Guilherme Parsekian

### COMITÊ EDITORIAL – MEMBROS

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

### IBRACON

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



### INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO

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

### DIRETOR PRESIDENTE

Julio Timerman

### DIRETOR 1º VICE-PRESIDENTE

Luiz Prado Vieira Júnior

### DIRETOR 2º VICE-PRESIDENTE

Bernardo Tutikian

### DIRETOR 1º SECRETÁRIO

Antonio D. de Figueiredo

### DIRETOR 2º SECRETÁRIO

Carlos José Massucato

### DIRETOR 1º TESOUREIRO

Claudio Sbrighi Neto

### DIRETOR 2º TESOUREIRO

Nelson Covas

### DIRETOR DE MARKETING

Hugo Rodrigues

### DIRETOR DE EVENTOS

César Daher

### DIRETOR TÉCNICO

Paulo Helene

### DIRETOR DE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS

Túlio Nogueira Bittencourt

### DIRETORA DE PUBLICAÇÕES E DIVULGAÇÃO TÉCNICA

Íria Lícia Oliva Doniak

### DIRETOR DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

Leandro Mouta Trautwein

### DIRETOR DE CURSOS

Enio José Pazini Figueiredo

### DIRETOR DE CERTIFICAÇÃO DE MÃO DE OBRA

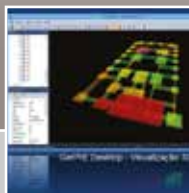
Gilberto Antônio Giuzio

### DIRETORA DE ATIVIDADES ESTUDANTIS

Jéssika Pacheco

## ESTRUTURAS EM DETALHES

30 Aplicação dos conceitos da Indústria 4.0 na construção civil



## INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

39 Jornada para a Construção 4.0

## OBRAS EMBLEMÁTICAS

50 Emprego de elementos pré-fabricados de concreto como pavimento da pista de testes automotivos da Mercedes-Benz do Brasil



## PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

58 Sensors, Intelligent Structures and Smart Digital Concrete

62 Concreto permeado reforçado para placas de piso



69 Desenvolvimento de app para controle de execução de estruturas de concreto armado

77 A produtividade na execução de fôrmas varia por região do Brasil?



# Indústria 4.0, Cidades Inteligentes e o Concreto

Caro leitor,

Um indivíduo é fruto de uma conexão de informações e sensações vivenciadas durante uma vida. Uma indústria é resultado de um conjunto de processos que ocorrem num chão de fábrica ou num canteiro de obras. Uma cidade é formada por uma malha de movimentos existentes dentro de um perímetro urbano.

A vida de uma pessoa, a construção de uma obra e o dia-a-dia de uma cidade estão sendo fortemente afetados por recentes inovações tecnológicas, como a Web, os dispositivos móveis, *cloud computing*, internet das coisas, *big data*, inteligência artificial, *mix reality*, impressão 3D, etc. Da aplicação de parte desse pacote de tecnologias nas indústrias, surge a Indústria 4.0. Analogamente, nas cidades, surge o conceito de Cidade Inteligente.

A tecnologia, de um modo geral, tem cada vez mais “invadido” as nossas vidas, muitas vezes de modo imersivo e silencioso. Permanecemos on-line durante boa parte de nosso dia, recebemos notícias a todo instante, trocamos mensagens com inúmeras pessoas de forma instantânea etc. A tecnologia atual nos auxilia a pesquisar, a traduzir textos, a encontrar lugares, a chamar um táxi, etc. Passamos mais tempo lendo em monitores do que em papel; digitamos mais, escrevemos menos. Se pensarmos bem, todos nós também fazemos parte da chamada geração touch, e não somente as crianças e os jovens. O mundo virtual está se mesclando com o mundo real. BIM é a palavra da moda. A tecnologia nos apressa, nos inquieta, nos vislumbra. Como consequência, cobra-se mais produtividade, menos desperdício, sustentabilidade.

Por trás deste enorme avanço tecnológico, porém, surgem problemas contemporâneos que nos obriga a fazer profundas reflexões. A tecnologia jamais substituirá a ética, a responsabilidade, a validação, a crítica, o

discernimento. A Engenharia não pode ser executada com pressa. Projetos precisam ser

concebidos com maturidade.

Como transformar um volume gigantesco de informações em conhecimento? Como se posicionar diante de tantas novidades?

É certo que a tecnologia continuará “invadindo” nossas vidas, nossas indústrias, nossas cidades. Não há espaço para saudosismo emotivo, assim como não há para confiança “cega” no que é produzido pelos computadores. Nosso grande desafio é saber aplicar toda tecnologia existente de maneira adequada e segura. Que saibamos usufruir de todos os benefícios proporcionados pelas diversas inovações tecnológicas nas obras de concreto, sempre de maneira responsável, criteriosa, equilibrada e estritamente ética, sabendo distinguir o que pode ser realizado pelos computadores e o que deve efetivamente ser papel do engenheiro.

Alinhada a este instigante cenário tecnológico, esta edição da revista CONCRETO&Construções reúne interessantes artigos que apresentam como conceitos da Indústria 4.0 e da Cidade Inteligente poderão impactar no futuro da construção civil. Cabe também destacar nesta edição a excelente entrevista com a Eng<sup>a</sup> Íria Lícia Oliva Doniak, atual diretora de publicações e divulgação técnica do IBRACON e presidente-executiva da ABCIC, que retrata sua trajetória de sucesso e liderança, fruto de muito empenho e extrema competência. Desejo uma ótima leitura a todos!



ENG. ALIO ERNESTO KIMURA

DIRETOR DA TQS INFORMÁTICA

E MEMBRO DO COMITÊ EDITORIAL

# Certificação de Pessoal do IBRACON vai retomar suas atividades neste ano

A certificação e qualificação pessoas na cadeia produtiva da construção civil são atividades inerentes à missão do Instituto Brasileiro do Concreto, de criar, divulgar e defender o correto conhecimento sobre materiais, projeto, construção, uso e manutenção de obras de concreto.

O Programa de Certificação e Qualificação do IBRACON foi estruturado em 2007 para atender a uma demanda de mercado, principalmente por parte da Petrobras, por profissionais treinados e certificados para desempenhar funções relativas ao controle tecnológico do concreto. Já, em 2008, o Instituto foi acreditado pelo INMETRO como organismo certificador de pessoas e iniciou as atividades de seu Núcleo de Qualificação e Certificação de Pessoal (NQCP), que passou a realizar exames teóricos e práticos de profissionais lotados em laboratórios, como auxiliares, tecnologistas, laboratoristas e inspetores de controle tecnológico do concreto.

De 2008 a 2017, o IBRACON certificou 308 profissionais, sendo 130 tecnologistas, 56 laboratoristas, 14 auxiliares e 108 inspetores, de vários estados brasileiros. Neste período, houve ainda 157 recertificações.

Em razão da grave crise econômica e dos problemas enfrentados pela Petrobras a partir de 2017, o IBRACON solicitou em maio a suspensão de seu processo de certificação junto ao INMETRO e, em dezembro, seu cancelamento. Esta medida justificou-se face à baixa demanda por certificação neste ano e aos altos custos das taxas de manutenção e de auditoria por parte do INMETRO, o que inviabilizou economicamente o Programa.

Com a perspectiva de retomada paulatina de obras desde o final de 2018, o IBRACON deve reiniciar seu processo de certificação de pessoal em breve, mas com um novo formato. Nessa reestruturação do Programa de



Certificação e Qualificação de Pessoal estão previstas as seguintes mudanças:

- A gestão administrativa do processo de certificação será delegada a uma empresa/instituição acreditada pelo INMETRO para desempenhar as funções de certificação segundo a normalização internacional da ISO 17024;
- O certificado emitido terá a chancela do IBRACON, sendo devidamente referendado por seu Conselho de Certificação, e será aceito pela Petrobras na contratação de prestadores de serviços;
- O IBRACON manterá sua autonomia sobre o Programa, supervisionando o processo de certificação e recertificação, ativando ou desativando laboratórios credenciados para a aplicação de provas práticas, estruturando banco de questões e respostas para aplicação de provas teóricas, definindo novas áreas na cadeia do concreto para certificação de profissionais, entre outras atividades.

Dentro dessa perspectiva de reestruturação, o IBRACON deverá iniciar em médio prazo a certificação de inspetores I e II para o trabalho de inspeção de pontes e viadutos de concreto, uma necessidade urgente em nosso país, tendo em vista os recentes casos de interdição de viadutos para realização de inspeções e manutenções.

Por sua vez, o Instituto continuará oferecendo turmas de seu curso Inspetor I – Inspeção de Estruturas de Concreto, já em sua sétima edição, sucesso de público em todas as regiões onde é realizado.

Com isso, o IBRACON espera continuar dando sua contribuição para preservar o enorme patrimônio construído de obras de concreto pelo país.

GILBERTO GIUZIO

DIRETOR DE CERTIFICAÇÃO DE PESSOAL DO IBRACON 



ENVIE SUA PERGUNTA OU NOTA PARA O E-MAIL: [fabio@ibracon.org.br](mailto:fabio@ibracon.org.br)

## PERGUNTAS TÉCNICAS

NA EDIÇÃO PASSADA DA CONCRETO & CONSTRUÇÕES, É AFIRMADO NA MATÉRIA QUE COMPARA AS CENTRAIS DOSADORAS E AS CENTRAIS MISTURADORAS QUE AS DESVANTAGENS DESSAS ÚLTIMAS SERIAM SEU MAIOR CUSTO DE INVESTIMENTO E OPERAÇÃO, BEM COMO A RESTRIÇÃO DE VOLUME POR AMASSADA. NA SEQUÊNCIA, AFIRMA-SE QUE ESSAS DESVANTAGENS EXPLICARIAM POR QUE EXISTEM POUCAS CENTRAIS MISTURADORAS NO BRASIL, EM GERAL CONCENTRADAS NAS EMPRESAS DE PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO, EM RAZÃO DAS ESPECIFICIDADES DO PROCESSO DE PRODUÇÃO. QUAIS SÃO ESSAS ESPECIFICIDADES DE PRODUÇÃO NA INDÚSTRIA DE PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO QUE EXPLICAM O USO DE CENTRAIS MISTURADORAS?

*A concretagem dentro de uma indústria segue rígidos padrões estabelecidos na ABNT NBR 9062 Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-moldado, principalmente no que diz respeito às resistências de desforma ou liberação de protensão das peças, que necessitam ter a sua resistência inicial atingida em horas, o que é função do ciclo de produtividade de cada fábrica, variável de acordo com a demanda que determina o planejamento e controle de produção. Além disso, dentro da indústria é comum a utilização de concretos especiais, que*

*variam desde abatimento zero, para o caso de produção de peças com a tecnologia de extrusão (é o caso das Lajes Alveolares quando produzidas com este tipo de equipamento), até os concretos de abatimento elevado e o concreto autoadensável, utilizado atualmente em mais de 60% do volume das empresas associadas à Abcic.*

*O fato de o concreto ser dosado para as resistências iniciais, ocasião em que as peças em baixa idade são manuseadas, transportadas e armazenadas, faz com que se lance mão de consumos de cimento mais altos e tecnologia de aditivos para garantir essas resistências. Para se ter uma ideia, a norma especifica que o concreto tem que se atingir resistência a compressão de 21,0 MPa no mínimo para liberar a protensão de peças protendidas. Isto se dá, dependendo do ciclo, com menos de 24 horas. Estamos, portanto, falando de concretos muito mais coesos do que os em usos convencionais. O misturador planetário indubitavelmente propiciará uma mistura muito mais eficiente, mais homogênea em menos tempo.*

*Especialmente para os concretos mais secos, com abatimento de zero a três centímetros, concretos mal misturados podem ocasionar inúmeros problemas, desde a deformidade das peças, sujeitas a rigorosas tolerâncias estabelecidas também pelas normas aplicáveis, até falta de aderência nos cabos de protensão, ocasionando o escorregamento do cabo ao liberar a protensão. O pequeno volume*

*de capacidade do misturador que seria um problema para as centrais que fornecem concreto usinado, na indústria deixa de ser um problema, posto que liberar os concretos que serão utilizados nas peças de acordo com as frentes de trabalho estabelecidas na produção melhora sobremaneira a logística das concretagens.*

*Na maior parte dos casos, o controle de umidade dos agregados se dá por sensores instalados dentro dos misturadores, a fim de assegurar o abatimento correto, considerando as correções necessárias, posto que o processo é automatizado. No caso dos aditivos utilizados para concretos de alto abatimento, muito sensíveis à variação de água, tem-se uma segurança muito maior em relação à produção de grandes volumes, sem controle automatizado.*

*Outro fator preponderante para a logística da indústria é o tempo de mistura, fundamental para o ciclo das fábricas. Os misturadores de eixo vertical planetários possibilitam uma homogeneização eficiente em tempo significativamente menor.*

*Do ponto de vista operacional, a utilização dos misturadores de alta eficiência também será fundamental para implementar os concretos UHPC (Ultra High Performance Concrete), que utilizam fibras em sua composição, que são a tendência da indústria do pré-fabricado.*

*Em síntese: a tecnologia de mistura é fundamental para a logística e qualidade final dos elementos de concreto pré-moldado, no que diz respeito ao acabamento, controle de processo, resistência e desenvolvimento tecnológico. É uma questão de produtividade, competitividade e sustentabilidade.*

*Aos interessados em aprofundar-se no tema, como ponto de partida*



recomendo a leitura do livro do Neville (1997)\*, em especial no estudo apresentado que correlaciona a velocidade de mistura, o tempo de rotação, a resistência à compressão e o coeficiente de variação do concreto.

ÍRIA LÍCIA OLIVA DONIAK- ENGENHEIRA CIVIL – DIRETORA DE PUBLICAÇÕES E DIVULGAÇÃO TÉCNICA DO IBRACON E PRESIDENTE EXECUTIVA DA ABCIC (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA DE CONCRETO)

ESTOU ESTUDANDO A RESPEITO DO DIMENSIONAMENTO DE PAINÉIS FLETIDOS DE ALVENARIA

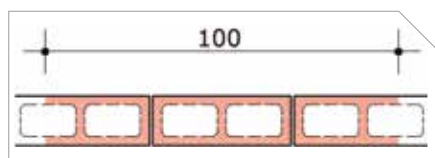


Figura 1

ESTRUTURAL. É POSSÍVEL CONSIDERAR NA RESISTÊNCIA TODOS OS SEPTOS DO BLOCO ARGAMASSADOS? NESTE CASO, BASTARIA EU CALCULAR O MÓDULO RESISTENTE CONSIDERANDO ESSA SEÇÃO EFETIVA, OU PRECISARIA DE ALGUM OUTRO TIPO DE AJUSTE NO CÁLCULO?

RODRIGO LOPES CORREIA  
ENGENHEIRO CIVIL

Para esse tipo de dimensionamento, com flexão em torno do eixo de menor inércia da parede, é muito mais eficaz dimensionarmos na área efetiva (do que na área bruta). No caso de argamassa nas paredes transversais, poderia usar

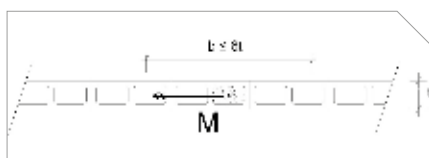


Figura 2

a área que colore a Fig. 1, desde que haja coincidência desses septos a cada fiada. A rigor, para essa situação de cálculo, não deve fazer muita diferença no cálculo do módulo resistente.

Vale destacar que o projeto de revisão de norma, PN 002:123.010-001/1 ALVENARIA ESTRUTURAL – PARTE 1:PROJETO, prevê uma alteração que muda esse dimensionamento. No caso de seções com armaduras concentradas localmente, a largura paralela ao eixo de flexão pode ser considerada até a seis vezes a dimensão da sua espessura, conforme Fig. 2. Antes esse limite era de três vezes a espessura.

GUILHERME A. PARSEKIAN – PRESIDENTE DO COMITÊ EDITORIAL E COORDENADOR DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFSCAR

\* NEVILLE, A.M. PROPRIEDADES DO CONCRETO. TRADUÇÃO SALVADOR E. GIAMUSSO. 2. ED. SÃO PAULO: PINI, 1997, 828 P

## COMENTÁRIOS E EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DA ABNT NBR 6118:2014

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

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

### DADOS TÉCNICOS

ISBN 9788598576244

Formato: 18,6 cm x 23,3 cm

Páginas: 484

Acabamento: Capa dura

Ano da publicação: 2015

AQUISIÇÃO:  
[www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br)  
(Loja Virtual)



### Patrocínio





## Curso preparatório para capacitação de inspetores de pontes e viadutos

A realização da sétima turma do curso Inspetor I – Inspeção de Estruturas de Concreto segundo a ABNT NBR 16230 vai acontecer em Curitiba, de 11 a 13 de abril, no Instituto IDD.

Seu objetivo é apresentar e discutir conteúdos técnicos para a formação de inspetores I de estruturas de concreto, capacitando-os para o diagnóstico e prognóstico do estado de conservação de obras de arte especiais, como pontes e viadutos, com vistas a manter ou restabelecer seus requisitos de segurança estrutural, de funcionalidade e de durabilidade.

Iniciado em 2017, em São Paulo, o Curso já foi realizado em Recife, Fortaleza, Brasília, Belo Horizonte e Rio de Janeiro. Entre seus instrutores está o presidente



do IBRACON e diretor da Engeti, Eng. Julio Timerman, seu diretor técnico e diretor da PhD Engenharia, Prof. Paulo Helene, e seu diretor de cursos e professor da Universidade Federal de Goiás, Prof. Enio Pazini Figueiredo, e o diretor de certificação de pessoal do IBRACON, Eng. Gilberto Giuzio.

Com carga horária de 28 horas, o Curso faz parte do Programa Master-PEC (Programa Master em Produção de Estruturas de Concreto), contando 28 créditos.

→ Inscrições:

<https://www.idd.edu.br/>

### ▶ Programação de Cursos Master PEC

Mês	Curso	Data	Horário	Carga horária	Local	Realização
ABRIL	Tecnologia Básica das Paredes de Concreto	8	8h00 às 17h00	8 horas	São Paulo – SP	ABCP
	Execução de Edificações em Paredes de Concreto	9	8h00 às 17h00	8 horas	São Paulo – SP	ABCP
	Projeto Estrutural em Paredes de Concreto	10	8h00 às 17h00	8 horas	São Paulo – SP	ABCP
	Inspetor I – Inspeção de Estruturas de Concreto Segundo a ABNT NBR 16230:2013	11 a 13	13h30 às 22h00 8h00 às 18h00	8 horas	Curitiba – PR	IBRACON – IDD
	Pisos Industriais: Conceitos e Recomendações para a Boa Execução	25	8h00 às 17h00	1 horas	São Paulo – SP	ABCP
MAIO	Tecnologia de Pavimento de Concreto	14 e 15	8h00 às 17h00	16 horas	São Paulo – SP	ABCP
	Conservação e Reabilitação de Estruturas de Concreto	28 e 29	8h00 às 17h00	16 horas	São Paulo – SP	ABCP
	Patologia das Estruturas de Concreto – Mitos & Verdades	31 de maio a 1 de junho	Sexta-feira 18h10 às 20h40 • 21h00 às 22h40 Sábado 8h00 às 9h40 • 10h00 às 12h30 13h30 às 15h10 • 15h20 às 17h40	15 horas	Curitiba – PR	IBRACON – IDD
JUNHO	Gestão e Planejamento de Estruturas de Concreto	4 e 5	8h00 às 17h00	16 horas	São Paulo – SP	ABCP
	Básico de Alvenaria Estrutural com Blocos de Concreto	11 e 12	8h00 às 17h00	16 horas	São Paulo – SP	ABCP
JULHO	Esclarecendo Reparos e Reabilitações em Estruturas de Concreto	12 e 13	Sexta-feira 18h10 às 20h40 • 21h00 às 22h40 Sábado 8h00 às 09h40 • 10h00 às 12h30 - 13h30 às 15h10 • 15h20 às 17h40	15 horas	Curitiba – PR	IBRACON – IDD
	Intensivo de Tecnologia Básica do Concreto	16, 17 e 18	16h00 às 22h00	18 horas	São Paulo – SP	ABCP
	Avançado de Alvenaria Estrutural com Blocos de Concreto	23, 24 e 25	8h00 às 17h00	32 horas	São Paulo – SP	ABCP
	Tecnologia dos aditivos e adições para concreto de cimento Portland	24 e 25	8h00 às 17h00	16 horas	São Paulo – SP	ABCP

## Evento propõe inspeção e manutenção periódica de pontes e viadutos

A Prefeitura de São Paulo (PMO) não sabe quantas pontes e viadutos existem na cidade. No sistema oficial do órgão constam 185 obras de arte especiais (OAEs), como são chamados tecnicamente esses tipos de estruturas. No entanto, um inventário extraoficial feito em 2012 chegou a 300 OAEs.

Além disso, a PMO desconhece o estado de conservação dessas obras, ou seja, se apresentam condições mínimas de segurança e funcionalidade para continuarem a ser usadas pela população. Um estudo acadêmico feito, em 1989, na Universidade de São Paulo, constatou que das 145 OAEs inspecionadas na cidade, 58% delas apresentavam problemas de corrosão

de armadura, sendo 15% dessas com alto risco de comprometimento da capacidade portante.

Essas informações foram apresentadas pelo secretário municipal de Serviços e Obras, Eng. Vitor Levy Castex Aly, em sua palestra no evento “Obras de Arte (Pontes e Viadutos) em São Paulo”, realizado em auditório do prédio de Administração da Escola Politécnica

da USP, no último dia 25 de fevereiro. O evento foi uma realização conjunta do Instituto Brasileiro do Concreto



Secretário de Serviços e Obras da Prefeitura de São Paulo, Eng. Vitor Aly, assistido por público do evento



# Prática Recomendada IBRACON Concreto Autoadensável

**COORDENADOR** Bernardo Fonseca Tutikian  
**SECRETÁRIO** Roberto Christ

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

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

### DADOS TÉCNICOS

**ISBN:** 978-85-98576-25-1  
**Edição:** 1ª edição  
**Formato:** Eletrônico  
**Páginas:** 78  
**Acabamento:** Digital  
**Ano da publicação:** 2015

### Patrocínio



(IBRACON), da Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural (Abece), da Poli-USP e da seção brasileira da Associação Internacional para a Manutenção e Segurança de Pontes (IABMAS).

O objetivo do evento foi justamente discutir as razões que têm levado à interdição de obras de arte especiais na cidade de São Paulo, a exemplo do viaduto sobre a Marginal do rio Pinheiros e da via de acesso à Rodovia Dutra, bem como propor soluções para esse grave problema.

### **POR QUE O VIADUTO SOBRE A MARGINAL PINHEIROS CEDEU?**

As causas do surgimento de um desnível de quase dois metros no Viaduto sobre a Marginal Pinheiros em novembro foram discutidas pelo diretor da EGT Engenharia, Eng. Fernando

Stucchi, empresa responsável pelos projetos de recuperação do viaduto.

O Eng. Stucchi apresentou as dificuldades e as técnicas usadas para se chegar a um diagnóstico sobre o incidente no viaduto. Segundo suas conclusões, foram duas causas

principais que levaram à ruína da lingueta, peça estrutural sob o viaduto responsável por apoiá-lo sobre os pilares por intermédio de aparelhos deslizantes de apoio: seu desgaste em razão do tempo e do atrito, gerando maiores forças horizontais nos aparelhos de apoio e maior flexo-compressão da lingueta, podendo romper o concreto com ou sem fadiga; e falhas de concretagem na lingueta oposta à aparente (bicheiras).



**Presidente do IBRACON, Eng. Julio Timerman, intervém nos debates, ao lado de palestrantes e moderadores do evento**

Ele destacou para os 180 profissionais presentes e para os que assistiam ao evento pelo internet que a bicheira na lingueta oposta era um defeito oculto, que não seria percebido numa inspeção rotineira do viaduto, ao contrário do desgaste nos aparelhos de apoio. "Se fosse feita uma boa limpeza junto aos aparelhos de apoio seria identificada uma distorção neles,

## **Durabilidade do Concreto**

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



Ed. JEAN-PIERRE OLLIVIER e ANGÉLIQUE VICHOT

Editores da tradução: OSWALDO CASCUDO e HELENA CARASEK

# **DURABILIDADE DO CONCRETO**

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

Esforço conjunto de 30 autores franceses, coordenados pelos professores Jean-Pierre Ollivier e Angélique Vichot, o livro "Durabilidade do Concreto: bases científicas para a formulação de concretos duráveis de acordo com o ambiente" condensa um vasto conteúdo que reúne, de forma atualizada, o conhecimento e a experiência de parte importante de membros da comunidade científica europeia que trabalha com o tema da durabilidade do concreto.

A edição brasileira da obra foi enriquecida com o trabalho de tradução para a língua portuguesa e sua adaptação à realidade técnica e profissional nacional.

→ **Informações:** [www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br)

### **DADOS TÉCNICOS**

**ISBN:** 978-85-98576-22-0

**Edição:** 1ª edição

**Formato:** 18,6 x 23,3cm

**Páginas:** 615

**Acabamento:** Capa dura

**Ano da publicação:** 2014



**FHECOR DO BRASIL**  
Engenharia



o que sugeriria sua substituição. Não haveria nenhuma recomendação de interdição, pois ela, num viaduto como esse, de enorme importância para a ci-

dade, requereria uma razão objetiva, que não existiria. Esse exemplo é conveniente para mostrar que defeitos ocultos existem e podem gerar casos nos quais engenheiros e as autoridades não podem ser responsabilizados”, destacou.

Finalizou descrevendo o programa de recuperação implantado no viaduto: escoramento; macaqueamento com subida progressiva do viaduto e seu reescoramento; concretagem da lingueta; troca dos aparelhos de apoio; e reforço do viaduto com fibras de carbono e argamassa polimérica.

A previsão é que o viaduto seja liberado para o tráfego de veículos logo após as provas de carga, agendadas para 18 de março.

### ÉTICA NA ENGENHARIA E PROPOSIÇÕES PARA EVITAR ACIDENTES

Os defeitos ocultos nas estruturas e as dificuldades em firmar um diagnóstico preciso foram os motes para o conselheiro da Abece, Eng. Eduardo Millen, destacar no Código de Ética da Engenharia o cuidado que o engenheiro deve ter ao atribuir responsabilidades pelas causas de acidentes.

Discorrendo que as condições de projeto, dos materiais, componentes e sistemas de uma obra, de sua execução e uso, e de sua manutenção periódica interferem no seu desempenho ao longo de sua vida útil, o Eng. Millen fez algumas recomendações para reduzir os aciden-



Público presente no evento realizado no auditório Prof. Francisco Romeu Landi

## Sistemas de Fôrmas para Edifícios

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



ANTONIO CARLOS ZORZI

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

Autor: Antonio Carlos Zorzi

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

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

### DADOS TÉCNICOS

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

Patrocínio



Aquisição:  
[www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br)  
(Loja Virtual)

tes com pontes e viadutos. Um deles, segundo ele, é a avaliação técnica de projeto (ATP), isto é, a verificação de um projeto estrutural por uma terceira parte, reduzindo os riscos originados de falhas no projeto, que perfazem 30% dos acidentes. Outra recomendação foi a inspeção periódica das estruturas para avaliação do seu desempenho e sua recuperação já no aparecimento das primeiras manifestações patológicas, o que garantiria o menor custo possível de manutenção para o contratante. A inspeção periódica de obras de arte especiais é normatizada no Brasil pela ABNT NBR 9452/2016, que estipula:

- ▶ A inspeção cadastral logo após a conclusão da obra ou sua concessão, para seu cadastramento geométrico, o que pode compensar a ausência do projeto estrutural original;
- ▶ A inspeção rotineira anual, para acompanhar visualmente anomalias

e intervenções;

- ▶ A inspeção especial a cada cinco anos, de caráter pormenorizado, para mapear gráfica e quantitativamente as manifestações patológicas;
- ▶ A inspeção extraordinária para os casos de eventos não previstos (abalroamento, colisão etc.), focada nos componentes afetados.

A norma, com força de lei, classifica o estado de conservação das OAEs em função de três parâmetros – segurança estrutural, funcionalidade

e durabilidade – atribuindo notas de 1 a 5, onde 1 e 2 significam estado crítico, que demanda intervenções urgentes.



Eng. Vitor Aly responde a questionamento do auditório durante sessão de debates

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

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

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

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

**ABECE** **IBRACON**

# PRÁTICA RECOMENDADA IBRACON/ABECE

## Controle da qualidade do concreto reforçado com fibras

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

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

### DADOS TÉCNICOS

ISBN: 978-85-98576-30-5

**Edição:** 1ª edição

**Formato:** eletrônico

**Páginas:** 31

**Acabamento:** digital

**Ano da publicação:** 2017

**Coordenador:** Eng. Marco Antonio Carnio

### AQUISIÇÃO

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

### Patrocínio



Segundo o presidente do IBRACON, Eng. Júlio Timerman, que palestrou sobre a ABNT NBR 9452, seria necessário aplicar cerca de 10 bilhões de reais anuais para inspecionar e manter adequadamente as cerca de 137 mil OAEs em todo país, que perfazem um patrimônio de 450 bilhões de reais, nas suas estimativas.

Em razão dos governos federal, estadual e municipal não investirem em inspeção e manutenção do patrimônio construído, a situação de perda de desempenho das OAEs é generalizada no país, não se limitando à cidade de São Paulo. Essa situação ficou bem caracterizada no Programa “Prazo de Validade Vencido”, do Sinaenco (Sindicato Nacional das Empresas de Engenharia e Consultoria), cuja exposição ficou a

cargo do Eng. Sérgio Marques Assunção. O “Prazo de Validade Vencido” vem realizando inspeções de pontes e viadutos em 12 capitais brasileiras desde 2005, registrando a falta de manutenção nessas obras, para sensibilizar a opinião pública e o governo acerca do grave problema.

Além de não fazer a contento inspeções e manutenções periódicas, que seriam capazes de garantir a segurança e funcionalidade das OAEs e estender sua vida útil, os órgãos federais, estaduais e municipais, quando fazem essas inspeções, não usam o padrão normatizado pela ABNT. O alerta foi feito pelo presidente do IABMAS-Brazil, Prof. Tulio Bittencourt. Com isso, segundo ele, os dados coletados não apresentam a uniformidade necessária para alimentar modelos preditivos

dos processos de degradação das estruturas, instrumentos que poderiam auxiliar o gestor público na tomada de decisões sobre a necessidade ou não intervenções preventivas e corretivas, bem como no planejamento da manutenção das obras de arte especiais, com redução de custos e otimização de processos.

Vitor Aly sinalizou que pretende na sua gestão mudar esse quadro geral de carência de inspeção, monitoramento e manutenção de pontes e viadutos na cidade de São Paulo. Ele informou que o Programa de Manutenção de Pontes e Viadutos lançou, em novembro, o edital para a inspeção especial de 33 OAEs e que mais 73 inspeções especiais emergenciais já foram aprovadas pelo Tribunal de Contas do Município. Destacou também que irá terminar o inventário das OAEs na cidade.

## Prática Recomendada IBRACON/ABECE

### Projeto de Estruturas de Concreto Reforçado com Fibra



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

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

#### Aquisição

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

#### DADOS TÉCNICOS

ISBN: 978-85-98576-26-8

Edição: 1ª edição

Formato: Eletrônico

Páginas: 39

Acabamento: Digital

Ano da publicação: 2016

Coordenador: Eng. Marco Antonio Carnio

#### Patrocínio



Pode confiar



# Conferência Internacional vai discutir o concreto estrutural em situações severas

A Conferência Internacional de Concreto em Situações Severas – Ambiente e Carga (*Consec 2019*) vai acontecer de 5 a 7 de junho, na nova sede da Unisinos em Porto Alegre. Seu objetivo é discutir temas relacionados ao concreto estrutural submetido a condições seve-

ras de carga ou do meio ambiente, ou ambas.

O evento vem ao encontro das necessidades de se conhecer os mecanismos de deterioração causados pela associação de fatores ambientais e de carga, de se melhorar as bases para a documentação das pro-

priedades de qualidade e durabilidade das construções e de se modelar a segurança estrutural e a durabilidade no decorrer do tempo de uso das construções.

As inscrições estão abertas e podem ser feitas no site:

<https://consec19.com>.

## Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

A Associação Brasileira de Pontes e Estruturas (ABPE) e a Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural (Abece) realizarão o XI Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas nos dias 16 e 17 de maio, no auditório do Conselho Regional de Química, em Pinheiros.

O evento visa divulgar grandes obras atualmente em execução, bem como trabalhos recentes e relevantes nas áreas de pesquisa e aplicação envolvendo projeto, construção, recuperação e reforço de pontes, estádios, edifícios, indústrias, portos, barragens,

plataformas offshore e fundações, além de discutir a normalização, experimentação, análise e dimensionamento de estruturas de concreto armado e protendido.

→ **Informações:**

[www.abece.com.br/cbpe2019](http://www.abece.com.br/cbpe2019)

## Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais

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

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

→ **Informações:** [www.ibracon.org.br](http://www.ibracon.org.br)

### DADOS TÉCNICOS

**ISBN:** 978-85-98576-21-3

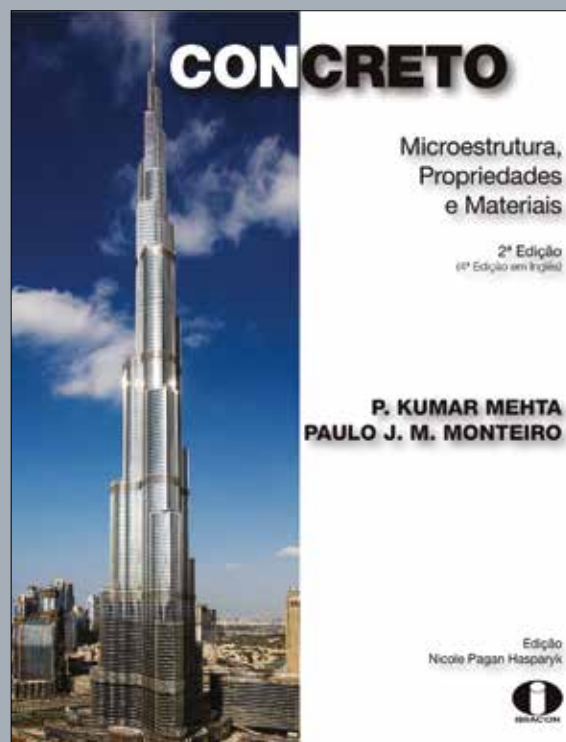
**Edição:** 2ª edição

**Formato:** 18,6 x 23,3cm

**Páginas:** 782

**Acabamento:** Capa dura

**Ano da publicação:** 2014



Patrocínio



## Pesquisa desenvolvida na Universidade Federal da Bahia ganha prêmio em evento internacional

O melhor trabalho no tema “Novas Tecnologias em Materiais de Construção”, entre os apresentados na 9<sup>th</sup> International Conference on Advanced Materials Research e 3<sup>rd</sup> International Conference on Civil and Building Materials, realizadas de 24 a 27 de janeiro, em Cingapura, foi de um brasileiro. José da Silva Andrade Neto, mestre recém-formado no Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção da Univer-

sidade Federal da Bahia (UFBA) recebeu a premiação por seu trabalho “Characterization of cements produced from clinker co-processed with  $TiO_2$  waste”. A pesquisa foi tema da dissertação de mestrado dos alunos Bruna Bueno Mariani, José Andrade Neto, Nilson Amorim Júnior e Prof. Daniel Vêras Ribeiro.

Na pesquisa foi desenvolvida uma formulação que permitiu produzir cimento Portland com características

superiores às dos cimentos disponíveis no mercado, a uma temperatura cerca de 110°C abaixo do convencionalmente praticado (1340°C contra 1450°C), utilizando, para isso, a adição controlada de pequenas quantidades do resíduo (subproduto) gerado pela Cristal Pigmentos do Brasil no beneficiamento do  $TiO_2$ , reduzindo, assim, drasticamente, o consumo de energia e a emissão de  $CO_2$ .

## Conferência sobre Alvenaria Estrutural

A 13<sup>a</sup> Conferência Norte-Americana sobre Alvenaria Estrutural será realizada de 16 a 19 de junho, em Salt Lake City, nos Estados

nos Estados Unidos. Promovida pela Sociedade de Alvenaria (*The Masonry Society*) e pela *Brigham Young University*, a conferência vai apresentar artigos so-

bre os variados tópicos da alvenaria estrutural.

→ **Informações:**

<https://masonrysociety.org/13namc>

## PRÁTICA RECOMENDADA IBRACON/ABECE

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

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

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

#### AQUISIÇÃO

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

#### DADOS TÉCNICOS

ISBN: 978-85-98576-29-9

**Edição:** 1<sup>a</sup> edição

**Formato:** eletrônico

**Páginas:** 37

**Acabamento:** digital

**Ano da publicação:** 2017

**Coordenador:** Eng. Marco Antonio Carnio

## PRÁTICA RECOMENDADA IBRACON/ABECE

MACROFIBRAS POLIMÉRICAS PARA CONCRETO DESTINADO A APLICAÇÕES ESTRUTURAIS



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

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

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

#### Patrocínio





# Íria

Lícia Oliva

# Doniak



Engenheira civil pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (1988). Ainda na universidade, estagiou na Bianco Tecnologia de Concreto (1986-1987). Posteriormente, trabalhou na Usimix (1988-1990). Logo depois foi para a Votorantim (1991-1997), onde atuou em assessoria técnica para desenvolvimento de mercados e pesquisa e desenvolvimento de produto, bem como integrou a equipe de auditores internos da Cia de Cimento Portland Rio Branco, o que mais tarde possibilitou com que se tornasse auditora-líder junto ao *Bureau Veritas Quality International (BVQI)*. Através de sua empresa, D. O. Engenharia e Projetos, atuou como consultora na área de qualidade, aliando seus conhecimentos sobre tecnologia do concreto com os de sistemas de gestão pela qualidade (1998 - 2008), o que a qualificou a integrar o comitê do Selo de Excelência da Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto (Abcic), tornando-se, posteriormente, sua diretora de qualidade (2003-2007). Em 2008, iniciou como diretora com dedicação exclusiva e, desde 2012, assumiu a Presidência Executiva.

Íria é representante da Abcic na *fib* (Federação Internacional do Concreto). Atua como membro eleito do Conselho da Entidade (Presidium) para a gestão 2017-2020 e como membro das comissões de pré-fabricados e difusão de tecnologia.

Ela é também membro da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e de suas Comissões de Estudo de Estruturas Pré-Moldadas de Concreto e de Lajes alveolares, Painéis pré-fabricados e Estacas pré-fabricadas de Concreto além de outras normas relacionadas.

Foi diretora de cursos do IBRACON (2013 a 2015), sua diretora de marketing (2015-2017), sendo atualmente diretora de publicações e divulgação técnica, onde é também representante da Abcic junto ao seu Conselho Diretor.

Sua vivência técnica e institucional, em empresas e órgãos nacionais e internacionais, faz com que acompanhe de perto as transformações técnicas, administrativas e tecnológicas pela qual passa recentemente o setor construtivo brasileiro, em especial, aquelas advindas da incorporação da Indústria 4.0, um dos temas sobre o qual discorre nesta entrevista para a CONCRETO & Construções.

**IBRACON – O QUE LEVOU VOCÊ ESCOLHER A PROFISSÃO DE ENGENHEIRA CIVIL? O QUE A ATRAÍA PARA ESTE CAMPO NA DÉCADA DE 1980, QUANDO O PAÍS PASSAVA POR GRAVE CRISE ECONÔMICA, SEM MUITOS RECURSOS PARA INVESTIMENTOS EM INFRAESTRUTURA? EM RELAÇÃO À ATUAÇÃO PROFISSIONAL DE MULHERES NA ÁREA DE ENGENHARIA, O QUE MUDOU DESDE ENTÃO?**

**ÍRIA LÍCIA OLIVA DONIAK** – Meu pai era agropecuarista. Nasci e fui criada em Curitiba, mas passava férias quase sempre na fazenda. Ele também se dedicava à criação de cavalo puro sangue inglês, tendo assumido cargos institucionais no Jockey Club e na Associação dos Criadores de Cavalos de Corrida. Talvez daí venha o meu DNA institucional. Fui educada num colégio de freiras durante o hoje chamado ensino fundamental. No ensino médio, denominado à época científico, fui para uma escola, com média oito e com muita ênfase em química, física e matemática. Tive muitas dificuldades no início, especialmente em matemática. Meu irmão me dava muito apoio e insistia que era essencial para a vida, que minha única opção era enfrentar e vencer. O ensino profissionalizante era obrigatório e escolhi a opção Laboratorista de Geologia. Vencida a dificuldade inicial, passei a tirar notas excelentes e, também incentivada por um professor, busquei a engenharia. Entrei na

universidade, ávida por aprender! Creio que não pensava sobre a crise que existia na época, queria estudar e trabalhar. No campo existe um princípio simples que presenciamos a cada colheita: o resultado da semeadura. Colhemos o que plantamos e cuidamos! Tudo o que sabia era que, com esforço e dedicação, os resultados seriam obtidos à despeito das adversidades. Assim como nunca vi crise como impedimento para realizar meus sonhos, talvez por ter passado parte da minha infância no meio rural, aprendi a respeitar as pessoas em todos os níveis e a interagir com todos, num meio essencialmente masculino. Acredito que esses aprendizados fizeram com que não me preocupasse muito com a questão das mulheres no mercado de trabalho, embora me sensibilize com a causa. Não tive dificuldades para encontrar estágio e, posteriormente, trabalho. Por princípio, não por competição, sempre tive um espírito voltado a fazer o que era preciso e a entregar mais do que era solicitado, com foco no resultado, não no tempo. Tinha o desejo de ser reconhecida por meus méritos e não apoiada no que havia sido a conquista da minha família. Morei com os meus avós, pais da minha mãe, que faleceu quando eu tinha 10 anos, dos 17 até quando me casei. Meu avô sempre me dizia que para trabalhar era preciso aprender e

que para aprender a humildade era fundamental. Ao longo da história excelentes mulheres profissionais demonstraram o seu valor e conquistaram a abertura de mercado na área. Em 2013, na homenagem proposta pelo saudoso jornalista Nildo Oliveira, editor da Revista “O Empreiteiro”, me emocionei muito. Fui uma das sete mulheres escolhidas para representar as profissionais femininas que se destacam na área durante cerimônia das 500 Grandes Empresas da Construção. Neste dia pensei em alguns exemplos importantes do passado: a história de Emily Roebling, responsável por uma das obras relevantes dos Estados Unidos, a ponte que liga Manhattan ao Brooklyn. Quando seu marido, engenheiro responsável pela ponte, adoeceu em 1872, ela o sucedeu, assumindo o processo e a obra foi concluída sob sua liderança. A Engenheira Enedina Marques, minha conterrânea, que, em 1945, foi a primeira mulher a concluir engenharia no estado do Paraná e primeira engenheira mulher e negra do Brasil, tendo participado de importantes obras de barragem. E, por fim, e que deve ser sempre citada e lembrada por nós da área a engenheira, Maria Noronha, sócia fundadora do IBRACON, referência em concreto armado e protendido, formada pelo Mackenzie em 1951.



**AO LONGO DA HISTÓRIA EXCELENTES  
MULHERES PROFISSIONAIS DEMONSTRARAM  
O SEU VALOR E CONQUISTARAM A  
ABERTURA DE MERCADO NA ÁREA**



“

ANDAVA COM O LIVRO DOS PROFESSORES PAULO HELENE E PAULO TERZIAN DEBAIXO DO BRAÇO, SENDO A TABELA DOS FATORES QUE INFLUENCIAM A RESISTÊNCIA DO CONCRETO, COM BASE NO DIAGRAMA DE ISHIKAWA, O MEU NORTE

”



Íria Doniak, ao centro, ladeada por outras mulheres homenageadas pela Revista O Empreiteiro em 2013

**IBRACON** – CONTE-NOS UM POUCO DE SUA CARREIRA PROFISSIONAL. ONDE FEZ ESTÁGIOS? AS EMPRESAS NAS QUAIS PASSOU NA DÉCADA DE 90? SUAS VIVÊNCIAS COM ENGENHEIROS EXPERIENTES E EXPOENTES NACIONAIS DE NOSSA ENGENHARIA? SEUS APRENDIZADOS NO SETOR CONSTRUTIVO BRASILEIRO? PORQUE ACEITOU ASSUMIR CARGOS DE DIRETORIA E FINALMENTE SE DEDICAR PROFISSIONALMENTE AO TERCEIRO SETOR COMO PRESIDENTE EXECUTIVA DA ABCIC (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA DE CONCRETO)?

**ÍRIA LÍCIA OLIVA DONIAK** – Formei-me na PUC do Paraná há exatos 30 anos, em 1988. Meu primeiro estágio foi em 1985 em um escritório que

trabalhava com projetos hidráulicos, porém não me interessei muito pela área e, assim que acabou o período de seis meses, encerrei o contrato. Em seguida, conheci o Dr. Dante Bianco e fui trabalhar na Bianco Tecnologia de Concreto, fundada por ele em 1956, pioneira no Sul nesta atividade. Dr. Dante foi sócio-fundador e membro da diretoria do IBRACON, bem como membro destacado do ACI (*American Concrete Institute*). Ter tido a oportunidade de ser introduzida por ele no universo do concreto, foi o maior acontecimento de minha vida profissional. Eu era fascinada pela extensa biblioteca de periódicos internacionais que

ele possuía. Sempre que possível, pedia para levar algum exemplar emprestado para ler e, quando devolvia, ele queria saber o que eu tinha lido e trocávamos ideias. Foi um tempo precioso! Quase toda família trabalhava na empresa e o ambiente era incrível. Tive a oportunidade também de trabalhar com o Eng. Mauro Bianco, que continua à frente da empresa e, com quem aprendi uma visão analítica, principalmente em trabalhos de inspeção. Eu contava as horas para terminar a aula e correr para lá. No último ano da universidade, precisei me dedicar a um estágio dentro da PUC, no qual podíamos escolher um dos três organismos que prestavam serviços à comunidade: o ISAM (Instituto de Saneamento Ambiental), o LACIN (Laboratório Acadêmico de Informática), ou o INTEC (Instituto de Tecnologia), este liderado pelo Prof. César Zanchi Daher (o pai), que tinha sido meu professor de materiais de construção. Por isso, escolhi o INTEC. Foram 6 meses de estágio, no fim do qual apresentamos um trabalho. Meu tema foi na área de Controle Tecnológico do Concreto. O Prof. César tinha me desafiado a tirar 10 para poder participar da Reunião do Instituto Brasileiro do Concreto, em 1988 no Hotel Glória, Rio de Janeiro), hoje o nosso Congresso Brasileiro do Concreto. A meta foi alcançada e, assim, tive o meu primeiro contato com o Instituto.

No ano de conclusão do curso de engenharia, fui apresentada ao engenheiro Jorge Hiroshi Aoki, hoje atuando na Cimento Itambé, mas, na época, Diretor Técnico da Usimix, uma empresa de concreto usinado, com filiais no Sul do país e em São Paulo. Ele me ofereceu um estágio. Ao me formar, passei a ter o laboratório central sob minha responsabilidade, de onde saía todo o controle de qualidade das 16 usinas. Nesta época tive que aprender muito, não somente sobre o concreto, mas sobre pessoas e processos. Andava com o livro dos professores Paulo Helene e Paulo Terzian debaixo do braço, sendo a tabela dos fatores que influenciam a resistência do concreto, com base no diagrama de Ishikawa, o meu norte. Aprendi muito sobre centrais, equipamentos, logística, controle do concreto com o Jorge. Juntos, estruturamos um trabalho fantástico. Dois anos depois, fui convidada a trabalhar na Votorantim e tive a oportunidade de conviver com profissionais técnicos excelentes. Meu trabalho era voltado principalmente ao desenvolvimento de novas tecnologias, como o pré-fabricado de concreto, a alvenaria estrutural, as barragens de concreto compactado com rolo e o pavimento rígido. Posteriormente desenvolvi trabalhos com argamassas industrializadas e cimentos especiais, como os resistentes a sulfatos.

Tive a oportunidade de trabalhar e interagir com consultores de renome, como Paulo Helene, Francisco Holanda e Vladimir Paulon. Foram oportunidades fantásticas que muito agregaram à minha formação. Mas foi uma época também de aprender algo além da técnica e passar a ter uma visão de gestão. Por isso, me integrei ao trabalho da Diretoria da Cia de Cimento Portland Rio Branco, sob liderança do engenheiro Luiz Vilar de Carvalho, com interfaces em São Paulo com o Dr. Renato Giusti, que mais tarde também assumiu a presidência da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland). Com o engenheiro Vilar aprendi o que ele sempre denominava de “Visão Sistêmica”, ao sintetizar as informações e focar no essencial. Nesta época também integrava a equipe de facilitadores e auditores internos da ISO 9001 da empresa, o que posteriormente permitiu me qualificar como auditora-líder junto ao BVQI (*Bureau Veritas Quality International*). Neste período, trabalhava e lia incansavelmente Juran, Deming, Crosby, a filosofia dos grandes “gurus” da qualidade, além de atuar na minha área específica. Em 1997, com minha filha já com três anos, decidi que iria parar e me dedicar a um projeto de vida acadêmica, fazendo o mestrado, pois, como viajava muito a trabalho, ainda não tinha sido possível. No entanto, em função

de algumas oportunidades, acabei iniciando um trabalho de consultoria com algumas empresas, entre elas a Cassol Pré-Fabricados, e também atuando junto ao BVQI, nas muitas auditorias do SIAC/PBQP-h (Sistema de Avaliação da Conformidade de Serviços e Obras/Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat) e ISO no mercado imobiliário e em grandes obras. Em 2001, incubada pela ABCP, foi fundada a ABCIC (Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto), que, em 2003, começou a estruturar seu Selo de Excelência, cujo “petit comite” passei a integrar, representando a Cassol, empresa cliente de meus serviços de consultoria. A associação estava crescendo, com uma proposição importante de aprimoramento técnico do setor, onde passei também a atuar como consultora da entidade, até que recebi a proposta de ficar integralmente para profissionalizar a entidade e a condução do setor. Pensei à respeito e vislumbrei a oportunidade de, mais do que um trabalho, assumir uma missão, na qual poderia aplicar todos os conhecimentos oriundos da formação eclética que havia tido a oportunidade de estruturar ao longo da minha vida profissional. E isto já faz 10 anos!

**IBRACON** – NO ÂMBITO NACIONAL VOCÊ TEM MILITADO NÃO SOMENTE EM ENTIDADES



EM 2001, INCUBADA PELA ABCP, FOI FUNDADA A ABCIC (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA DE CONCRETO), QUE, EM 2003, COMEÇOU A ESTRUTURAR SEU SELO DE EXCELÊNCIA



## “ NAS NOSSAS ENTIDADES É IMPORTANTE ATUAR NO QUE NOS COMPETE E COLABORAR COM AS DEMAIS SEMPRE QUE POSSÍVEL, POIS A UNIÃO FAZ A FORÇA E EM CONJUNTO POTENCIALIZAMOS AS NOSSAS AÇÕES ”

TÉCNICAS COMO O IBRACON, MAS EM OUTROS FÓRUMS. PODERIA CITAR QUAIS E QUAL A RELEVÂNCIA DESSES TRABALHOS?

**ÍRIA LÍCIA OLIVA DONIAK** – Sim, o IBRACON é a nossa essência. Nele está o concreto e todas as suas interfaces, sob o prisma técnico-científico. Como falei anteriormente, minha primeira reunião foi a de 1988, no Hotel Glória e, de lá para cá, foram poucas as atividades em que não participei. Creio que as que coincidiram com o nascimento dos meus filhos. No Instituto, além de representar a Abcic no conselho e já ter sido conselheira individual, tenho há algum tempo integrado a diretoria. Além do Instituto, integro a diretoria do DECONCIC (Departamento da Construção Civil) da FIESP

(Federação das Indústrias do Estado de São Paulo), fóruns específicos de entidades parceiras com a CBIC (Câmara Brasileira da Indústria da Construção), grupos de trabalho da Construção Industrializada, coordenados pela ABRAMAT (Associação Brasileira de Materiais de Construção), grupo de trabalho da Construção Industrializada no âmbito da ABDI (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial) e também parcerias com a SOBRATEMA (Associação Brasileira de Tecnologia para a Construção e Mineração). Mais recentemente tenho desenvolvido trabalhos com a ABRAIN (Associação Brasileira das Incorporadoras), que integrou as entidades num programa

interessante chamado “DO MESMO LADO”. À parte os aspectos correlacionados ao desenvolvimento tecnológico do setor, abrir espaço, trazer a colaboração da industrialização, apoiar e estruturar o desenvolvimento de políticas públicas voltadas à construção civil é vital. No meio institucional é importante compreender o papel de cada entidade, que não envolve somente aspectos técnicos. Existem associações, institutos, sindicatos, câmaras, federações, com funções específicas, algumas inclusive legais, com propósitos e escopos diferentes. Nas nossas entidades é importante atuar no que nos compete e colaborar com as demais sempre que possível, pois a união faz a força e em conjunto potencializamos as nossas ações.

**IBRACON** – VOCÊ TEM REPRESENTADO A ABCIC EM DIVERSAS COMISSÕES DE NORMA DIRETAMENTE LIGADAS AO CONCRETO PRÉ-MOLDADO. QUAIS AS DIRETRIZES QUE NORTEARAM SEU TRABALHO NESSAS COMISSÕES? HOUVE PAUTAS DEFENDIDAS PELA ABCIC QUE FORAM INCORPORADAS NAS NORMAS? POR QUE SUAS APROVAÇÕES FORAM IMPORTANTES PARA O SETOR EM GERAL?

**ÍRIA LÍCIA OLIVA DONIAK** – A normalização é base do desenvolvimento sustentável de um setor. Sou associada à ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e participo de



BANCO DE IMAGENS DA ABCIC

Montagem de prédio com estruturas pré-fabricadas de concreto

comissões de norma do concreto pré-moldado e outras correlatas. Quando a Abcic teve início em 2001, o primeiro tema em pauta foi o desenvolvimento de um programa de qualidade, que acabou sendo denominado de Selo de Excelência Abcic, englobando qualidade, segurança e meio ambiente. Teve uma referência importante no modelo do programa americano do PCI (*Precast/Prestressed Concrete Institute*). Porém, nossa principal norma a ABNT NBR 9062 Projeto e Execução de Concreto Pré-moldado era de 1985, estava desatualizada e, comparada com o *Eurocode*, por exemplo, trazia apenas informações mínimas. A Abcic propôs sua atualização, que já está na versão 2017. Não poderíamos implementar um programa como o Selo sem parâmetros que nos possibilitassem uma avaliação consistente. Tomamos muito cuidado, pois normas internacionais precisam ser referência, e não serem adotadas na íntegra. Pode-se tomar como exemplo a Europa, onde, apesar do Eurocode ser adotado na íntegra por alguns países, muitos mantêm suas próprias normas, pois existem aspectos a serem considerados que diferem de um país para outro, como o clima, fenômenos da natureza e aspectos culturais, além de outros fatores. A Abcic também propôs à ABNT algumas normas específicas para alguns produtos, como Lajes

Alveolares, Painéis e Estacas, que, por especificidades ou maior complexidade de produção ou tipologias, requeriam maior atenção.

**IBRACON** – COMO A ABCIC TEM ATUADO EM RELAÇÃO À QUALIDADE DOS PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETO? COMO AGIR NO MERCADO COM FABRICANTES QUE NÃO SE PREOCUPAM EM ATENDER A NORMAS E CAUSAM PROBLEMAS QUE IMPACTAM A IMAGEM DO SISTEMA?

**ÍRIA LÍCIA OLIVA DONIAK** – Na pergunta anterior falei sobre as normas e o Selo de Excelência, que é exigido, conforme o estatuto da entidade para empresas associadas. Demos um prazo até o final de 2019, para que todas as empresas associadas integrem o programa, que é avaliado por uma entidade de terceira parte, o IFBQ (Instituto Falcão Bauer da Qualidade). Temos feito um esforço no sentido de que todos participem do programa. Não temos ação direta sobre as empresas não associadas. Quem impõe esta demanda é o mercado, tanto a iniciativa pública quanto a privada, contratante das obras e que devem estabelecer critérios de contratação que englobem a qualidade. Temos o dever de propor ou estabelecer critérios através de canais como as normas ABNT e o selo. A responsabilidade técnica, mencionada em nosso código de conduta, é um papel de cada

empresa fazer cumprir e de cada contratante exigir de seu fornecedor. Critérios de qualificação do fornecedor são fundamentais. Não é possível continuarmos, como país, comprando engenharia com uma mesma lei que se aplica a materiais de escritório, por exemplo, ou por pregões. Medidas urgentes no âmbito do poder público precisam ser tomadas, pois se trata de um problema estrutural e cultural, e não somente do pré-fabricado.

**IBRACON** – ALÉM DE SUA ATUAÇÃO EM ENTIDADES NACIONAIS, VOCÊ É MEMBRO DO PRESIDUM DA FEDERAÇÃO INTERNACIONAL DO CONCRETO ESTRUTURAL (*fib*) E DAS COMISSÕES 6 E 9 DA FIB. DE QUE FORMA VOCÊ CONQUISTOU ESSAS POSIÇÕES NA *fib*? QUAIS SUAS ATIVIDADES EM CADA UM DESSES COLEGIADOS? POR QUE É IMPORTANTE PARA O PAÍS PARTICIPAR DE UMA ENTIDADE TÉCNICA INTERNACIONAL, COMO A *fib*?

**ÍRIA LÍCIA OLIVA DONIAK** – A Abcic se aproximou da *fib* em 2007, com o objetivo de integrar a Comissão 6 de Estruturas Pré-Fabricadas de Concreto, na qual muitos países são representados e mantêm seus profissionais trabalhando em prol do desenvolvimento da pré-fabricação. Em 2008, em conjunto com a ABECE (Associação Brasileira de Consultoria e Engenharia Estrutural), restabelecemos o Grupo Nacional Brasileiro junto à *fib*, que, no passado, havia sido muito atuante através de profissionais, como o Prof. Augusto Carlos Vasconcelos

“

**RESPONSABILIDADE TÉCNICA, MENCIONADA EM NOSSO CÓDIGO DE CONDUTA, É UM PAPEL DE CADA EMPRESA FAZER CUMPRIR E DE CADA CONTRATANTE EXIGIR DE SEU FORNECEDOR**

”



“ COMO PAÍS, TEMOS REPRESENTAÇÃO TAMBÉM NO DESENVOLVIMENTO DO DOCUMENTO MAIS IMPORTANTE, QUE PODERÍAMOS CHAMAR DE DOCUMENTO “MÃE” DA ESTRUTURA DE CONCRETO, QUE É O CÓDIGO MODELO (*MODEL CODE fib*), REFERÊNCIA PARA ATUALIZAÇÃO DE NORMAS ”



Íria Doniak, durante o Simpósio da *fib* em Cape Town, no qual se realizou a eleição, ladeada (esq.) pelo Eng. Michel Mousard, Eng. Hugo Corres e Eng. David Fernández Ordóñez e (dir.) pelo Eng. Harald Müller

e a Prof<sup>a</sup> Lídia Shehata. Vale destacar que, desde 2017, o IBRACON também voltou a participar e passou a integrar novamente a delegação nacional. Desde o início, além das comissões de interesse específico das entidades, temos estado em todas as atividades de cunho institucional, como as Assembleias e os eventos, levando a nossa contribuição, o que é fundamental. O ciclo virtuoso se dá quando compreendemos que não podemos somente extrair o que nos interessa, mas que contribuir também é importante. Além da comissão 6, integro a comissão 9, que trata da disseminação da tecnologia, pois há uma preocupação sobre como fazer a informação chegar de forma adequada no

mundo todo e como integrar cada vez mais profissionais engajados provenientes de distintos países. Como país, temos representação também no desenvolvimento do documento mais importante, que poderíamos chamar de documento “mãe” da estrutura de concreto, que é o Código Modelo (*Model Code*), referência para atualização de normas, não somente europeias, mas americanas, asiáticas, enfim de todos os continentes. Esse trabalho se desenvolve na comissão 10, que hoje está atualizando a versão 2010 e englobando também o tema de estruturas existentes. O representante da América Latina nesta comissão é o Prof. Fernando Rebouças Stucchi, que tem

contribuído muito com este desenvolvimento e também lidera o Grupo Nacional, com quem tenho tido a oportunidade de conviver e aprender. À parte as questões técnicas, fui convidada, em 2014, pelo presidente eleito para a gestão 2015-2016, Harald Müller, a integrar o “*Presidium*”, que é o conselho da entidade, como “*co-opted member*”, uma prerrogativa do presidente, além dos membros eleitos convidar duas pessoas sua gestão. Posteriormente, foi proposta a minha candidatura, tendo sido eleita, em Assembleia Geral, pelas delegações dos países que integram a federação para o período de 2017-2020. Nunca pensei nesta possibilidade, mas em estar presente, servir, apoiar, desenvolver, articular posicionamentos, e creio que isto foi uma consequência natural. Mas, me sinto feliz em poder contribuir e, ao mesmo tempo, compreender que uma visão globalizada exige muito mais profundidade e entendimento. Para o Brasil, estar num fórum representado por 45 países é fundamental. Nossa contribuição estará no Código Modelo, no qual temos tido a oportunidade de interagir com os outros 44, discutindo e debatendo com *experts* do mundo todo. Em que outra entidade teríamos esta oportunidade e acesso? Além disso, temos estreitos relacionamentos

com importantes especialistas internacionais, como o Prof. Hugo Corres e Eng. David Fernández Ordóñez (Espanha), Prof. Kim Elliot (Inglaterra), Prof. Arnold Van Acker (falecido em janeiro deste ano), Eng. Stef Maas (Bélgica), Prof. Marco Menegotto (Itália), Prof. Aurélio Muttoni (Suíça), Akio Kasuga e Koji Sakai (Japão), Larbi Sennour (USA), entre outros, que têm se disposto a estar conosco e contribuir em nossas ações. Através dos relacionamentos, da comissão 6 da fib, tive também a oportunidade de ser convidada pelo então presidente do PCI – USA (*Precast/Prestressed Institute*) James Toscas, hoje presidente da PCA (*Portland Cement Association*) a “estagiar” por um mês na sede em Chicago, o que possibilitou compreender as ações institucionais e desenvolvimento da pré-fabricação em concreto.

#### **IBRACON – VOCÊ TEM VIAJADO**

**BASTANTE PARA O EXTERIOR E VISITADO PLANTAS DE PRÉ-MOLDADOS DAS MAIS DESENVOLVIDAS DO MUNDO. EM RELAÇÃO A ELAS, O QUE EVENTUALMENTE FALTA PARA NOSSAS EMPRESAS SE IGUALAREM EM TERMOS DE EQUIPAMENTOS, AUTOMAÇÃO, PROCEDIMENTOS, LOGÍSTICA, CAPACITAÇÃO DE PESSOAL ETC.?**

**ÍRIA LÍCIA OLIVA DONIAK** – Em termos de produto, em relação ao que o mercado brasileiro demanda, estamos atualizados. Evidentemente, como temos ainda um custo de

mão de obra menor, principalmente quando comparados à Europa, temos um grau de automação também muito menor. Temos procurado conhecer e implementar novas tecnologias e, mesmo em tempos de crise, nossos empresários têm investido. Porém, muitos planos de investimento tiveram que ser postergados com a crise, pois incrementar maior produtividade dentro da indústria também exige demanda. Recentemente demos a solução necessária e ágil a todas as demandas que bateram à nossa porta: aeroportos, estádios, equipamentos olímpicos, BRTs, metrô, escolas, além das usuais e já consolidadas - shopping, centros de distribuição e logística, hipermercados. O Prêmio Obra do Ano 2018 da Abcic foi um exemplo importante pela diversidade de aplicações que apresentou nas distintas categorias. Em termos de soluções, creio que podemos nos desenvolver muito ainda nas áreas de infraestrutura viária e painéis de fachada. Especialmente, em painéis, na Europa, existem soluções com acabamentos, incluindo esquadrias, muito interessantes, mas que ainda não se viabilizam no Brasil, pois são produtos de alto valor agregado. Em nosso país ainda é necessário vencer a cultura do preço e analisar a viabilidade no modelo custo vs benefício. Em termos de evolução tecnológica,

ela passa necessariamente pela tecnologia de concreto e concretos especiais, incluindo o UHPC (*ultra high performance concrete*), que tem sido pauta de nossos últimos eventos. Estamos nos preparando para a nossa 7ª Missão Técnica: Japão e Feira de Bauma (Munique), que para nosso setor é a principal feira internacional. Temos que nos manter alinhados com as tendências mundiais e com a normalização preparada para dar suporte aos novos desenvolvimentos. Na indústria hoje 66,7% das empresas trabalham com o concreto autoadensável, por exemplo, mostrando que um ambiente extremamente favorável à inovação é característico do setor.

**IBRACON – QUAIS AS PERSPECTIVAS QUE VOCÊ VÊ PARA A INDÚSTRIA DO PRÉ-MOLDADO PARA 2019? O NOVO GOVERNO TRAZ ESPERANÇAS POSITIVAS?**

**ÍRIA LÍCIA OLIVA DONIAK** – O mercado iniciou mais aquecido do que nos dois últimos anos. O setor prevê recuperar o volume de produção parcialmente em 2019. É fundamental para o país e para o nosso negócio que a reforma da previdência seja aprovada e também as questões de ordem tributária sejam adequadamente tratadas. A segurança jurídica será outro aspecto fundamental que atrairá novos investimentos. As esperanças positivas não dependem somente de um novo governo,



**INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO PARA NOVOS EMPREENDIMENTOS  
E O PLANEJAMENTO DE MANUTENÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES,  
IMPEDINDO QUE ACIDENTES E DESASTRES DE GRANDES PROPORÇÕES,  
COMO O QUE ESTAMOS VIVENCIANDO NESTES DIAS, SERÃO FUNDAMENTAIS**







## AS CIDADES INTELIGENTES SÃO AS QUE UTILIZAM A TECNOLOGIA PARA MELHORAR A INFRAESTRUTURA URBANA E TORNAR OS CENTROS URBANOS MAIS EFICIENTES



mas residem muito no legislativo e no judiciário. Os três poderes precisam trabalhar em conjunto e pelo Brasil. A pauta anticorrupção é vital. Neste momento também é vital que a construção civil apresente as suas propostas e a CBIC está na liderança deste processo. A industrialização da construção para novos empreendimentos e o planejamento de manutenção das estruturas existentes, impedindo que acidentes e desastres de grandes proporções, como o que estamos vivenciando nestes dias, serão fundamentais. É importante pensar em temas como programas habitacionais e de infraestrutura, porém de fundamental importância a segurança da população e considerar os aspectos que podem trazer impactos principalmente na mobilidade urbana. É necessário que os programas contemplem o novo, mas considerem a preservação do que já construímos.

**IBRACON – FALANDO SOBRE O TEMA DE CAPA DA EDIÇÃO, QUAL É SEU ENTENDIMENTO DO CONCEITO DE CIDADES INTELIGENTES? QUAL A RELAÇÃO ENTRE AS CIDADES INTELIGENTES E A INDÚSTRIA 4.0? HÁ ALGUMA DIFERENÇA ENTRE OS CONCEITOS DE INDÚSTRIA E CONSTRUÇÃO 4.0? PARA QUAIS CENÁRIOS FUTUROS NO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL, ESTE CONTEXTO NOS LEVARÁ?**

**ÍRIA LÍCIA OLIVA DONIAK** – Poderíamos usar muitos conceitos de organismos

oficiais, mas simplificando um pouco e pelo que já estudei sobre o tema, posso resumir que as cidades inteligentes são as que utilizam a tecnologia para melhorar a infraestrutura urbana e tornar os centros urbanos mais eficientes. A história nos mostra a evolução da indústria, que sempre aportou inovação e tecnologia. Hoje estamos vivenciando a 4ª Revolução Industrial, na qual se insere o contexto da Indústria 4.0, que se caracteriza pela fusão do mundo físico, digital e biológico. Essa fusão se dará através de tecnologias, como impressão 3D, inteligência artificial, internet das coisas (*IoT – Internet of things*), biologia sintética e sistemas ciberfísicos. A construção civil já vem adotando ferramentas oriundas deste desenvolvimento.

Não se tratam apenas de contextos futuros. A Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) sintetizou muito bem em seu projeto de avaliação para tecnologia a interação nas Cidades Inteligentes. Nesta síntese, feita em 2017, fica evidente a correlação entre a Indústria 4.0, a construção civil e a engenharia:

- ▶ Infraestrutura digital de informação e comunicação pública (*mobiles* e sensores) e de telecomunicação;
- ▶ Soluções urbanas inovadoras na área das redes integradas de energia, água, gás e saneamento, contemplando *smart meters*,

*smart grids*, iluminação pública inteligente, matrizes energéticas alternativas;

- ▶ Soluções urbanas inteligentes na área da mobilidade sustentável, contemplando infraestruturas para veículos elétricos, veículos conectados, bicicletas elétricas, serviços de *car-sharing* e *bike-sharing*, aplicações para estacionamento inteligente, sistemas de gestão de tráfego e de frotas;
- ▶ Soluções urbanas inovadoras, baseadas em tecnologias de informação e comunicação, orientadas para a promoção da qualidade de vida dos cidadãos, em áreas como a segurança pública, saúde, educação, turismo, cultura, incluindo as tecnologias vestíveis e móveis, que integram o cidadão a cidade;
- ▶ Soluções urbanas inovadoras na área do ambiente, sistemas de gestão inteligente de água, sistemas de gestão inteligente de resíduos, sistemas de monitorização ambiental;
- ▶ Soluções urbanas inovadoras na área da construção e reabilitação sustentável e das infraestruturas verdes, contemplando materiais inteligentes, novas técnicas construtivas, integração de energias renováveis, painéis solares;
- ▶ Soluções inteligentes de *e-government*, plataformas de dados abertos, ferramentas de

suporte à participação pública e cidadania, sistemas de modernização e simplificação administrativa, sistemas de gestão e controle público e privado, voltados para o município, para o empresário e para o cidadão.

**IBRACON** – QUAIS FERRAMENTAS DA INDÚSTRIA 4.0 JÁ SÃO APLICADAS NO SETOR CONSTRUTIVO INTERNACIONAL E NACIONAL? COMO O SETOR CONSTRUTIVO NACIONAL SE SAI EM RELAÇÃO AO TEMA FRENTE AO INTERNACIONAL?

**ÍRIA LÍCIA OLIVA DONIAK** – Existe um relatório extenso apresentado no site do governo brasileiro ([www.industria40.gov.br](http://www.industria40.gov.br)) que eu recomendaria aos leitores da CONCRETO & Construções, além de um diagnóstico que propõe um trabalho aplicável a todos os setores indistintamente. No entanto, precisamos lutar para que a construção civil conquiste seu espaço, uma vez que, ao longo dos anos, os setores automotivo e do agronegócio lideraram junto ao governo o processo de industrialização e inovação. A construção civil era considerada como o abrigo que absorveria a mão de obra oriunda da mecanização do campo e, portanto, não houve políticas públicas de incentivo e desenvolvimento do nosso setor. Antes de uma comparação frente ao cenário internacional,



**Íria Doniak com os presidentes da ABCP, Paulo Camillo, Sobratema, Afonso Mamede, e IBRACON, Julio Timerman (dir.), da Abece, João Alberto de Abreu Vendramini e Abcic, José Antonio Tessari (esq.)**

precisamos conquistar nosso espaço em nosso próprio país. Os países de primeiro mundo sempre tiveram, pela escassez de mão de obra, a industrialização em pauta. No entanto, este não é um tema para que decisões sejam tomadas isoladamente. Levando em conta este aspecto, o tema envolve também pensar no consumo de recursos naturais e em produtividade. O “boom” da construção civil antes da crise levou o setor da construção a entender que precisa vencer esta defasagem e muitos movimentos têm sido feitos pelos empresários e entidades empresariais do setor desde então. Mas precisamos cuidar

com ações isoladas ou conjuntas que não trazem uma visão de setor efetivamente, pois isto divide e enfraquece o setor da construção civil como um todo.

**IBRACON** – COMO A CADEIA DO CONCRETO, EM ESPECIAL, O SEGMENTO DOS PRÉ-FABRICADOS, TEM ACOMPANHADO AS DISCUSSÕES SOBRE CIDADES INTELIGENTES E INDÚSTRIA 4.0 E SE POSICIONADO? COMO AS ENTIDADES TÊM CONTRIBUÍDO NESSE SENTIDO? NA SUA AVALIAÇÃO, DE QUE MANEIRA O CONCRETO PODERÁ CONTRIBUIR COM ESSES TEMAS? E NA SUA VISÃO, COMO SERÁ O CANTEIRO DE OBRAS, O CONCRETO E A INFRAESTRUTURA DAQUI A 50 ANOS?

**ÍRIA LÍCIA OLIVA DONIAK** – Em primeiro lugar, é importante identificar os

“

**A PLATAFORMA BIM ASSEGURA UM PLANEJAMENTO COM UM ALTÍSSIMO NÍVEL DE DETALHAMENTO, PRODUZINDO MODELOS 3D VERDADEIRAMENTE CONSTRUTÍVEIS E POSSIBILITANDO, ASSIM, A INTEGRAÇÃO AUTOMATIZADA COM OS EQUIPAMENTOS DE PRODUÇÃO**

”





## A CAPACIDADE DO CONCRETO, EM RELAÇÃO A OUTROS MATERIAIS TRADICIONAIS DE CONSTRUÇÃO, EM ARMAZENAR ENERGIA GERADA POR FONTES RENOVÁVEIS E DISTRIBUÍ-LA COM FLEXIBILIDADE NA REDE ELÉTRICA, EVITA OS CHAMADOS PICOS DE ENERGIA



projetos que estão sendo planejados e preparados pelas entidades, para que se faça uma articulação, a fim de levar as demandas dos segmentos de forma conjunta. A união entre as entidades é imprescindível para que esses projetos ganhem mais visibilidade e robustez, atingindo um número maior de organismos e instituições oficiais, bem como a sociedade. Na nossa história, essa congregação e parceria entre as entidades têm se mostrado o caminho mais adequado e eficiente para apresentar demandas que englobam diferentes segmentos. No segmento de pré-fabricado de concreto, esse assunto tem sido pautado em diversas frentes. O planejamento estratégico da Abcic, elaborado em 2015, previa que a evolução do setor iria passar, necessariamente, pela adoção dos conceitos da Indústria 4.0. Por esse motivo, nossos associados fornecedores vêm investindo em

inovação para trazer equipamentos, sistemas e soluções tecnológicas que contribuam para que os fabricantes de estruturas pré-fabricadas de concreto atinjam esse objetivo. Por parte da indústria, vemos exatamente esse movimento de aplicar recursos para equipar as fábricas com alta tecnologia em projeto, gestão, fabricação e montagem, assegurando produtividade, sustentabilidade, qualidade, padronização, rastreabilidade e eficiência em toda operação, desde a aquisição de matéria-prima até a entrega da obra. O ambiente industrial é favorável para imersão nessa revolução, especialmente, quando se fala em uso de *Big Data*, BIM (*Building Information Modeling*) e sistemas online. A plataforma BIM, por exemplo, está contribuindo para a elaboração de projetos mais assertivos, com a participação de toda a cadeia de fornecedores. Ela assegura um

planejamento com um altíssimo nível de detalhamento, produzindo modelos 3D verdadeiramente construtíveis e possibilitando, assim, a integração automatizada com os equipamentos de produção, evitando a inserção de dados manualmente, fonte de erros e desperdícios. Outro exemplo na indústria é a aplicação de *Laser Scanner*, que gera superfícies em forma de imagens, com precisão milimétrica e de fácil visualização de áreas, eliminando desvios, ainda que os limites estejam estabelecidos na norma. O uso deste tipo de equipamento visa garantir dimensões, alinhamentos e variações volumétricas, com altíssima precisão e controle. Em tecnologia de concreto, houve também um avanço muito grande, com os investimentos realizados pelas empresas cimenteiras para fornecer concreto de alta desempenho, concreto customizado e concreto de ultra-alto desempenho (CUAD ou UHPC

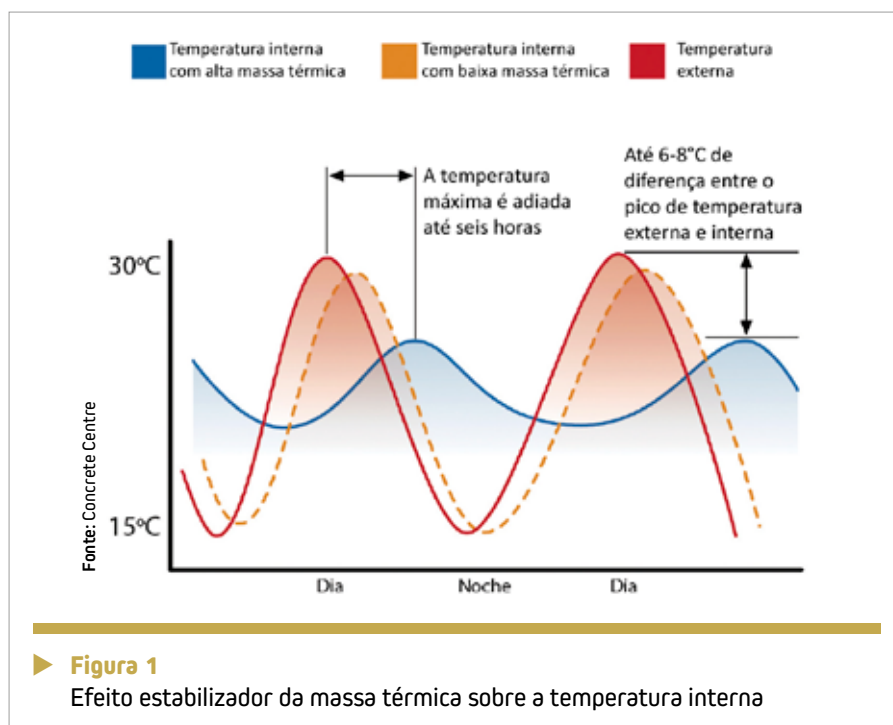
► Tabela 1 – Propriedades térmicas dos materiais de construção (Fonte: *Concrete Centre*)

Material de construção	Capacidade calorífica específica (J/kg·K)	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Condutividade térmica (W/m·K)	Massa térmica efetiva
Madeira	1600	500	0,13	Baixa
Aço	450	7800	50,0	Baixa
Bloco de concreto	1000	1400	0,57	Média-alta
Concreto pré-fabricado e moldado no local	1000	2300	1,75	Alta
Ladrilho	1000	1750	0,77	Alta
Arenisca	1000	2300	1,8	Alta

– Ultra High Performance Concrete).  
Nessa indústria, inclusive, a quarta Revolução Industrial é uma realidade, tanto na questão de sustentabilidade como na produtividade. Controles e monitoramento inteligentes fazem parte do processo da mineração a expedição do produto final.

Além dos tradicionais e conhecidos benefícios decorrentes do uso da pré-fabricação em concreto, destacam-se os estudos e aplicações mais recentes no âmbito globalizado, como a capacidade do concreto, em relação a outros materiais tradicionais de construção, em armazenar energia gerada por fontes renováveis e distribuí-la com flexibilidade na rede elétrica (Tabela 1), fazendo com que a demanda dos consumidores ocorra ao longo do tempo, evitando os chamados picos de energia por meio do pré-aquecimento ou resfriamento dos ambientes.

Esta capacidade é denominada de inércia térmica, possibilitando o armazenamento estrutural ativo de energia térmica (Gráfico 1). Os Sistemas de Controle Inteligentes estão em desenvolvimento em diversos países. Neles o pré-aquecimento ou resfriamento de um edifício é feito, nas horas de pico, com a energia armazenada no edifício, que é liberada ao longo do seu uso, o que é conhecido como resposta de demanda ativada (ADR). Porém, para que seja possível a



utilização deste benefício, se faz necessário que se promovam políticas públicas que reconheçam essas vantagens, que se desenvolvam modelos de cálculo de rendimento energético, que seja promovida a interoperabilidade entre os sistemas e que sejam dados incentivos para que os estudos possam avançar. Para conhecer melhor e de forma mais detalhada este conceito recomendo acessar o site do *Concrete Centre* ([www.concretecentre.com](http://www.concretecentre.com)), entidade do Reino Unido dedicada a promover o concreto e suas aplicações. O BIBM (*Federation of the European Precast Concrete Industry*), que integra todas as associações de pré-

fabricado da Europa, também tem trabalhado este tema. O concreto é o produto industrializado mais utilizado pela sociedade, com consumo atual mundial estimado em 19 bilhões de toneladas ao ano. Portanto, através da utilização do concreto da melhor maneira, com base em requisitos de desempenho e sustentabilidade, é possível racionalizar o uso, através da redução significativa do consumo de materiais e energia. Também usar as propriedades do concreto relacionadas aos benefícios não convencionais, como já conhecemos, é fundamental para o momento atual e futuro. O incremento da pesquisa e interação com o mercado neste sentido são vitais.

“ NOSSA VISÃO E CONCEITOS PRECISAM SER REPENSADOS A CURTO PRAZO, POIS, NA VELOCIDADE EM QUE TUDO OCORRE, 10 ANOS JÁ É UM TEMPO LONGO ”





**A DIGITALIZAÇÃO, QUE É O GRANDE MOTE DA TRANSFORMAÇÃO, NÃO DEVE SER PENSADA COMO FUTURO. ELA ACONTECE AGORA E SE DESENVOLVE EM ALTA VELOCIDADE, SENDO QUE IMPACTARÁ TODOS OS SETORES RELACIONADOS, ESPECIALMENTE A INFRAESTRUTURA**




Participei com a CBIC e SENAI de um trabalho muito interessante: oficinas que geraram um documento com uma visão de futuro na habitação daqui há 10 anos<sup>1</sup>. Acredito que, com a velocidade em que tudo acontece, especialmente quando o tema é digitalização, não precisamos chegar a 50 anos, pois as transformações já estão acontecendo em 10 anos. De fato, muita coisa vai mudar. O que precisamos é antever este futuro e nos prepararmos como setor para ele. É justamente este trabalho de “foresight” que vem sendo conduzido pela CBIC no âmbito da COMAT (Comissão de Materiais, Tecnologia, Qualidade e Produtividade). Esta fase também vem acompanhada de transformações na sociedade e nos comportamentos, onde o compartilhamento, como “co-working” e “co-living”, já está mudando conceitos no mercado e trará impacto no desenvolvimento das cidades e em sua infraestrutura. Nossa visão e conceitos precisam ser repensados a curto prazo, pois, na velocidade em que tudo ocorre, 10 anos já é um tempo longo. Evidentemente que temos dificuldade em absorver essa mudança, especialmente quando pensamos que, no Brasil, ainda falta saneamento básico em muitas regiões. É um paradoxo, com o qual

teremos que conviver e lidar, pois não podemos perder este trem. A digitalização, que é o grande mote da transformação, não deve ser pensada como futuro. Ela acontece agora e se desenvolve em alta velocidade, sendo que impactará todos os setores relacionados, especialmente a infraestrutura. Consumiremos mais energia de forma mais inteligente e soluções precisam avançar. Startups de impressão em concreto 3D já vislumbram nosso mercado. A tecnologia do concreto precisa acompanhar esta evolução.

**IBRACON – COMO VOCÊ VÊ A ATUAÇÃO DO IBRACON EM TERMOS DE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS? ENTENDE QUE O IBRACON PODERIA ESTABELECEER NOVAS PARCERIAS E INTERAÇÕES?**

**ÍRIA LÍCIA OLIVA DONIAK** – Sim, é fundamental esta conexão. Precisamos estar mais presentes junto a arquitetos e construtoras, pensando em termos de aplicação do concreto. Um trabalho com as entidades que representam os grupos específicos é de fundamental importância para o nosso desenvolvimento. O que já fazemos com alguns grupos precisa ser estendido a outros. É um trabalho que precisa ser permanentemente desenvolvido, com planejamento, foco e objetivos.

**IBRACON – O QUE VOCÊ FAZ EM SEU TEMPO LIVRE, COMO HOBBIES?**

**ÍRIA LÍCIA OLIVA DONIAK** – Em meu tempo livre preciso estar com minha família, que, depois de meu relacionamento com Deus, é o meu porto seguro. Minha residência oficial é em Curitiba, mas passo a semana aqui em São Paulo, já há 10 anos. Minha filha, Lúcia, engenheira civil formada pelo Mackenzie em 2017, também trabalha aqui e preciso manter tudo funcionando lá e aqui. Meu marido, Sérgio, também é engenheiro civil e tem seu escritório voltado à engenharia de estruturas em Curitiba. Meu filho, Gabriel, estuda Agronomia e Medicina Veterinária. Temos uma rotina intensa durante o ano, de maneira que tempo para estar os quatro juntos é fundamental! Gosto muito do litoral do Paraná e, quando possível, passo um tempo em Guaratuba, onde temos um apartamento. Gosto muito de ler estudar, sair com minha irmã mais velha, conhecer novos lugares e visitar museus, especialmente de arte, o que tento fazer quando viajo, conciliando o trabalho com um pouco de lazer. Em especial, recomendo o museu de arquitetura em Frankfurt, que passa pela história e desenvolvimento da tipologia das construções. É um lugar que nos faz refletir muito sobre a engenharia e sua evolução. 

<sup>1</sup> O DOWNLOAD DO DOCUMENTO É POSSÍVEL PELO LINK [HTTPS://CBIC.ORG.BR/WP-CONTENT/UPLOADS/2018/05/CBIC-HABITACAO\\_RLATORIO\\_FINAL.PDF](https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2018/05/CBIC-HABITACAO_RLATORIO_FINAL.PDF)

# Aplicação de conceitos da indústria 4.0 na construção civil

MARCOS MONTEIRO – DIRETOR

PLANEAR ENGENHARIA

Hoje, o termo “indústria da construção civil” já se tornou bastante comum. Portanto, a construção civil deve acompanhar esse movimento de inovação que já está atingindo toda a indústria mundial. Neste artigo, é apresentado um sistema computacional voltado para a gestão da produção de estruturas da construção civil, que utiliza diversos conceitos que compõe a filosofia da Indústria 4.0.

## I. INDÚSTRIA 4.0: O QUE É?

O termo Indústria 4.0 tem origem em um trabalho de um grupo de engenheiros alemães, coordenados pelos engenheiros Siegfried Dais e Henning Kagermann, que, em 2012, apresentou um relatório de recomendações ao governo alemão, planejando a implementação e desenvolvimento da chamada “Indústria 4.0” (FIA-Fundação Instituto de Administração, disponível em <https://fia.com.br/blog/industria-4-0/>). Segundo esse relatório, a quarta revolução industrial vai causar um impacto exponencial e profundo nas atividades econômicas, muito maior que as revoluções anteriores.

Resumidamente, as Revoluções In-

dustriais foram marcadas pelas seguintes características:

- ▶ 1ª – (fim do séc. XVIII): Surgimento das linhas de montagem. Mecanização da produção. Uso intensivo do carvão, vapor e ferro.
- ▶ 2ª – (meados do séc. XIX): Introdução da eletricidade, química e petróleo nos processos industriais. Massificação da manufatura e desenvolvimento de tecnologias.
- ▶ 3ª – (segunda metade do séc. XX): Introdução da automação e de processos de informação, tendo como consequências a elevação da renda do trabalhador e a competição tecnológica.
- ▶ 4ª – (a partir de 2000): Fusão do meio físico, digital e biológico.

Essa fusão será feita a partir de novas tecnologias e de sua integração, entre elas:

- ▶ Manufatura Aditiva (Impressão 3D): Fabricação e montagem de objetos a partir de várias peças;
- ▶ Inteligência Artificial (IA): tecnologias que simulam a capacidade humana de resolver problemas e tomar decisões, automatizando diversos processos;
- ▶ Internet das Coisas (IoT): objetos

conectados à Internet, podendo tomar ações coordenadas;

- ▶ Computação em nuvem: acesso e processamento de informações, a partir de servidores localizados em várias partes do mundo, a qualquer hora e de qualquer lugar;
- ▶ Biologia Sintética (SynBio): construção ou redesenho de elementos ou sistemas biológicos (enzimas, células, circuitos genéticos, etc), a partir da convergência dos novos conhecimentos nas áreas da química, biologia, ciência da computação e engenharia;
- ▶ Sistemas Ciber-Físicos (CPS): Simulação de processos físicos em meios digitais.

O grande desafio para as indústrias é a necessidade de transformar suas atividades hoje e, paralelamente, criar a indústria do futuro, que é a chamada Estratégia Dual. Dentro dessa estratégia, as indústrias:

- ▶ Devem fazer uso mais eficiente de seus recursos (físico, financeiros e informacionais) para ter produtos e serviços mais competitivos;
- ▶ Devem promover a implantação de novas tecnologias, se preparando para o futuro.



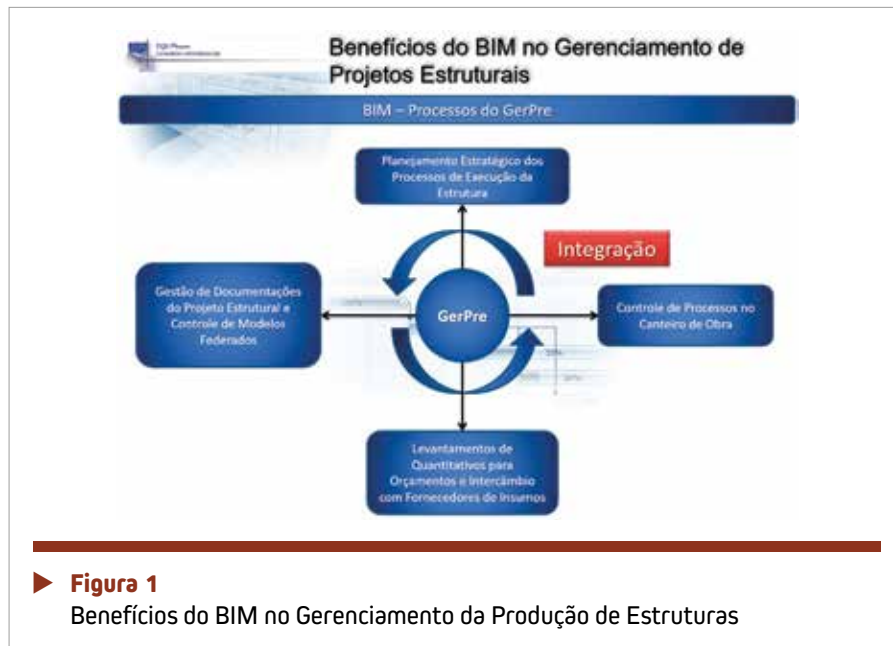
Com a implantação dos conceitos da Indústria 4.0, espera-se atingir os seguintes objetivos:

- ▶ Aumento da produtividade;
- ▶ Redução de custos;
- ▶ Maior controle sobre o processo produtivo;
- ▶ Customização da produção;
- ▶ Redução de custos de manutenção;
- ▶ Redução de consumo de energia.
- ▶ etc.

## 2. BIM E INDÚSTRIA 4.0

As dificuldades econômicas pelas quais o país tem passado têm exigido a reorganização operacional das empresas. Os procedimentos de rastreabilidade e de detecção de problemas começaram a mostrar que os principais gargalos na execução dos processos se encontram nas interfaces dos mesmos. As falhas no fluxo das informações (conteúdo das informações fornecidas, falhas na recepção das informações, processos de transmissão de informações, etc.) devem ser objeto de maior atenção no planejamento e execução das atividades. O conceito do *BIM* (*Building Information Modeling*) surge para atender a essa necessidade: a geração de informações de forma ordenada, para ser distribuída a todos os participantes do processo, reduzindo erros e retrabalhos.

Como o processo de geração de informações de um empreendimento começa nos projetos, ainda hoje, especialmente no Brasil, as discussões sobre a utilização das ferramentas BIM situam-se nesse âmbito, abrangendo a geração de modelos tridimensionais para compatibilização de projetos, o planejamento da execução e a documentação do “*as built*”. Outras utilizações, como



especificação de materiais, quantitativos automáticos e geração de informações para execução, ainda necessitam de desenvolvimentos adicionais, como a introdução de bibliotecas padronizadas de fornecedores, entre outros avanços.

Nesse contexto, os conceitos desenvolvidos para a Indústria 4.0 estão alinhados com esse novo momento da construção civil, onde se busca a assertividade e democratização das informações e o tratamento adequado dos dados gerados durante o processo executivo para otimização dos mesmos.

## 3. GERPRE: UMA COMBINAÇÃO DOS CONCEITOS DA INDÚSTRIA 4.0 COM O BIM

O sistema GerPrE disponibiliza para as obras uma ferramenta para o gerenciamento da produção das estruturas de concreto armado. É um sistema moderno, altamente automatizado e desenvolvido para ser acessado de qualquer lugar, atendendo às necessidades de controle e documentação dos empreendimentos. É uma solução

BIM que integra a construtora a seus canteiros de obras, projetistas de estruturas, fornecedores de insumos e laboratórios de ensaios (Fig. 1).

Seu principal objetivo é organizar, integrar e simplificar o fluxo de informações gerado durante a execução das estruturas de um empreendimento. Dessa forma, todos os envolvidos na produção da estrutura, – construtora, projetista, fornecedores e laboratório – possuirão as informações corretas, no momento adequado, reduzindo assim desperdícios de tempo e demais recursos, durante sua execução.

O GerPrE é um importante instrumento para o gestor do empreendimento cumprir as metas estabelecidas, dentro dos padrões de qualidade exigidos, sendo que todo o processo de execução da estrutura será documentado e acessado de qualquer lugar, através de computadores e dispositivos móveis.

## 4. O CONCEITO DO GERPRE

O conceito inicial para desenvolvimento do GerPrE foi definido a partir da

detecção das dificuldades existentes no fluxo de informações durante a execução de empreendimentos. Essas dificuldades se mostram desde a fase de desenvolvimento dos projetos, já que apenas parte das informações importantes para a obra são disponibilizadas pelo projetista da estrutura, que fornece, por padrão de trabalho, os desenhos de formas e armações, deixando de fornecer informações sobre índices de consumos e quantitativos, que são necessárias e importantes para a execução da obra. Essas dificuldades no fluxo de informações se espalham por todo o processo executivo da estrutura: revisões de projeto, especificação e programação de materiais com fornecedores, registro e manutenção da documentação de qualidade da execução, controles tecnológicos, etc.

Assim, o sistema atua no sentido de armazenar as informações necessárias ao desenvolvimento da execução da estrutura, disponibilizando-as aos interessados de maneira correta e no momento adequado. Dessa forma, a construtora:

- ▶ Tem todas as informações da produção das estruturas modeladas (*BIM*);
- ▶ Planeja a execução das obras de forma eficiente;
- ▶ Acompanha a execução de todas as obras on-line e à distância;
- ▶ Fica com tudo documentado e rastreável;
- ▶ Controla a qualidade de forma mais precisa.

O GerPrE amplia a abrangência do BIM, levando as informações do projeto estrutural diretamente para a obra, disponibilizando informações adicionais importantes, como índices e quantitativos, promovendo a integração da construtora com projetistas, laborató-

rio e fornecedores, e proporcionando ferramentas para coleta e organização dos dados de controle da qualidade.

## 5. A IMPORTÂNCIA DA ORGANIZAÇÃO, INTEGRAÇÃO E SIMPLIFICAÇÃO DAS INFORMAÇÕES

A gestão da produção de estruturas de concreto, além do conhecimento técnico, exige do engenheiro uma especial atenção ao fluxo das informações, que devem ser disponibilizadas aos diversos participantes do processo executivo, de forma clara, concisa e nos momentos adequados. São diversas interfaces, com entradas e saídas de informações, durante todo o processo de execução:

- ▶ Projetista estrutural – a construtora deve receber o projeto estrutural:
  - No prazo adequado;
  - Com todas as informações necessárias para a correta execução (especificações e detalhamentos);
  - Com controle eficiente das inevitáveis revisões que surgem no decorrer da execução.
- ▶ Fornecedores
  - Fornecimento da especificação

completa dos materiais a serem utilizados nas diversas fases de obra;

- Formalização da programação de entregas, para que atendam aos cronogramas de execução;

- Controle do recebimento dos materiais, certificando-se que as especificações fornecidas foram atendidas e evitando que a falta de insumos prejudique o andamento da obra.

▶ Equipes de Obra

- Manutenção dos projetos atualizados com sua última revisão;
- Prover as equipes com os insumos necessários para cada fase da execução da estrutura (pré-montagem das armaduras, posicionamento das fôrmas, montagem final das armaduras e concretagem);
- Medição dos serviços executados.

▶ Controle da Qualidade da Execução

- Estabelecer critérios de avaliação da qualidade da execução;
- Disponibilizar ferramentas (planilhas, softwares, etc.) que permitam a coleta de dados das avaliações efetuadas;
- Definir critérios de armazenamento dos dados de controle da qualidade;







► **Figura 3**  
Envio dos dados do projeto estrutural – formas e quantitativos de insumos – para o GerPrE

- Avaliar os dados coletados e tomar medidas corretivas e preventivas que promovam a melhoria contínua do processo de execução.

► **Gestão da execução**

- Acompanhar o desenvolvimento da execução, avaliando:
  - Andamento do cronograma;
  - Consumos de materiais previstos x consumidos;
  - Custos de mão de obra previstos x realizados;
  - Entre outros ...

Dessa forma, pode-se observar a enorme quantidade de informações

a serem tratadas em uma única obra (Fig. 2).

## 6. FERRAMENTAS DE PLANEJAMENTO E GESTÃO DA EXECUÇÃO DA ESTRUTURA

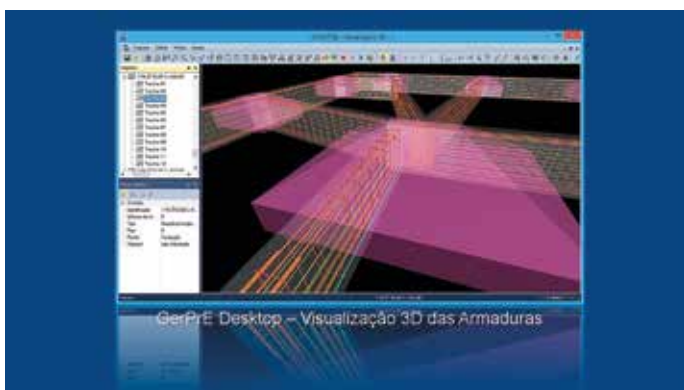
Para que o fluxo de informações seja eficiente, todos os participantes da cadeia de execução devem ter acesso a informações geradas a partir de uma mesma base de dados, evitando-se assim informações duplicadas, desconstradas ou incorretas.

No sistema GerPrE, para cada um dos empreendimentos, a construtora define:

- O gestor do empreendimento e demais usuários que terão acesso ao sistema;
- O projetista estrutural do empreendimento;
- Os fornecedores de aço e concreto;
- O laboratório de ensaio tecnológico.

A partir do cadastramento inicial, todos os usuários começam a receber as informações relativas às suas atividades dentro do empreendimento. Essas informações ficam armazenadas em um servidor de grande porte, localizado no Brasil, com monitoramento 24 horas por dia. Portanto, os dados ficam na nuvem, podendo ser acessados a qualquer hora e de qualquer lugar. Por meio de qualquer dispositivo conectado à Internet, é possível acessar as informações atualizadas da execução da estrutura de cada um dos empreendimentos em andamento.

A disponibilização dos dados do projeto estrutural é iniciada ainda nas fases preliminares de sua elaboração. Após os estudos iniciais, a elaboração do modelo estrutural, a determinação e aplicação dos carregamentos na estrutura, a avaliação dos resultados e a consolidação das formas preliminares, o projetista já poderá disponibilizar as fôrmas e os consumos preliminares para a construtora avaliar. Para isso, basta o projetista desenvolver o projeto dentro de um sistema compatível, ativando a opção “Gerenciamento e interface com o GerPrE”. A partir daí, a cada emissão de plantas efetuada pelo projetista, todos os dados de projeto serão atualizados, automaticamente, nos servidores. Dessa forma, a obra sempre terá à sua disposição as últimas revisões do projeto, bem como, os índices e consumos de insumos atualizados, facilitando as tarefas de orçamento e planejamento da execução da estrutura (Fig. 3).



► **Figura 4**  
Visualização 3D da estrutura e das armaduras

Dentro da área de trabalho do GerPrE, a construtora pode acompanhar a entrega dos projetos estruturais. Os controles são divididos por pavimentos, chegando até o nível das posições de aço de cada peça estrutural. Dessa forma, a obra pode certificar-se da entrega do projeto de todos os elementos estruturais do pavimento a ser executado, para realizar a solicitação do concreto e do aço cortado e dobrado.

Para planejar a concretagem do pavimento, o gestor tem à sua disposição a visualização da estrutura em 3 dimensões, com a possibilidade de enxergar as barras de aço especificadas em projeto. Essa ferramenta permite avaliar os pontos de maior concentração de armaduras ou detalhes especiais, que exijam maior atenção durante a concretagem (Fig. 4).

Outra funcionalidade que tem por objetivo auxiliar na gestão dos serviços a serem executados, é a Agenda de Atividades. O objetivo da agenda não é o de ser uma ferramenta de planejamento, mas sim, um calendário em que são alimentados eventos importantes para a execução, emitindo alertas para atividades em atraso. A obra poderá definir quais serão os serviços a serem controlados, tendo por base a data da concretagem de cada pavimento. Assim, as diversas atividades são “amarradas” às datas de cada concretagem (p.ex. - 20 dd (dias): programar entrega do aço cortado e dobrado do pavimento, - 7dd: programar concreto do pavimento, + 28 dd: recebimento do controle tecnológico do pavimento). Ao se programar as datas de concretagem dos pavimentos, as tarefas “amarradas” ao mesmo são alocadas automaticamente na agenda.



► **Figura 5**  
Verificação dos elementos estruturais com auxílio do GerPrE

## 7. GESTÃO DE FORNECEDORES DE INSUMOS

Uma ferramenta importante oferecida é a elaboração de pedidos de insumos através do sistema. A programação de insumos, como o aço e o concreto, fica muito facilitada, uma vez que o sistema fornece os quantitativos de materiais a serem solicitados. O pedido enviado digitalmente, através de correio eletrônico ou da plataforma GerPrE, deverá ser aceito formalmente pelo fornecedor para que a tarefa seja finalizada com sucesso.

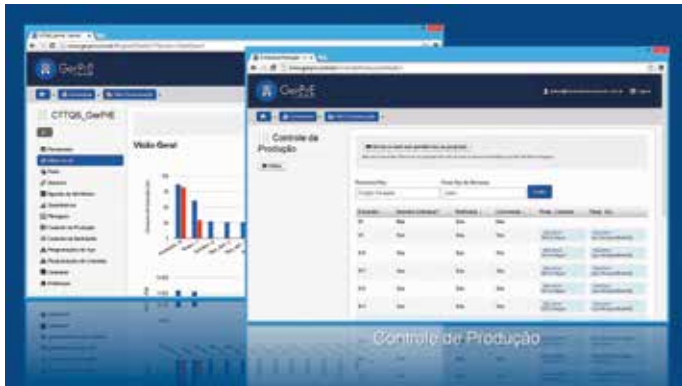
## 8. GESTÃO DA QUALIDADE DA EXECUÇÃO

As tarefas de montagem de fôrmas e armaduras, bem como os serviços de concretagem, possuem formulários de verificação de serviços, para que cada um dos responsáveis libere sua respectiva fase para o serviço posterior. Todas essas verificações podem ser feitas através de dispositivos móveis. A liberação das peças estruturais é feita partir da visualização dos desenhos de fôrmas e armações (Fig. 5). Qualquer não conformidade pode ser registrada imediatamente no dispositivo, para



► **Figura 6**  
Documentação fotográfica da execução através do GerPrE





► **Figura 7**  
Controles de execução de todas as obras, disponíveis a qualquer momento e em qualquer lugar

que sejam adotadas ações corretivas e, também, para registro de suas principais causas.

O processo de execução da estrutura pode ser acompanhado por documentação fotográfica: fases em execução, detalhes executivos, não conformidades e dúvidas a serem expostas ao projetista estrutural podem ser fotografadas, acrescidas de comentários e compartilhadas aos interessados (Fig. 6). Toda essa documentação fotográfica é posicionada sobre a forma do pavimento, facilitando a localização da imagem. Todos esses dados e imagens são

armazenados no servidor, podendo ser consultados a qualquer momento.

Os responsáveis pela construtora têm acesso total aos dados de todas as suas obras, podendo consultar o andamento da execução das estruturas a qualquer momento e de qualquer lugar: execução planejada x executada, insumos previstos x consumidos, pendências de execução, levantamento fotográfico, etc. (Fig. 7) Para isso, basta consultar a área da construtora na plataforma GerPrE, através do navegador de qualquer dispositivo conectado à internet.



► **Figura 8**  
Registro dos mapas de concretagem

## 9. DOCUMENTAÇÃO DO CONTROLE DE QUALIDADE DA EXECUÇÃO

Muitas construtoras implantam o seu sistema de qualidade, definem seus procedimentos, treinam suas equipes para fazerem os registros de controle de qualidade. Mas, nem sempre, esse procedimento se traduz na melhoria contínua dos processos, justamente pela dificuldade de se tabular e analisar os dados obtidos.

No GerPrE, como esses dados já ficam armazenados nos servidores, a construtora pode definir quais dados deseja analisar, o modelo de documento que deseja formatar, facilitando a obtenção dos resultados da execução e podendo atuar nos processos que concentrem as não conformidades mais importantes.

Especial atenção é destinada ao controle de qualidade do concreto.

Durante a concretagem, o responsável pode, diretamente em um dispositivo móvel, registrar o mapa de concretagem para cada um dos caminhões liberados (Fig. 8). A partir das informações registradas no mapa, o sistema define automaticamente, as peças estruturais executadas por cada um dos caminhões, facilitando a montagem do relatório final de concretagem.

Após a coleta dos corpos de prova e envio ao laboratório, este alimentará os resultados dos ensaios diretamente na plataforma, que, por sua vez, indicará, automaticamente, se valores ficaram abaixo do especificado, alertando o gestor para a necessidade de comunicação dos resultados ao projetista.

Esses resultados também são apresentados de forma visual, no modelo 3D, facilitando a visualização das regiões atingidas pela utilização de concretos abaixo da especificação de projeto (Fig. 9).

## IO. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mercado da construção civil, na busca do aumento de produtividade do setor, vem passando por grandes transformações nos últimos 30 anos. Processos de execução sofreram grandes avanços, a implementação dos sistemas de qualidade reduziu desperdícios de tempo e de insumos, a implantação de sistemas informatizados automatizou tarefas, gerando grandes bancos de informações. O grande desafio atual é o gerenciamento dessas informações, para que sejam ordenadas e integradas, a fim de que auxiliem na tomada de decisão e no desenvolvimento contínuo dos processos.

O GerPrE é uma plataforma com foco no gerenciamento da produção de estruturas de concreto armado. Ela integra e ordena as informações do



► **Figura 9**  
Modelo 3D da estrutura com registro das resistências de ensaio do concreto

projeto estrutural, levando-as diretamente para a obra, para os fornecedores de insumos e para o laboratório de ensaios, retornando os resultados do processo para a construtora, na forma de relatórios e levantamentos fotográficos, que permitem a tomada de

decisões de forma rápida e assertiva.

A Indústria 4.0 está em franco desenvolvimento e a construção civil faz parte dessa revolução. Sistemas que utilizem *big data*, computação em nuvem e inteligência artificial estarão cada vez mais presentes em nossa vida. 🏠

### ► Programação de Cursos Master PEC

Mês	Curso	Data	Horário	Carga horária	Local	Realização
SETEMBRO	Reforço de Estruturas de Concreto – Soluções Inovadoras	13 e 14	Sexta-feira 18h10 às 20h40 • 21h00 às 22h40 Sábado 8h00 às 9h40 • 10h00 às 12h30 13h30 às 15h10 • 15h20 às 17h40	15 horas	Curitiba – PR	IBRACON – IDD
OUTUBRO	Conservação e Reabilitação de Estruturas de Concreto	1 e 2	8h00 às 17h00	16 horas	São Paulo – SP	ABCP
	Instalação e Operação de Fábrica de Artefatos de Cimento	15 e 16	8h00 às 17h00	16 horas	São Paulo – SP	ABCP
	Pisos Industriais: Conceitos e Recomendações para a Boa Execução	22	8h00 às 17h00	8 horas	São Paulo – SP	ABCP
NOVEMBRO	Intensivo de Tecnologia Básica do Concreto	5, 6 e 7	16h00 às 22h00	18 horas	São Paulo – SP	ABCP
	Curso Tecnologia Básica das Paredes de Concreto	25	8h00 às 17h00	8 horas	São Paulo – SP	ABCP
	Execução de Edificações em Paredes de Concreto	26	8h00 às 17h00	8 horas	São Paulo – SP	ABCP
	Projeto Estrutural em Paredes de Concreto	27	8h00 às 17h00	8 horas	São Paulo – SP	ABCP

# A construção civil do futuro

DIONYZIO ANTONIO MARTINS KLAVDIANOS – PRESIDENTE

COMISSÃO DE MATERIAIS E TECNOLOGIA – CÂMARA BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO CIVIL (CBIC)

Nosso consultor de BIM (*Building Information Modelling*) me apresenta em seu celular um app que alia os conceitos de lean construction (construção enxuta) e BIM, um sonho para o bom planejador... a evolução da obra na palma da mão. A demonstração ocorre enquanto um dos desenvolvedores de softwares mais conceituados do Brasil apresenta seu produto ao grupo de construtores e projetistas participantes do projeto BIM colaborativo, desenvolvido pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) em parceria com o Senai nacional.

Nos dias que se seguirão seus principais concorrentes apresentarão os deles também. Por fim, o grupo elegerá seus preferidos para, trabalhando em conjunto, prepararem um empreendimento em BIM. Ao término do projeto, é de se esperar que as empresas participantes estejam em condições de inserir em definitivo a inovação na rotina diária de seus procedimentos.

Saímos, eu e o consultor, mais cedo do curso para um encontro com membros da secretaria de obras do Distrito Federal, interessados em implantar o BIM em obras públicas. Não serão os primeiros do país, já há várias secretarias de estado e do governo federal que adotam o BIM em algum estágio do projeto de engenharia.

Famosa pelo ar rarefeito a mudanças que permeia seu ambiente, a construção civil começa a passar por intenso vendaval de transformações,

perdemos a noção de onde surgem. Matéria da imprensa acerca do drama de Brumadinho informou que ao menos três startups haviam apresentado propostas para monitoramento em tempo real de movimentações na barragem de rejeito. Pode haver motivo mais nobre que a preservação da vida humana e do meio ambiente para que se invista em inovação?

A CBIC optou por ser agente neste processo de transformação e no 90° Encontro Nacional da Indústria da Construção (ENIC), realizado em maio de 2018, na cidade de Florianópolis-SC, lançou as bases do seu projeto de construção do futuro, tendo como foco num primeiro momento a habitação.

O projeto, outra parceria com o Senai Nacional, utiliza como metodologia a técnica de *Foresight* ou previsão de cenários futuros, desenvolvida pela universidade americana de Stanford e montada na estrutura descrita a seguir, transcrita do relatório final “Habitação 10 anos no futuro”, cuja versão completa está disponível para download gratuito no link <https://cbic.org.br/innovacao/sobre/>:

- **Compreendendo e Interpretando Sinais:** sinais de mudança são indicadores de que o futuro já acontece entre nós. A coleta e análise de sinais cria “forecasts” dinâmicos e mobilizadores, fornecendo o fundamento para o entendimento de grandes transformações e para a construção dos cenários de futuro do setor.
- **Duas Curvas de Mudanças:** em qualquer ponto no tempo, sistemas estão em constante transformação, com elementos dominantes sendo



Close up de edifício de concreto

PHOTO BY ANDREAS KIND ON UNSPLASH

substituídos por novos avanços e descobertas. Na análise das curvas de mudança, podemos observar os caminhos que descrevem a decadência dos elementos dominantes e a ascensão das inovações radicais. Na dinâmica desses caminhos, surgem estratégias para navegar para o futuro.

- ▶ **Construindo Cenários:** cenários são futuros possíveis. Na construção de cenários, estamos interessados em compreender como tendências e incertezas criam possibilidades distintas de futuro, e como podemos estruturar nossas estratégias para potencializar a realização das possibilidades que mais preferimos.
- ▶ **Mapa para navegar para o Futuro:** o futuro ainda não existe, mas

está em permanente construção e desconstrução no presente. Mapas de navegação são construídos para guiar nossas ações na direção da construção do futuro que desejamos.

O projeto é grandioso, composto de inúmeras ações que começaram a ser levadas a efeito já a partir de 2018. Terão continuidade no período de 12 anos até 2030, ano em que esperamos que o cenário perfeito traçado terá sido perpetrado. Para que haja garantia de sucesso, o projeto deverá contar com a união do maior número de entidades parceiras possíveis, o que já está sendo buscado pela CBIC através da assinatura *de um pacto nacional em favor da construção do futuro*, que será formalizado até março de 2019.

É determinante para o setor da

construção civil uma entidade nacional, que tem como filiados mais de 80 sindicatos e associações de construtores em todos os estados brasileiros, sinalizar favoravelmente a um futuro de transformações através de um projeto específico. Certamente este posicionamento estimulará que outras entidades tomem o mesmo caminho. O exemplo é ainda maior se pensarmos que a CBIC representa preponderantemente pequenos e médios construtores, cerca de 95% do universo de construtoras do país, um conjunto que, ao contrário do que prega o senso comum, é o mais necessitado, e poderá ser o maior favorecido, desde que haja um processo de acultramento eficaz em favor da inovação, políticas públicas de estímulo à construção e democratização das ações. ➤



## GUIA DE PREVENÇÃO DA REAÇÃO ÁLCALI-AGREGADO PRÁTICA RECOMENDADA IBRACON



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

## Guia de Prevenção da Reação Alkali-Agregado

### COORDENADORES

Cláudio Sbrighi Neto, Eduardo Brandau Quitete  
e Arnaldo Forti Battagin

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

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

### DADOS TÉCNICOS

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

### PATROCÍNIO



**Aquisição: Acesse a Loja Virtual do IBRACON.**

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

# Jornada para a Construção 4.0

FÁTIMA GONÇALVES – DIRETORA STRUCTURES

TRIMBLE

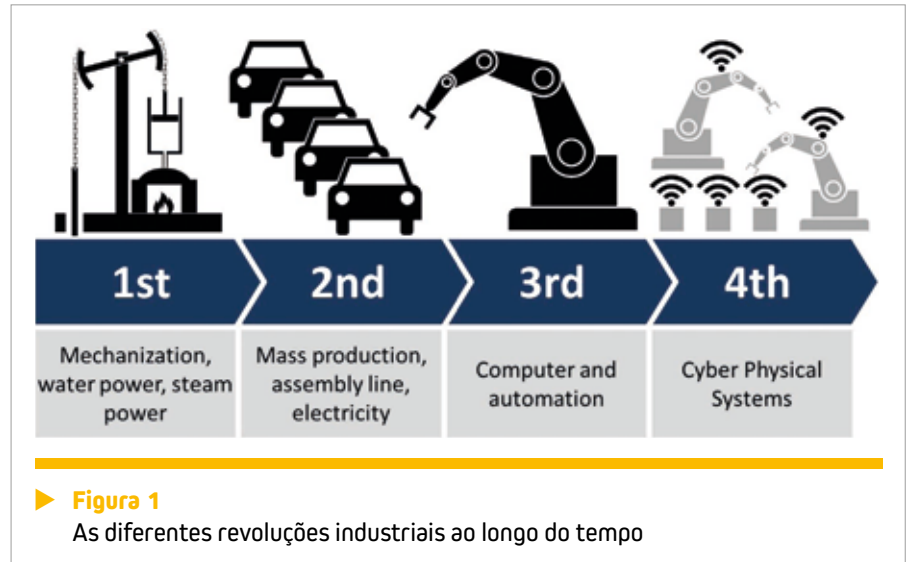
## I. INTRODUÇÃO

O setor da construção no Brasil passou por uma séria crise nos últimos anos. Para acelerar o crescimento do setor é necessário quebrar paradigmas, profissionalizar a força de trabalho e modernizar o segmento.

A implementação do BIM (Modelagem da Informação da Construção) é um passo acertado nesta direção, mas não é o único, tampouco é suficiente para garantir a arrancada da indústria da construção no Brasil. É preciso estabelecer um processo de melhoria contínua, agregando outros elementos, pré e pós BIM, para que a modernização traga benefícios reais para todos os elementos da cadeia produtiva.

O título “Jornada para a Construção 4.0” representa esse processo de melhoria contínua, no qual ao longo do caminho são implementados, gradativamente, processos criados especificamente para o segmento da construção e trazidos exemplos de outros segmentos (Figura 1).

Comparando com a indústria automotiva: antes do estudo de tempos e movimentos de Taylor, os carros eram produzidos de maneira artesanal, em pequenos volumes, em processos demorados e com muito desperdício. A partir da implementação das teorias de Taylor, surgiu o icônico Ford T, preto, com a vantagem de ser produzido em larga escala, provocando assim a diminuição



do custo, mas com a desvantagem da falta de opções (modelo padronizado de carro). A evolução dos processos passou pelo aumento de opções, que, no início dos anos 2000, no Brasil, trouxe a produção de veículos semicustomizados, adquiridos por meio do site da montadora. Esse processo de produção era integrado aos fornecedores, que enviavam as partes do veículo a ser produzido em poucos dias por um sistema logístico de “milk run” (denominamos *Milk Run* como um sistema de coletas programadas de materiais, que utiliza um único equipamento de transporte, normalmente de algum Operador Logístico, para realizar as coletas em um ou mais fornecedores e entregar os materiais no destino final, sempre em horários pré-estabelecidos). Atualmente, esse processo de customização chegou aos veículos produzidos por meio de impressão 3D

previstos para 2019, como o *LSEV* (O veículo *LSEV* foi desenvolvido pela startup chinesa *Polymaker* em parceria com a italiana *XEV*: Tirando o chassi, as baterias, os vidros e os bancos, tudo no carro é impresso em 3D pela *Polymaker*).

No segmento da construção, a pré-fabricação foi usada para reconstruir a Europa pós-guerra e atender ao aumento da taxa de natalidade (*Baby Boom*) nos EUA, em história muito semelhante à da indústria automobilística, com vantagens de rapidez, redução de custos e desperdícios, e a desvantagem de limitar opções, de maneira bastante similar ao estudo de tempos e movimentos de Taylor.

A caminhada para a Construção 4.0 implica no aumento gradativo da pré-fabricação, com a substituição da fabricação “*in loco*”, trazendo os benefícios da produção em

larga escala. Além disso, os processos produtivos têm sido constantemente aperfeiçoados, progredindo para projetos desafiadores, como o de *Bismayah News City* (Figura 2), programa iraquiano de construção de residências, no qual estão sendo produzidas 100 mil unidades habitacionais, com a produção diária de 7.500 m<sup>2</sup> de pré-fabricados [1]. Foram contemplados 1.050 elementos diferentes para paredes, 1.316 lajes alveolares protendidas, com cada edifício contando com 58 escadas em concreto pré-moldado. Ainda neste contexto, chegamos à sofisticação do vencedor do *Tekla Bim Awards 2018*: o Museu do Futuro de Dubai [2], uma estrutura em formato ovalado, com um vão no meio, que utilizou 28.000 m<sup>3</sup> de concreto, 5.100 toneladas de aço estrutural e vidro numa fachada de 17.600 m<sup>2</sup>, com escadas em espiral, elevadores panorâmicos e 212 m de pontes ligando a edificação ao Jumeriah Emirates Tower Hotel e à estação do metrô (Figura 3).

Os exemplos de Bismayah e do Museu do Futuro de Dubai demonstram a variedade de opções e complexidade dos modelos pré-fabricados, cujo nível de qualidade só foi alcançado graças aos modelos verdadeiramente construíveis, que simularam virtualmente todo o processo de fabricação e montagem das estruturas.

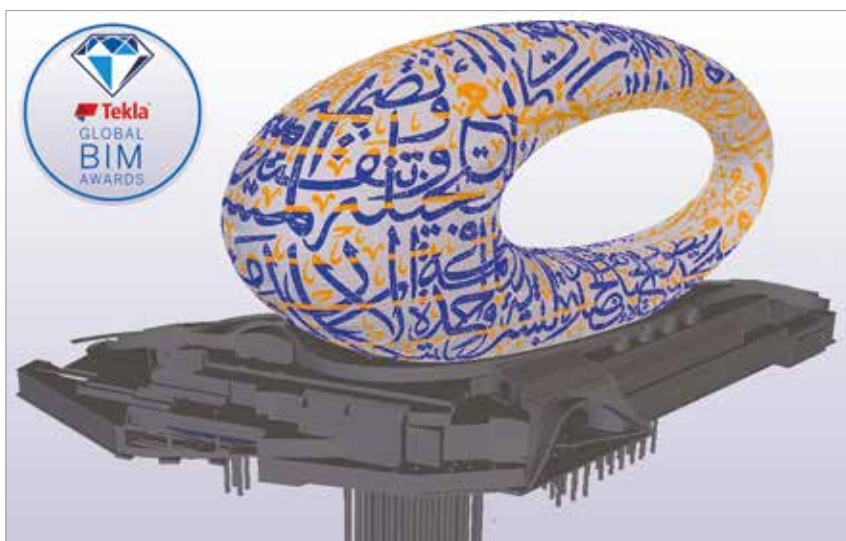
Modelos verdadeiramente construíveis são aqueles passíveis de serem integrados diretamente aos processos automatizados de fabricação, pois software estabelece uma interface com o maquinário de produção (CAD-CAM), sem necessidade de inserção manual de dados



► **Figura 2a**  
Instalação de painel pré-fabricado

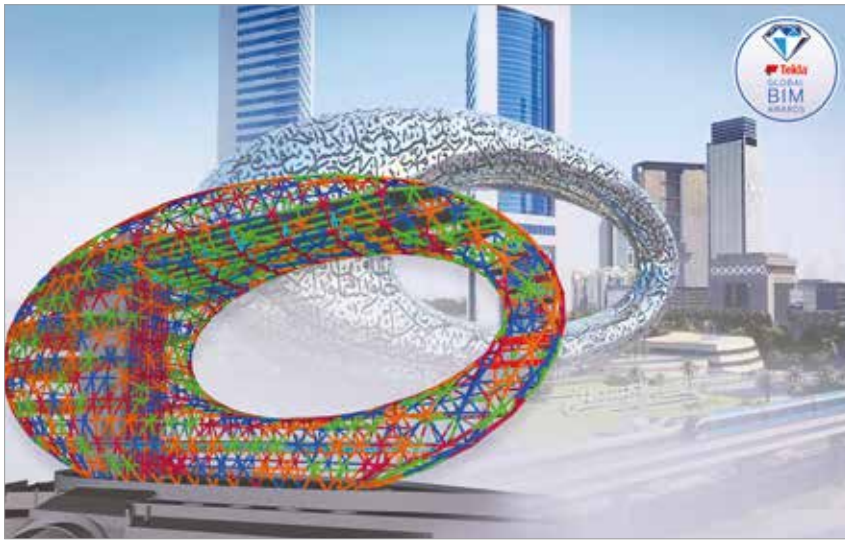


► **Figura 2b**  
Canteiro de obras de Bismayah

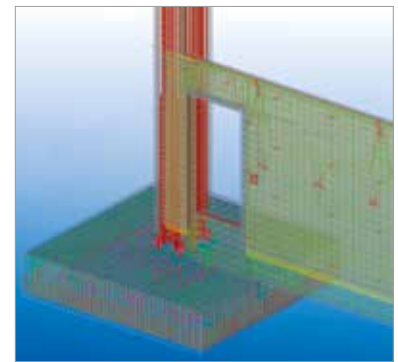


► **Figura 3a**  
Projeto arquitetônico do Museu do Futuro de Dubai





► **Figura 3b**  
Projeto estrutural do Museu do Futuro de Dubai



► **Figura 4**  
Inserção de acessórios para auxiliar o processo produtivo: armaduras, telas e treliças, com especificações do catálogo dos fornecedores (Modelo Tekla Structures – LOD 400)

na máquina, o que representa uma fonte de equívocos que causam desperdícios. Para isso, é necessário um nível de detalhamento (LOD) elevado, igual ou superior a 400. A definição da informação necessária em um modelo durante cada uma das fases é extremamente importante, porque ela muda conforme a elaboração do projeto; na elaboração do conceito do projeto, um LOD 100 é suficiente, já para a construção um LOD 300 ou

LOD 350 confere aos modelos uma precisão a respeito da informação da geometria, dimensões, forma, posição e orientação dos objetos. Contudo, somente modelos a partir de LOD 400 possuem informações específicas o suficiente para desenvolvimento industrial, fabricação e montagem. Neste ponto é onde ocorre a mudança do modelo conceitual para o modelo realista. Por exemplo, uma planta detalhada de armadura só

pode ser produzida com um software de LOD 400 em diante. As vantagens para todos envolvidos no projeto são evidentes. Se os elementos que compõem o modelo possuem um nível de detalhamento inadequado, há um aumento na quantidade de *RFIs* (solicitação de informações, na sigla em inglês). Contudo, se um modelo altamente desenvolvido, realista e pronto para ser construído está disponível, a equipe de planejamento é capaz de fornecer de maneira confiável documentos corretos e compreensíveis para os membros do projeto. As informações presentes em modelos realistas podem ser transmitidas diretamente para o processo de fabricação. Fabricantes de estruturas em aço e concreto armado, assim como empresas de construção, recebem informações precisas que possibilitam a correta fabricação e montagem. Todos os envolvidos sabem, assim, como classificar as informações presentes no modelo, e o quanto estas são confiáveis (Figuras 4 e 5).

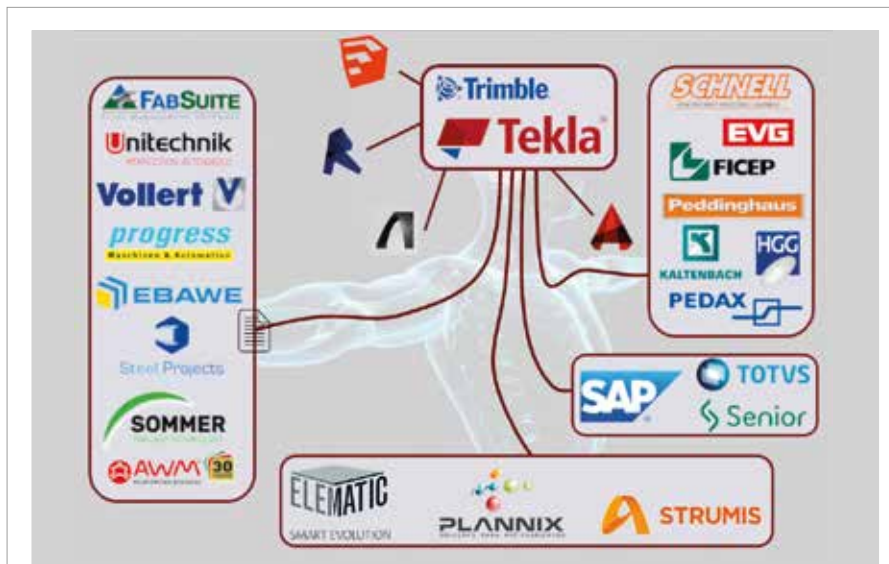


► **Figura 5**  
Biblioteca de componentes de fabricantes mundiais e ferramentas de produtividade

## 2. AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS E INTEROPERABILIDADE

Fazendo uma analogia, o sistema é totalmente integrado, como nos moldes de um corpo humano: uma central recebe *inputs* (modelos BIM dos softwares de mercado), processa a informação e a compartilha com as partes envolvidas. Sistemas de controle de produção, equipamentos no chão de fábrica, sistemas MRP (Planejamento dos Recursos de Manufatura, do inglês *Manufacturing Resource Planning*, predecessor dos sistemas *ERP*), *ERP* (*Enterprise Resource Planning*, é um sistema de informação que integra todos os dados e processos de uma organização em um único sistema), tudo interligado, enviando e recebendo informações. Muitas vezes, isso é realizado por meio de arquivos de entrada e saída, mas já é possível estabelecer links diretos que atuem com menos esforço dos operadores. (Figura 6).

Ao longo da jornada da Construção 4.0, novos materiais e processos produtivos devem surgir, como a impressão 3D, que já dá seus primeiros passos, além da madeira resistente ao fogo, já prevista em um projeto para um edifício de 80 andares em Londres [3]. Mas, antes de “se jogar de cabeça” no novo processo produtivo ou novo material, lembre-se de que planejamento é um investimento que assegura a redução de riscos e desperdícios. A simulação virtual em 3D, dentro dos conceitos BIM, e sua integração com o maquinário de fabricação terão o poder de transformar o processo, o material e o projeto selecionado em um sucesso (Figura 7). Afinal de contas, não faz o menor sentido investir em profis-



► **Figura 6**  
Interoperabilidade entre os processos do sistema integrado da construção 4.0

sionais qualificados para elaborar os projetos, e deixar grande parte das decisões para serem tomadas no canteiro de obras por profissionais não tão qualificados.

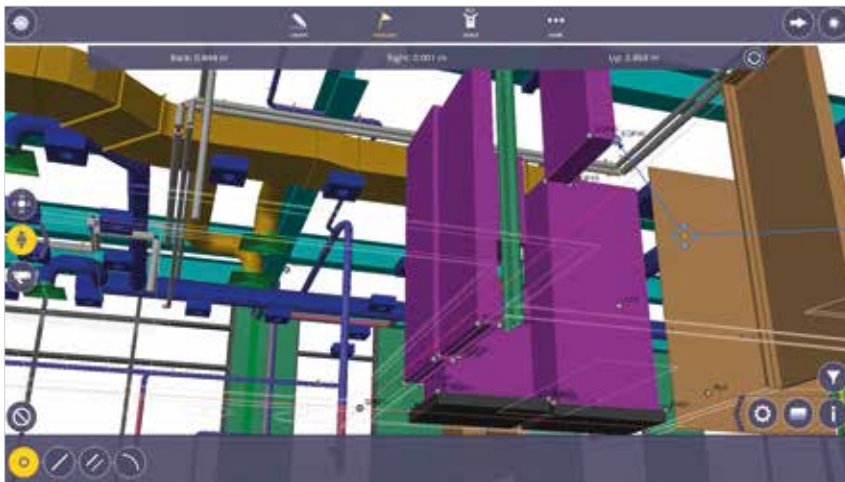
Outro ponto importante é que o executado seja exatamente o que foi planejado, facilitando e reduzindo os custos da operação e manuten-

ção das obras construídas (Figura 8). Exemplos clássicos de documentos informando que a tubulação está localizada em um determinado ponto, mas, ao furar a parede, descobre-se que está em outro local, têm elevado as queixas dos consumidores, muitas vezes tornando a manutenção em garantia um gerador de custos



► **Figura 7**  
Exemplo de integração BIM & canteiro de obras





► **Figura 8**  
Estação robótica total para alocação de pontos com precisão milimétrica, bem como documentação do que foi executado



► **Figura 9**  
Equipamento Trimble SX10, com câmera telescópica, usado na figura 10, para inspeção de obras de arte para registro de fissuras e da aparência externa do concreto

que transformam projetos lucrativos em deficitários.

### 3. INTEGRAÇÃO DA TECNOLOGIA DE ESCANEAMENTO A LASER E BIM

Para garantir a governança digital (processos e ferramentas que visam garantir a fidedignidade, a segurança e a rastreabilidade da informação armazenada digitalmente), é necessário que os projetos em construção sejam documentados com o LOD 500, (o LOD 500 traz informações precisas do “as-built”, ou “como construído”, permitindo os contratantes usar o modelo BIM para reduzir seu maior custo: operação e manutenção), assegurando, assim, que todos os elementos construtivos estejam presentes para, no futuro, o planejamento de reformas (*retrofit*) seja baseado em documentação precisa, que contemple os elementos necessários para cálculos de reações, por exemplo.

Para as reformas cujos projetos são antigos, anteriores ao BIM,

o ideal é fazer um escaneamento a laser, específico para BIM, com um nível de detalhes que permita aos engenheiros tomarem decisões quanto ao aproveitamento, tipo de reforma ou descarte da estrutura.

Tubulações de refinarias, por exemplo, sofrem deformações durante sua vida útil e quando surge a necessidade de troca de parte delas, isso deve ocorrer de maneira que a interrupção seja a menor possível. Assim o projeto original da tubulação não é suficiente para projetar a substituição, pois não inclui as deforma-

ções. Já um escaneamento permitirá a fabricação de uma peça a ser inserida na área deformada de maneira a garantir o encaixe rápido e exato.

Obras de arte, tais como pontes e túneis, são empreendimentos de grande complexidade em projeto e métodos construtivos e, em geral, têm um longo período de utilização.

A tecnologia de escaneamento a laser terrestre permite o levantamento de campo e o “as-built” (como construído, documentando todas as etapas da obra), bem como o estado atual considerando desgaste do



► **Figura 10**  
Escaneamento a laser de obras de arte para criação de um modelo em nuvem de pontos para verificação de deformações geométricas, realizado com Trimble SX10 (figura 9) e software Trimble RealWorks

tempo (“as is”), com precisão milimétrica de todos os detalhes geométricos do objeto de estudo em uma nuvem de pontos colorida (Figura 9).

Para se obter uma nuvem de pontos que represente com precisão todos os detalhes de uma obra de arte, é necessário realizar alguns escaneamentos em diferentes posições, evitando assim possíveis pontos cegos. Após a coleta de dados no campo, os diferentes escaneamentos serão processados e convergidos em uma nuvem de pontos (Figura 10).

Em inspeções para manutenção é possível usar a nuvem de pontos para verificar, entre outras possibilidades, as deformações geométricas, fissuras e a aparência externa do concreto.

Com modelo BIM pode-se extrair quantitativos de volume de concreto, área de formas, lista de armaduras, resumo de aço, desenhos técnicos de planta e corte da obra de arte, além de desenhos de forma e armadura de cada elemento de concreto armado (Figura 11). O modelo 3D também pode ser associado a informações de planejamento e cronograma de obra, permitindo assim ter uma visualização ao longo do tempo do desenvolvimento do empreendimento.

Unindo a tecnologia de escaneamento a laser com a metodologia BIM, pode-se comparar o mundo real digitalizado, em uma nuvem de pontos, com o modelo virtual do projeto. Com isso, é possível gerar um

comparativo real entre o construído e o projetado nas tolerâncias exigidas, podendo assim auditar cada etapa da construção ou reforma.

#### 4. ONDE ESTE VOLUME DE INFORMAÇÕES NOS LEVARÁ?

Novos projetos com elevado nível de detalhes, associado à coleta de dados de obras existentes, mais o monitoramento de estruturas em tempo real, transportará as cidades para o mundo digital com um grande volume de dados. Praticamente tudo pode ser simulado, trazendo mais segurança para as decisões a serem tomadas e uma evolução exponencial.

Outro paradigma a ser quebrado é o círculo vicioso da baixa qualificação da mão de obra. Todos reconhecem o fator histórico da migração do campo para as cidades e a utilização desta mão de obra na construção civil. Todavia, a perpetuação deste quadro tem efeitos negativos tanto para o segmento quanto para a mão de obra: o segmento sofre com os desperdícios e a baixa qualidade, enquanto os trabalhadores, com baixos salários, não investem em seu aperfeiçoamento, nem de seus descendentes, perpetuando a baixa qualificação por gerações.

Um exemplo de quebra de paradigma deu-se no estado de São Paulo, quando da proibição da queima da cana de açúcar e a impossibilidade do corte manual. Durante os anos que antecederam a entrada em vigor



► **Figura 11**  
Ponte finalizada (a) e modelo BIM de obras de arte (b e c), com nível de detalhamento completo de armaduras e insertos metálicos necessários para a construção do projeto, usando software *Tekla Structures*

dessa lei, o estado investiu na requalificação desses trabalhadores para que pudessem mudar de segmento de trabalho.

As empresas do segmento da construção também devem fazer sua parte e qualificar a mão de obra, hoje já acostumada à tecnologia, tendo em vista que grande parte dos trabalhadores usam smartphones com habilidade. ➤

#### ► REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] <http://www.bismayah.org/english/pages/03sitephoto/sitephoto.asp#>

[2] <https://www.tekla.com/bim-awards/museum-future> e <https://www.baminternational.com/en/projects/museum-of-the-future-dubai-united-arab-emirates>

[3] <https://www.cam.ac.uk/research/news/timber-skyscrapers-could-transform-londons-skyline>

# Revolução tecnológica no controle do concreto dosado em central

ROGERIO VENANCIO – GERENTE DE SERVIÇO TÉCNICO LATAM

GCP APPLIED TECHNOLOGIES

## I. INTRODUÇÃO

A interatividade entre objetos na internet evoluiu rapidamente nos últimos anos. Atualmente estima-se que 10 bilhões de objetos estão conectados pela internet, em um potencial de 1,5 trilhões de objetos. Desde celulares, computadores, geladeiras, carros, máquinas até garrafas de whisky, deixando um potencial de mais de 6 trilhões de dólares. Com essa visão, a GCP tem focado esforços em implementar tecnologias para a construção civil, com a intenção de aumentar a produtividade e rentabilidade dos negócios da produção de cimento e concreto. O mundo evidencia que as empresas que investem em novas tecnologias tendem a sair na frente das demais, recebendo maior agilidade e eficiência nos negócios.

Mas, de que forma esta tecnologia pode ser utilizada e quais benefícios pode trazer para a indústria da construção civil?

O mercado da construção é historicamente conservador e vem se tornando uma das últimas fronteiras para o avanço tecnológico. Enquanto houve um crescimento enorme na tecnologia de materiais e métodos

construtivos, apenas uma pequena fração desse mercado vem trabalhando de forma conectada e automatizada. Existe uma oportunidade gigantesca para a melhoria do gerenciamento de dados, controles e monitoramento nos locais de trabalho. A mão de obra empregada, ainda é um dos maiores gastos e fonte de baixa produtividade. A informatização e o uso de novas tecnologias permitirão uma evolução na redução de atrasos onerosos, melhorando a utilização da mão de obra, enquanto, ao mesmo tempo, permitirão uma melhoria contínua em cada aspecto do processo construtivo.

Especificamente no concreto dosado em central (CDC), sempre houve pouca tecnologia nos caminhões-betoneira. Atualmente, existe uma ampla variedade de dispositivos GPS, porém, com informações limitadas para somente a gestão logística. Um entendimento mais profundo das tecnologias disponíveis mostra que o próximo passo é o uso de automação e dispositivos conectados, que permitam tomadas de decisões que impactem de forma mais efetiva na operação do concreto.

Nesse contexto, a GCP introduz no mercado brasileiro o “VERIFI®

In-Transit Concrete Management System” como a primeira ferramenta de inteligência artificial que permite monitorar, medir e gerenciar as propriedades do concreto desde o carregamento até a sua disposição final. Com mais de três mil caminhões operando nos últimos anos, em regiões como EUA, Londres e Cingapura, a tecnologia chega ao Brasil para transformar o CDC. Os benefícios são: valorização das concretas pela uniformidade da consistência, elevada qualidade do concreto, e redução significativa dos custos operacionais, permitindo um efetivo gerenciamento do processo da planta até o canteiro de obras, minimizando esperas desnecessárias e atrasos custosos dos projetos mais complexos; valorização dos projetos, uma vez que a tecnologia pode contribuir para atingir as especificações de projeto e obter um cronograma de trabalho mais previsível e eficiente.

Até o momento, os motoristas de caminhões betoneira têm usado de “bom-senso” e formas empíricas para ajustar o abatimento do concreto, muitas das vezes com adições errôneas da quantidade de água adicional para atingir as especificações

do contratante. É sabido os efeitos deletérios do excesso de água no concreto, incorrendo em rejeições da carga na obra, desperdício por falta de controle e, ainda mais significativamente, promovendo a perda de resistências e, em casos não muito raros, a necessidade de reforços ou até mesmo a necessidade de retirar todo o concreto, por resistências muito abaixo das especificações do projeto estrutural.

VERIFI® é um sistema de dispositivos e sensores que gerenciam a reologia do concreto no seu envio desde a planta de concreto até a obra. Durante o trajeto, o sistema executa várias funções-chave para controlar a reologia do concreto, utilizando métodos de inferência matemática em algoritmos que, pela pressão da bomba da betoneira, associada à velocidade e volume de material no balão betoneira, permitem prever o abatimento e ajustar com água ou aditivo a reologia do concreto durante o transporte.

Finalmente, o sistema rastreia o movimento dos caminhões durante a rota, identificando oportunidades para melhorar a eficiência da frota.

Junto a tudo isso, essas funções reduzem drasticamente o tempo de entrega em cada carga de concreto, permitindo o fornecimento de mais concreto.

Ele também prevê o uso otimizado dos materiais e seu custo associado, por entregar concretos com baixo desvio-padrão e consistências uniformes. Esses traços mais eficientes reduzem radicalmente o consumo do cimento, levando a uma

economia de custos e benefícios ao meio ambiente.

Sistemas como o VERIFI® já estão presentes nas principais normas internacionais de concreto dosado em central, como, por exemplo, a ASTM C94. A nova ABNT NBR 7212 Execução de concreto dosado em central, que atualmente está em processo de revisão, também passa a prever o uso de ferramentas como esta, com o objetivo de modernizar o controle e monitoramento de *slump* (abatimento) em trânsito.

Os benefícios ao meio ambiente trazidos pela tecnologia estão divididos em três categorias:

1) **Redução de cimento** – Várias partes interessadas na produção de concreto geralmente adicionam água para atingir o *slump* especificado, mas isso pode promover perda de resistência do concreto – em alguns casos gera demolições por eventuais falhas nos testes de qualidade. Para evitar tal situação, traços de concreto são constantemente superdimensionados para incluir mais cimento do que realmente é necessário, na esperança de compensar o excesso de água adicionada. Há uma estimativa de que 5% do cimento em um traço de concreto é adicionado apenas para evitar esses tipos de problemas<sup>1</sup>.

2) **Redução de desperdício** – As associações norte-americanas estimam que 5% dos concretos produzidos em plantas de concreto entregues nos EUA são rejeitados na obra e não são reutilizados.

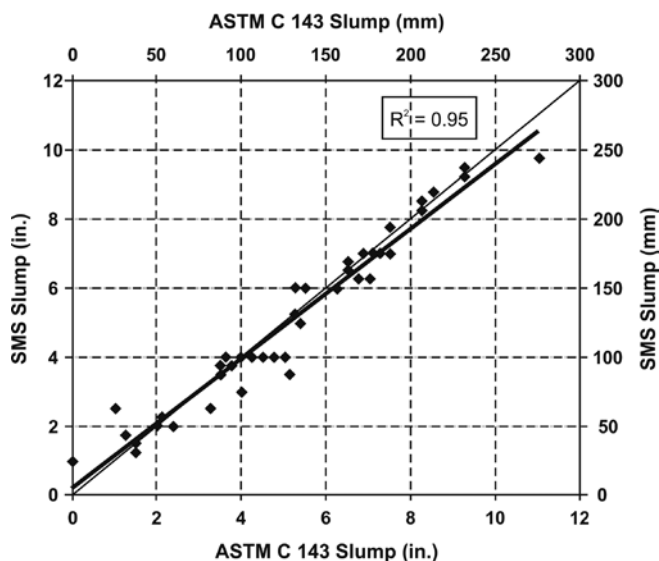
O concreto é frequentemente rejeitado por falhar em atingir o *slump* especificado no momento de sua entrega. VERIFI® monitora consistentemente o concreto no trajeto até a obra, adicionando precisas quantidades de água e/ou aditivo para o concreto chegar na obra exatamente no *slump* especificado. Dados iniciais indicam que pode ser reduzido 3,8% do volume total de concreto, economizando tempo, dinheiro e materiais<sup>2</sup>. Uma típica carga de concreto representa emissão de 2495 quilogramas de dióxido de carbono, ou seja, reduzir desperdício de concreto também contribui para melhorar as condições do meio ambiente.

3) **Eficiência do combustível** – Em uma entrega de concreto, o uso do combustível é uma fonte de gasto significativo e impactante ao meio ambiente. Aproximadamente 23% do combustível é usado para misturar a carga em alta velocidade de rotação do balão do caminhão betoneira, que é tipicamente controlada pelo motorista baseado na mínima informação sobre a consistência do concreto ou eficiência do combustível. Em contraste, VERIFI® fornece instruções ao motorista sobre quantas rotações a mistura necessita para promover homogeneidade. Dados recentes mostram que o número de revoluções do balão em alta velocidade pode ser reduzido 10%, representando significativa redução de custo e benefícios associados ao meio ambiente<sup>1,2</sup>.

<sup>1</sup> [https://issuu.com/digitalpublish/docs/ch\\_0910-18\\_final\\_web?e=10824371/64196352](https://issuu.com/digitalpublish/docs/ch_0910-18_final_web?e=10824371/64196352)

<sup>2</sup> <https://www.forconstructionpros.com/concrete/article/20999712/how-to-advance-concretes-eco-and-financial-sustainability-with-connected-devices>





► **Figura 1**  
Slump previsto (via pressão hidráulica) contra slump medido (ASTM C143)

## 2. COMO O VERIFI® FUNCIONA?

O VERIFI® prevê o abatimento do concreto com base em uma calibração da pressão hidráulica necessária para girar o balão a uma determinada velocidade de rotação em função do tipo do concreto e volume transpor-

tado. Um exemplo da exatidão e precisão para medidas previstas a partir da pressão hidráulica é dado na Fig. 1. Em geral, a precisão dessas previsões não deve ser inferior à precisão do método de teste (por exemplo, ABNT NBR NM 67 ou ASTM C143).

### COMPONENTES DO CAMINHÃO BETONEIRA



► **Figura 2**  
Componentes do VERIFI® In-Transit Concrete Management System

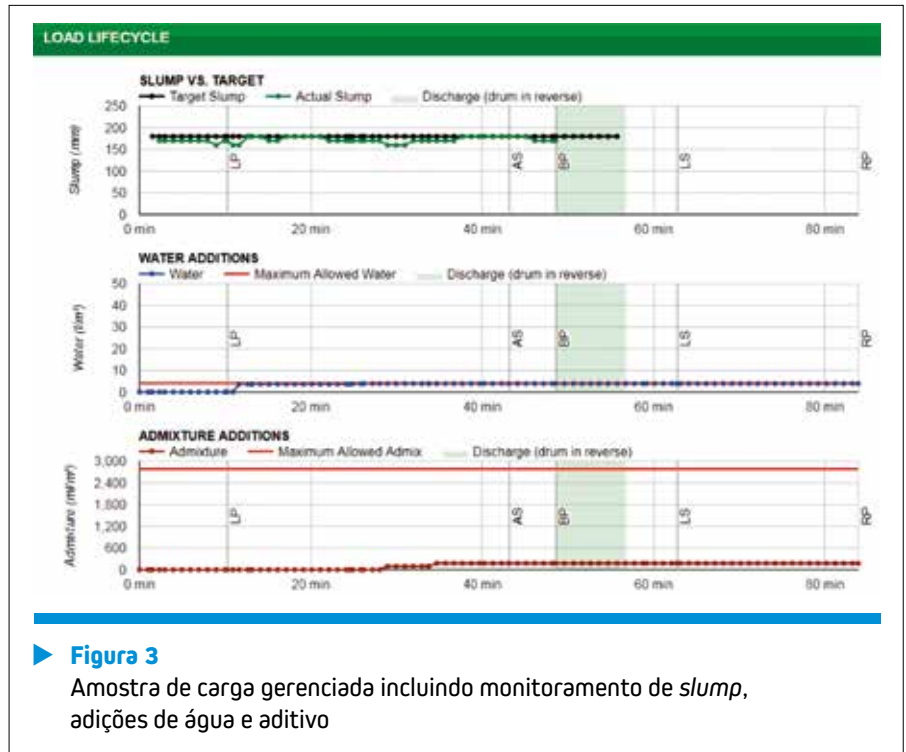
Além da medição do *slump*, o sistema inclui sistemas de distribuição de fluidos que são capazes de ajustar automaticamente as propriedades do concreto (como *slump*), por meio da adição de água e/ou aditivos, com base no *feedback* das medições baseadas em sensores durante a entrega a um local de trabalho. Essa função é habilitada pelo departamento técnico da concreteira e está em conformidade com as regras de desenhos de traços para o conteúdo máximo de água e dosagens de aditivo. Ele ainda permite que adições controladas sejam feitas manualmente, a pedido do contratado no local, mas toda adição extra de água ou aditivo passaria através de um medidor e seria registrado. Esses sistemas de circuito fechado também incluem dispositivos de comunicação para permitir o monitoramento em tempo real do caminhão e do concreto contidos no balão. Essas informações podem então ser enviadas sem fio para a concreteira. Os sistemas típicos de medição e gerenciamento automatizados medem o *slump* e outras propriedades reológicas, mas também incluem uma rede de outros sistemas e sensores conectados, como sistemas de posicionamento global (GPS), sensores de temperatura de concreto, contadores de revolução de tambor de misturador e rastreamento do status de entrega do caminhão. Uma visão geral dos componentes do Sistema de Gerenciamento de Concreto em Trânsito pode ser vista na Figura 2.

O monitoramento do caminhão e das propriedades do concreto ocorre a cada revolução do balão, ou aproximadamente, a cada 30 segundos. Esses dados são compilados e as ferramentas de análise permitem a otimização do processo. Como tal, esses

sistemas fornecem visibilidade da qualidade do concreto e das operações durante os processos de carregamento e transporte. Por exemplo, durante o carregamento e a mistura do concreto, as revoluções são monitoradas em tempo real, garantindo que os procedimentos apropriados de mistura sejam seguidos. Medições de temperatura em tempo real também podem ajudar a determinar quando o concreto deve ser controlado através de, por exemplo, gelo ou nitrogênio líquido, ou alertar se um limite máximo ou mínimo de temperatura foi excedido.

### 3. CONSEQUÊNCIAS DO GERENCIAMENTO DE *SLUMP*

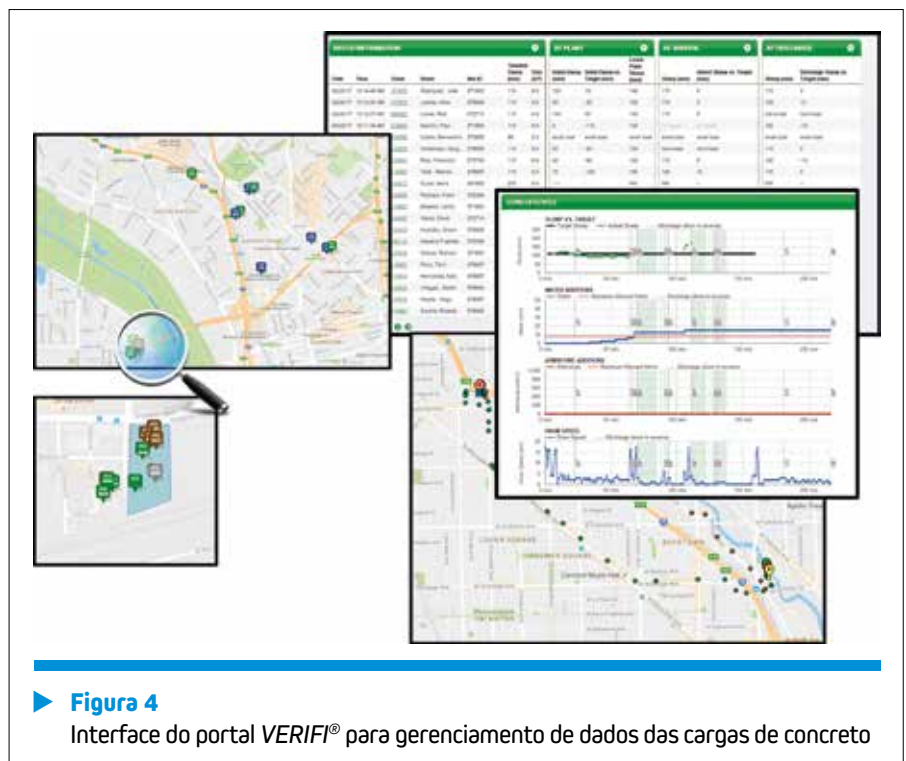
A capacidade de medir e gerenciar o *slump* tem vários benefícios importantes para todas as partes interessadas no processo de construção. Os responsáveis por controle de qualidade e dosagem podem ajustar as quantidades de água ou rever a umidade dos agregados das misturas subsequentes com base nas medições de *slump* das entregas de concreto anteriores ao longo do dia. Isso leva a uma uniformidade elevada de carga para carga e até maior segurança. Os sistemas automatizados de controle podem melhorar ainda mais a qualidade do concreto gerenciando o *slump* do concreto em trânsito para garantir que o caminhão-betoneira chegue com *slump* no alvo. O uso do sistema automatizado de gerenciamento inclui ainda a capacidade de definir limites máximos de água e aditivos para garantir que a relação máxima entre água-cimento não seja excedida. Ao fornecer um controle de qualidade central, a capacidade de monitorar ou controlar todas as adições de fluidos reduzirá a variabilidade e aumentará a qualidade



► **Figura 3**  
Amostra de carga gerenciada incluindo monitoramento de *slump*, adições de água e aditivo

do concreto. Na Fig. 3, um relatório típico de uma carga gerenciada pelo sistema automatizado de controle é apresentado. Nesta figura, a queda foi gerenciada usando água e um redutor de água de alta desempenho.

Na Fig. 3, a carga individual de concreto é configurada para ser gerenciada com água e aditivo à medida que o caminhão passa da planta de concreto para o local de trabalho. Para a água, um limite máximo



► **Figura 4**  
Interface do portal VERIFI® para gerenciamento de dados das cargas de concreto





permitido é estabelecido para garantir que a relação água-cimento não seja excedida. Esse limite é estabelecido por meio de uma conexão das infor-

mações das quantidades de água máxima prevista no desenho de mistura, em função daquelas adicionadas em diferentes etapas do processo. Além

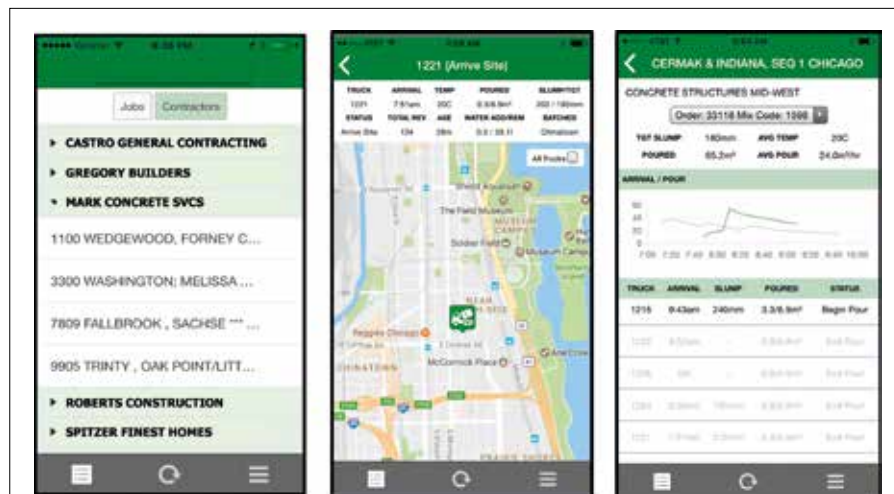
disso, informações adicionais estão disponíveis, incluindo quando o caminhão de concreto pronto deixou a central (LP), chegou no local (AS), começou a descarregar (BP), deixou o local (LS) e retornou a central (RP). Como pode ser visto neste exemplo, a queda da consistência pode ser gerenciada, de tal forma que esteja no alvo quando chegar na obra e esteja pronta para ser descarregada imediatamente.

#### 4. GERENCIAMENTO DOS DADOS

O computador a bordo transmite os dados para a nuvem a cada 1 a 15 segundos durante o ciclo de entrega (Fig. 6). Os dados são disponibilizados ao cliente de forma instantânea pelo portal VERIFI® (Fig. 4) e no aplicativo móvel (Fig. 5).

#### 5. CONCLUSÃO

O sistema VERIFI® como gerenciamento de concreto em trânsito demonstra valor e robustez no campo. Com esse sistema, mais de 30 milhões de metros cúbicos de concreto foram entregues por meio de caminhões de concreto por mais de 100 centrais de concreto no mundo. Ele oferece uma oportunidade para a transformação de negócios, à medida que as concreteiras percebem valor na produtividade, qualidade e gerenciamento de materiais. Tudo isso contribui para proporcionar benefícios adicionais de sustentabilidade por meio de reduções no consumo de combustível, menos desperdício de concreto e uso eficiente do cimento. ➔



**Figura 5**  
Interface do aplicativo VERIFI® para gerenciamento de dados das cargas de concreto



**Figura 6**  
Esquema demonstrativo de gerenciamento do abatimento e dos dados do concreto durante toda a trajetória do caminhão

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ABNT NBR NM 67 – Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone
- [2] ABNT NBR 7212 – Execução de concreto dosado em central – Procedimento
- [3] ASTM C 143 – Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete
- [4] ASTM C 94 – Standard Specification for Ready-Mixed Concrete

# Emprego de elementos pré-fabricados de concreto como pavimento da pista de testes automobilísticos da Mercedes-Benz do Brasil

---

ALEX ALVES – ENGENHEIRO, GERENTE DO CENTRO DE OPERAÇÕES

---

DANIEL SABINO – ENGENHEIRO, GERENTE DE PRODUÇÃO

---

DENER ALTHEMAN – GERENTE DE CONTROLE TECNOLÓGICO E QSSMA

---

LEONARDI

---

MARCELO CUADRADO MARIN – ENGENHEIRO, DIRETOR TÉCNICO

---

LEONARDI – ABCIC

## I. INTRODUÇÃO

A tradicional empresa do setor automotivo mundial investiu na construção da maior estrutura de campo de provas automobilísticos no hemisfério sul. Localizada no interior paulista, em Itacemópolis, é considerada a mais moderna instalação do mundo para o segmento de veículos comerciais. A pista de testes visa ao desenvolvimento de novas tecnologias para caminhões, ônibus e outros veículos de carga, aplicando fortemente conceitos da indústria 4.0.

A construção tomou como base a pista de testes da matriz da empresa localizada na Alemanha. Um dos desafios do projeto no Brasil foi reproduzir com exatidão as características da pista matriz, para realizar testes e ensaios com o mesmo padrão e rigor utilizados em outras unidades do grupo. Este artigo aborda os desafios técnicos vencidos e as tecnologias inova-

doras para o mercado da construção civil aplicadas para o fornecimento e montagem de peças pré-fabricadas em concreto que compuseram os pavimentos da pista, cujas especificidades e diferenciais tecnológicos serão retratados ao longo do texto.

## 2. CONCEITO TÉCNICO DA PISTA DE TESTES

Uma forma tradicional de execução de testes e análises em veículos é a instrumentação e trânsito por longos trajetos em diferentes regiões e pavimentos. Os dados obtidos são específicos para aquela situação de exposição, ou do equipamento utilizado, e dificilmente podem ser repetidos nas mesmas condições iniciais. Com o advento tecnológico das últimas décadas, a equipe de engenharia da empresa responsável pelo novo campo de provas, aplicou pesquisas acadêmicas e conhecimentos de seus profissionais em áreas de desenvolvimento de superfícies virtu-

ais em três dimensões (3D), e concluiu ser possível reproduzir as solicitações a que um veículo é exposto quando trafega por um longo trajeto em estradas reais em uma superfície teórica de tamanho reduzido. Em resumo, seria possível obter os esforços e danos que um veículo sofre percorrendo milhares de quilômetros de estrada em um pequeno trecho de centenas de metros de uma superfície calculada de forma virtual e obtida através de um modelo matemático. A reprodução física deste pequeno trecho de superfície modificada computacionalmente permitirá, além do óbvio ganho de tempo com os testes, as replicações das condições destes, quantas vezes fossem necessárias. Tal conclusão resultou na execução de um projeto de um campo de provas, objetivando unificar e padronizar mundialmente testes em veículos de carga. A equipe responsável percorreu ao redor do mundo dezenas de milhares de quilômetros em estradas, com

equipamentos que coletavam dados representativos das tensões sofridas em partes dos componentes diversos dos veículos, simultaneamente, as superfícies pelas quais os veículos trafegavam eram mapeadas por escaneamento 3D. As imagens coletadas reproduziam com exatidão as ondulações e variações superficiais das estradas. Os dados de esforços e desgastes causados nos veículos e as imagens mapeadas foram compatibilizados e analisados por simulações computacionais. Foram 50.000 quilômetros de estradas trafegados em todo mundo, destes, 16.000 km no Brasil. A equipe converteu todo este caminho percorrido, em 12 trechos que variaram de 275 a 510 metros de comprimento, sendo 7 trechos retos, 3 trechos sinuosos e 2 trechos circulares (Fig.1). A superfície teórica obtida computacionalmente seria capaz de reproduzir em um veículo que trafegasse por ela os mesmos esforços e danos sofridos ao longo de grandes distâncias percorridas na etapa de captura de dados.

O modelo matemático teórico de cada pista era composto de uma nuvem de pontos virtuais (arquivo extensão “\*.stl”), organizados em diferentes coordenadas do espaço. A interligação desses pontos forma microes-



► **Figura 1**  
Modelo do campo de provas

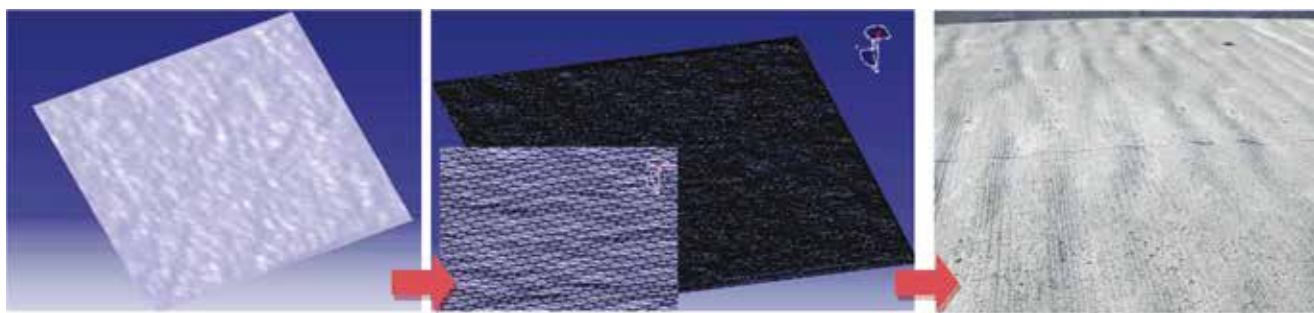
truturas geométricas triangulares (fractais), cujas diferentes posições e inclinações resultam nas ondulações e formas variáveis da superfície.

Na Figura 2, pode-se observar uma parte da superfície virtual (modelo matemático), um detalhe das microestruturas fractais e uma imagem da superfície física resultante.

### 3. CONVERTENDO A IMAGEM TEÓRICA EM SUPERFÍCIE FÍSICA

A partir dos modelos matemáticos, o desafio seria o de reproduzir, com

máxima precisão possível, a superfície teórica calculada em uma superfície física (pavimento) por onde o veículo pudesse trafegar. A solução sugerida por um escritório alemão de engenharia e projetos, responsável pela maioria dos projetos de pistas automobilísticas ao redor do mundo, foi a de utilizar o material concreto como pavimento para que a superfície reproduzisse o modelo virtual. O concreto fresco aplicado em uma fôrma, com o mesmo formato do modelo matemático, resultaria na superfície prevista virtualmente após a cura. Somado a isso, as características



► **Figura 2**  
Superfície do modelo matemático; aproximação e detalhes dos fractais; resultado físico

de resistência e durabilidade do concreto seriam suficientemente capazes de suportar os esforços e desgastes decorrentes do tráfego dos veículos. Uma definição importante foi a de pré-fabricar as peças, uma vez que a alta precisão requerida só poderia ser atendida em um ambiente industrial e com uso de ferramentas de altíssima tecnologia. Ponderou-se que qualquer tentativa de moldagem em canteiro seria demasiadamente custosa e imprecisa. Para atender a estratégia de fabricação, optou-se por seccionar as superfícies do modelo em partes de 5m de comprimento e com largura média de 3,7m. O resultado da secção dos 12 trechos do modelo virtual foi a obtenção de 844 partes com superfícies únicas e sem repetição de formato, que deveriam ser produzidas em elementos (placas), transportadas para o local da pista, posicionadas e unificadas, resultando na recomposição dos trechos seccionados originalmente.

A partir das dimensões em planta de cada parte seccionada, a equipe de engenharia envolvida no projeto dimensionou e produziu 844 placas de concreto armado pré-fabricado capazes de suportar os esforços estáticos e dinâmicos do tráfego de ca-

minhões com até 85 toneladas, a uma velocidade de até 60 quilômetros por hora e para uma vida útil de 30 anos do pavimento.

#### 4. PROJETO E PRODUÇÃO DAS PLACAS PRÉ-FABRICADAS

As ondulações superficiais das imagens virtuais, além de únicas por placa, possuem diversas texturas e amplitudes (Fig. 3). A variação entre os pontos mais altos e mais baixos da superfície variam de 1 cm a 55 cm.

O dimensionamento de cada placa considerou uma espessura mínima de concreto armado de 30cm, além da variação de volume por conta da amplitude das ondas da superfície. Desta forma, as espessuras das placas variaram de 31cm a 85cm de concreto, com peso entre 13 e 22 ton e taxa de aço de 180 kg/m<sup>3</sup> em média. O concreto foi especificado com fck 40 MPa (C40) e fator a/c máximo de 0,40. As tolerâncias dimensionais impostas foram de  $\pm 2,5$ mm na largura e comprimento das placas. Para a superfície que representaria o modelo, foram estabelecidos critérios de comparação entre a superfície final da placa e a superfície teórica, sendo que a divergência entre os planos

de tolerância de  $\pm 1$ mm garantia aprovação imediata e de  $\pm 5$ mm, a aprovação sob análise. Variações acima de  $\pm 5$ mm só seriam aceitas em regiões concentradas, com área inferior 0,010m<sup>2</sup> e que estivessem fora da região de rodagem do veículo.

Para reproduzir a superfície idealizada virtualmente, a fôrma que iria receber o concreto fresco foi concebida em poliestireno expandido (EPS), material que pode receber processos de usinagens controlados, de forma a atender às tolerâncias exigidas. O EPS teria de suportar todas as etapas do processo de produção, transporte, manuseio, lançamento do concreto fresco e cura. Para tanto, utilizou-se EPS do TIPO 7 (densidade mínima de 32 kg/m<sup>3</sup>), pérolas de EPS com diâmetro variando de 1 a 3mm e com um período de cura do bloco de EPS, logo após sua produção, de no mínimo 15 dias. Neste período os blocos permaneciam em ambiente protegido, sem exposição ao sol, umidade ou variações térmicas significativas. O objetivo deste processo era evitar microdeformações do EPS, comuns no período pós-produção.

Para o processo de usinagem do EPS, a nuvem de pontos teórica fora



► **Figura 3**  
Diferentes texturas e amplitudes superficiais de superfícies



► **Figura 4**  
Processo de usinagem; padrão de rugosidade superficial; subplacas usinadas

convertida em programas de usinagem utilizados por máquinas de fresagem. O processo de usinagem objetivava reproduzir com exatidão a superfície do modelo e fornecer uma rugosidade superficial pré-concebida (Fig. 4). Para alcançar este objetivo, foram executados testes com diferentes ferramentas (brocas), e outras variáveis, tais como a rotação da fresa, velocidade de avanço e número de passos da ferramenta. Amostras com diferentes rugosidades foram confeccionadas e comparadas com a superfície da pista matriz na Alemanha. Definido o padrão e inspeções, controles de qualidade foram implantados para garantir que todas as subplacas de EPS fossem usinadas da mesma forma.

As subplacas eram transportadas após a usinagem para a unidade de concretagem. No transporte, empregou-se veículo com carroceria baú, revestido com carpete, suportes em EPS/espuma e manuseio cauteloso visando eliminar riscos de dano.

Uma área de 3000 m<sup>2</sup> foi planejada e modificada exclusivamente para a produção das placas de concreto. Diversas medidas foram implantadas para evitar todo e qualquer dano na superfície usinada, assim como para garantir a qualidade e produtividade necessárias para o atendimento do prazo estipulado. Dentre as mais relevantes (Fig. 5):

► Fôrmas de aço de alta precisão

com fixação e travamento magnéticos (*light magnetic shuttering*);

- Estrutura auxiliar que mantinha a armadura suspensa e sem contato com o molde;
- Execução de estrutura de lavagem e remoção do molde pós-concretagem;
- Fechamento lateral da área produtiva para evitar ação de intempéries e sujidades.

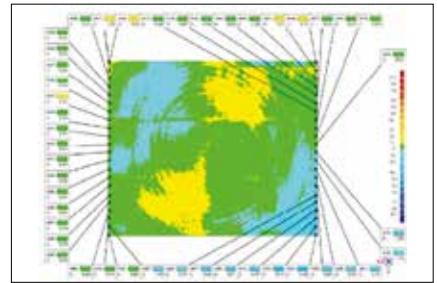
A produção média foi de 8 placas/dia.

## 5. VALIDAÇÃO FINAL DA PLACA POR LASER SCANNER

Após todo o processo de usinagem do EPS e pré-fabricação do concreto, a ferramenta utilizada para



► **Figura 5**  
Área fabril; saque da peça; peça finalizada



► **Figura 6**

Escaneamento da fôrma de EPS; escaneamento da placa concretada e relatório de mapa de cores do comparativo da superfície real com o modelo matemático

efetuar a comparação entre a superfície real e o modelo matemático foi o *laser scanner* (FARO® *Laser Scanner Focus3D X 130*). O *laser scanner* coletava uma nuvem de pontos coordenados da superfície do concreto (em torno de 1,5 milhão de pontos) e transformava esta nuvem em uma imagem de mesma linguagem que o modelo matemático. A imagem real e a virtual eram sobrepostas, resultando em um mapa de cores que possibilitava a análise de divergências (Fig. 6). Os intervalos de comparação foram estabelecidos dentro dos seguintes limites:

- Divergências encontradas com variações de imagens abaixo de  $\pm 1\text{mm}$  recebiam cor verde;
- Divergências acima de  $\pm 1\text{mm}$  e abaixo de  $\pm 5\text{mm}$  recebiam a cor amarela;
- Valores acima de  $\pm 5\text{mm}$  a cor vermelha.

Cada processamento de imagem demandou de 3 a 9 horas, dependendo da complexidade da superfície da peça, gerando um documento extenso contendo informações, gráficos, histogramas de desvios e filtros de imagens, que passava pela aprovação de um time de avaliação no Brasil e Alemanha. Não foram permitidos quaisquer retrabalhos posteriores à produção na superfície das peças. Se não validado o relatório, um novo escaneamento era realizado e, perdurando o resultado negativo, a peça era descartada.

A empresa responsável pela fabricação inseriu uma nova etapa no processo quando comparado ao processo original germânico. Foi introduzido o escaneamento do molde de EPS antes da etapa de concretagem, verificando que durante o processo de usinagem, transporte e manuseio,

nada tivesse afetado a superfície. Os processos de escaneamento e validação foram empregados em 100% das peças fabricadas.

Após o processo de validação, cada peça era posicionada em uma área com aparatos de estocagem que promoviam um distanciamento entre as peças, visando impossibilitar qualquer tipo de impacto na superfície.

## 6. TRANSPORTE DAS PLACAS COM CARRETA TIPO *IN LOADER*

O transporte até o canteiro de obras percorria um trajeto de 142 quilômetros. A operação em veículo de carga comum (carretas) demandaria o transporte das placas na posição horizontal. Entretanto, em razão da largura de 3,70m, isso exigiria a concessão de licenças especiais para trânsito com excesso lateral, uso de frota de batedores e escolta da



► **Figura 7**

Seqüência de carga das peças, saída da carga da fábrica e chegada da peça no canteiro



polícia rodoviária federal, tornando o ritmo médio de expedição de 5 cargas por dia, em um total de 495 cargas, praticamente inviável por conta da complexidade e custo financeiro. A solução adotada, de forma pioneira no Brasil, foi o uso de carretas especiais *in loader*. Este equipamento, tradicionalmente utilizado no transporte de vidro, foi adaptado pela equipe fabricante das placas para possibilitar o transporte das peças na posição vertical, sem necessidade de licenças especiais ou escoltas. Foi desenvolvido um *rack* exclusivo para estocagem, que permitia que a carga (com uma ou duas peças) fosse desconectada em campo, e permitindo que o veículo efetuasse uma nova coleta na fábrica, onde um segundo *rack* aguardava carregado (Fig. 7).

A carreta de transporte possui controle computadorizado, sistema de travamento hidráulico e suspensão pneumática. A operação de carga e descarga era realizada por um único operador, que dirigia o veículo, e quando necessário, operava um painel eletrônico externo para as manobras de rebaixamento e elevação da suspensão e travamento da carga com uso de braços hidráulicos. Eram

transportadas uma ou duas peças respeitando o limite de 31 toneladas por carga.

Devido à impossibilidade de troca de posição de montagem das placas, pois eram únicas em relação à superfície, a posição de descarga do rack em campo era rigorosamente calculada e indicada com o objetivo de não incorrer em movimentações passíveis, seja da carreta ou equipamento de montagem.

### 7. MONTAGEM EM CAMPO

A montagem das peças era realizada com um guindaste de 160 toneladas. Calços posicionados sob suas extremidades amparavam a peça distante cerca de 5 cm da superfície. Através de um sistema tipo “macho-fêmea”, com barras e bainhas metálicas embutidas, as peças eram conectadas uma à outra. Encaixadas, uma junta de 2 cm, com tolerância de  $\pm 5\text{mm}$ , seria solidarizada posteriormente. A evolução da montagem das placas era controlada por marcações topográficas visando não acumular variações no comprimento da pista (Fig. 8). O número de peças que compunha uma pista variava de 55 a 102 placas, sendo que o comprimento to-

tal de uma pista deveria respeitar uma precisão de  $\pm 5\text{mm}$ .

A composição da pista em peças deveria representar com exatidão o modelo matemático completo. Variações de montagem, como nível, inclinação da peça ou torções pontuais, modificariam a superfície virtual prevista e, conseqüentemente, os esforços dos veículos transitando sobre a pista seriam diferentes dos previstos pelo modelo e da pista original executada na matriz germânica. Equipes de topografia colhiam, com uso de estações totais, coordenadas das extremidades das peças. Estes dados eram inseridos em planilhas desenvolvidas pela equipe do projeto, que realizavam comparações geométricas, além de equalizar os dados com os resultados do escaneamento da peça na etapa de produção. Quaisquer desvios na atividade de nivelamento seriam desta maneira corrigidos. As informações extraídas da ferramenta orientavam ações de nivelamento. Com uso de calços plásticos (com espessura variando de 1,5 a 5 mm) e de macacos hidráulicos (adaptados exclusivamente para esta atividade), as placas eram elevadas ou rebaixadas, até que se encontrasse a coordenada



► **Figura 8**  
Montagem; marco topográfico de controle; vista geral de montagem

de nível sinalizada pela planilha (Fig. 9). A operação era repetida até que a tolerância de  $\pm 2$  mm para o nivelamento/torção individual da peça e  $\pm 5$  mm para o degrau entre uma peça e outra fossem atingidos. Muitas vezes, variações de 1 mm por extremidade demandavam novas correções nas peças adjacentes, o que tornava a operação de alta precisão, significativamente trabalhosa.

Em média 14 peças eram niveladas por dia e, em determinados períodos, até três equipes de nivelamento operaram simultaneamente. Diariamente os relatórios e planilhas eram enviados para os times do Brasil e Alemanha para aprovação. Após a aprovação, estava autorizado o processo de unificação das placas, descrito a seguir.

## 8. GRAUTEAMENTO DAS PLACAS

O objetivo desta operação era promover a solidarização das peças pré-fabricadas nas fundações e na posição exata do nivelamento obtido. O traço de graute utilizado seguiu a mesma especificação do material empregado na pista matriz. Industrializado e em silos, o material era mistura-

do com uso de bombas de propulsão adaptadas para este processo pela equipe do projeto. A operação consistia em instalar fôrmas para vedação lateral das placas, umidificação do substrato e proteções para que quaisquer danos ou contaminações não ocorressem na face superior rugosa das pistas. O bombeamento era feito por furos na região superior das placas (já previstos na etapa de fabricação), e o material preenchia o espaço inferior entre placa e a pista. A operação se encerrava quando havia garantia de preenchimento total, identificado através de furos de extravasão nas laterais da fôrma e afloramento de graute nos furos superiores das placas. Após o grauteamento, uma nova operação de coleta de pontos de superfície pela equipe topográfica era promovida, a fim de garantir que, mesmo após todas as atividades de preenchimento, o conjunto de placas permanecia na posição prevista e compatível com o modelo virtual pretendido. Os dados eram inseridos novamente nas planilhas de nivelamento e validados novamente. Desvios identificados aqui resultariam na demolição dos trechos fora das tolerâncias.

## 9. CONCLUSÃO

Ao todo, as etapas produtivas citadas neste trabalho consumiram 14 meses de trabalho, dos quais, 8 meses dedicados ao desenvolvimento de projetos e trato do modelo matemático, 8 meses gastos na produção de EPS, usinagem e fabricação das peças, e 10 meses nas etapas de montagem, nivelamento e grauteamento. As perdas de processo foram: uma peça recusada na produção pela não validação do escaneamento; três peças que sofreram danos por impacto durante o processo de montagem; e uma peça foi demolida e substituída após a etapa de grauteamento. O número de peças recusadas foi considerado extremamente positivo pela equipe nacional e internacional do projeto, comparada com a experiência anterior da pista alemã. Alguns fatores foram reconhecidamente essenciais para o projeto:

### ► Prototipagem

- Antes mesmo da contratação, a empresa fabricante efetuou um protótipo em escala real e simulou todo o processo produtivo virtualmente, identificando



► **Figura 9**

Macaco adaptado para elevação; calços de espessuras variadas; processo de nivelamento



antecipadamente a dimensão e complexidade do projeto;

- Após o início do projeto foram executados protótipos em escala real de: blocos e corte das subplacas de EPS, usinagem das subplacas, produção e montagem em fábrica, protótipos e simulações do processo de grauteamento em fábrica, protótipos de grauteamento e arrancamento da placa do substrato em canteiro de obras.

#### ► **Uso de novas tecnologias na indústria da construção**

- Conversão de linguagem matemática em linguagem de máquina;
- A usinagem de EPS e seu uso inovador como molde de concreto possibilitaram a concretização física de uma superfície virtual;
- O uso do escaneamento de superfície por *laser scanner* tornou possível garantir que a superfície real era compatível e estava dentro dos limites aceitáveis de precisão, em comparação com o modelo matemático;
- A tecnologia de softwares e equipamentos de maior capacidade de processamento agilizou o processo de comparação entre as imagens e superfícies;
- O uso de fôrmas de qualidade e travamentos magnéticos como o *light shuttering* foi decisivo na agilidade e atendimento à precisão e prazo do projeto;
- O desenvolvimento e uso de carretas especiais tipo *in loader* e de *racks* foi crucial na viabilidade da operação e custo financeiro do projeto.

#### ► **Gestão do projeto e acompanhamento da equipe**

- Todas as etapas do projeto pos-

► **Tabela 1 – Dados da obra pista de testes automobilísticos construída em pré-fabricados de concreto**

Local da obra	Proprietária da obra	Fabricação e montagem da pista pré-fabricada
Iracemápolis – SP	Mercedes-Benz do Brasil	Leonardi Construção Industrializada Ltda

suíam um plano de mitigação de riscos e um plano *backup*;

- Os ritmos de produção de blocos de EPS, usinagem das subplacas de EPS, concretagem das placas, escaneamento/validação, logística de transporte, montagem, nivelamento/validação e grauteamento foram dimensionados para que cada etapa dispusesse de um estoque mínimo de produto acabado, suficientemente capaz para que, caso houvesse algum problema, existisse uma quantidade mínima capaz de suportar o processo em andamento até que o problema fosse sanado;

- Reuniões semanais de equipes multidisciplinares do Brasil e da sede alemã varriam todos os controles e fluxos planejados e realizados.

O alinhamento com as tecnologias disponíveis no contexto da 4ª revolução industrial (indústria 4.0) possibilitou desde a concepção inicial da pista até as simulações finais muito próximas da realidade, sem as quais os resultados obtidos não teriam sido possíveis. A produção dos elementos em ambiente industrial foi fundamental para a implementação da tecnologia, especialmente considerando a cultura já consolidada e integrada da gestão da qualidade, segurança e meio ambiente da empresa fabricante. Item proporcionado

pela existência do Selo de Excelência da ABCIC (Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto) no nível 3, o mais elevado, que rege esses aspectos no setor da pré-fabricação. Atuar rapidamente num projeto de tal magnitude exige um alinhamento com todos os aspectos que envolvem a qualidade e a segurança. A precisão requerida foi atingida com equipamentos modernos, considerando que os desvios dentro da empresa já eram anteriormente controlados e alinhados com os critérios estabelecidos e tolerâncias das normas vigentes e do selo de excelência, já presentes de forma corrente nas atividades da fabricante.

O desenvolvimento da indústria e do setor tem sido reconhecido especialmente em desafios como este, que geralmente possuem cronogramas muito ousados. Como em todo projeto as variáveis – prazo, custo e qualidade – estavam fortemente presentes, particularmente em uma obra com tamanha complexidade. *Stakeholders* nacionais e internacionais, e inovação tecnológica com uso pioneiro no ambiente da construção civil, corroboram que a própria engenharia brasileira foi desafiada nesta experiência. O reconhecimento do resultado da obra confirma que as empresas nacionais responderam à altura aos desafios apresentados pelo projeto e abriram novas oportunidades para novos desafios. 🏗️

# Sensors, intelligent structures and smart digital concrete

NEMKUMAR (NEMY) BANTHIA – PROFESSOR, DISTINGUISHED UNIVERSITY SCHOLAR & CANADA RESEARCH CHAIR IN INFRASTRUCTURE REHABILITATION/CEO AND SCIENTIFIC DIRECTOR

THE UNIVERSITY OF BRITISH COLUMBIA / CANADA INDIA RESEARCH CENTER OF EXCELLENCE (IC-IMPACTS)

## I. INTRODUÇÃO

On September 30, 2006, a highway overpass collapsed in Laval, north of Montreal, crushing two cars and killing five people (Fig. 1). The collapse occurred without any warning. The incident has brought a number of issues to the forefront as related to the overall safety of our concrete infrastructure. This ill-fated incident has created a negative impression of concrete bridges in people's minds, and the same

needs to be changed via a prudent management of our concrete bridges (and other structures) in the future (Figs. 2-3).

Like Canada's population, its infrastructure is also aging. Most of it was built in the 1960s with reinforced concrete. Unfortunately, with copious quantities of de-icing salts applied to our bridges and roads to prevent them from becoming icy and slippery, corrosion of the reinforcing steel within the body of concrete has become a real problem. Corro-

sion produces rust, which occupies about 20 times more volume than steel itself and causes cracking and spalling in concrete and sometimes even collapse.

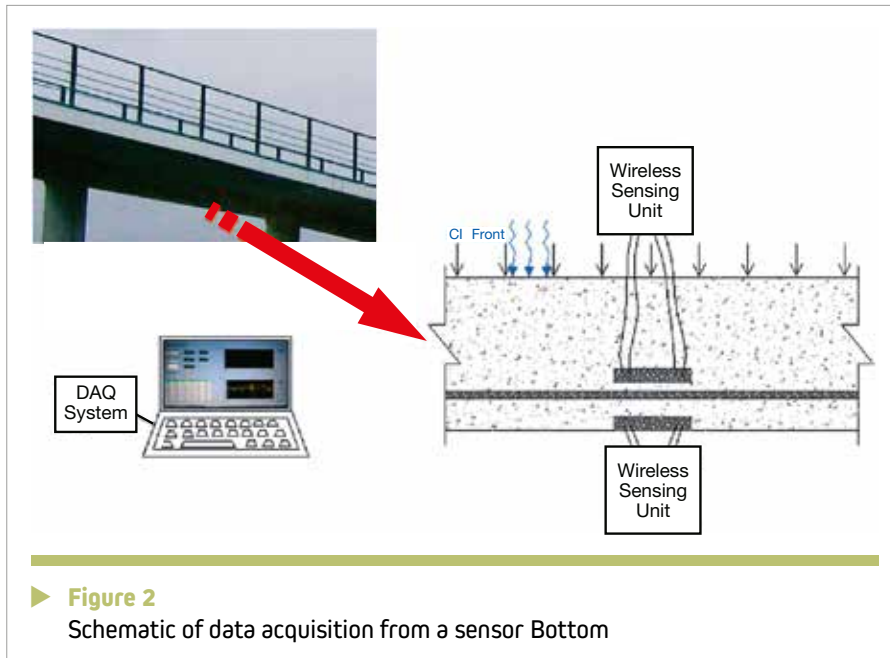
In Brazil, the infrastructure deterioration is equally alarming. The World Economic Forum recently ranks Brazil as 72nd out of 138 economies for adequate infrastructure. The same report ranked Mexico at 57th. While we know that the Brazilian economy has shrunk by more than 7% over the past two years, the only way to move it up is to provide infrastructure upgrades and large mega projects.

Decades of uncontrolled corrosion of reinforcing steel and lack of timely maintenance have now created an infrastructure crisis or "back log" in Canada—and, in fact, around the world—of unprecedented proportions. The Federation of Canadian Municipalities estimates that major Canadian cities face an infrastructure deficit of approximately \$200 billion just to maintain the current infrastructure, and worldwide the problem is pegged at nearly \$900 billion. Canada has nearly 60,000 bridges and 10,000 parking garages that require repair and/or strengthening, and over 20% of these are in need



► **Figure 1**  
The Concorde overpass collapse near Montreal in 2006





of major rehabilitation or outright replacement. Not surprisingly, nearly half of our construction activity is currently geared towards the repair and strengthening of our infrastructure, and as the infrastructure ages further, this will place further demands on our already stretched infrastructure budget.

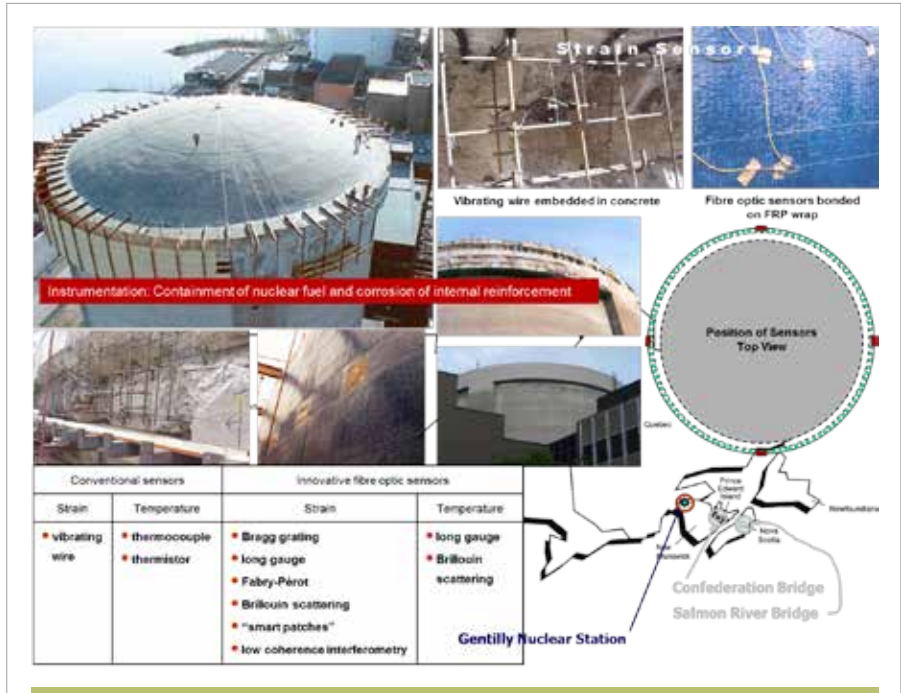
One additional setback facing our already worn out infrastructure is Global Warming. With atmospheric CO<sub>2</sub> levels expected to approach 1000 ppm from their current level of 600 ppm and atmospheric temperatures expected to rise by as much as 5.5°C, deterioration in our concrete structures is only expected to accelerate. Higher CO<sub>2</sub> levels will cause much greater carbonation and corrosion and higher temperatures will lead to greater thermal stresses and shrinkage induced cracking. All in all, one can expect greater instances of structural failure and increased maintenance costs in the future.

## 2. STRUCTURAL HEALTH MONITORING (SHM)

The Johnson Commission, which investigated the Laval collapse, strongly urged the government to make bridge and overpass health monitoring an absolute priority. Unfortunately, the current tools in our arsenal for bridge inspections and

health monitoring remain antiquated and unable to accurately predict the true condition of the structure (Fig. 4). In particular, they are unable to predict deterioration both in steel (arising from corrosion) and in concrete (arising from chemical and physical attack including freeze-thaw, scaling





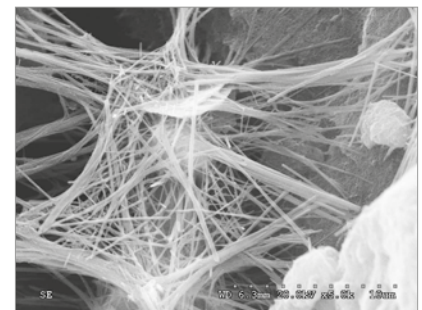
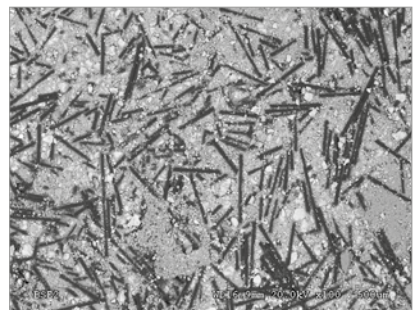
► **Figure 5**  
Sensors on Gentilly Nuclear Reactor in Quebec  
(Courtesy: Professor, ISIS Canada)

and alkali-aggregate reaction (AAR)). Current techniques are also unable to predict damage in elements arising from loading, fatigue, accidental impact and unavoidable stress concentrations.

Structural health monitoring (SHM) using fibre optic sensors (FOSs) strategically integrated into structural systems is part of an effective approach towards infrastructure management. The same has been studied and applied to numerous structures in Canada (the Safe Bridge, near Duncan, BC, for example, and the Gentilly Nuclear Reactor in Quebec, see Fig. 5) and abroad. Unfortunately, FOSs are prohibitively expensive and are not able to sense changes in the chemical environment in concrete that lead to durability and deterioration concerns. A number of novel sensors are now in development.

### 3. CONCRETE USED AS A SENSOR

Recently, a new type of concrete has been developed at the University of British Columbia (UBC) which can not only sense changes in its stress condition and temperature, but also detect the presence of cracking and other damaged states, changes in the chemical environ-



► **Figure 6**  
Left: cement composite with carbon fibre at 100X magnification  
Right: MWCNT bridging hydration products at 5000X magnification

ment, chloride content and onset of steel corrosion, moisture content and loss of strength. As opposed to other sensors, their cementitious nature allows them to be integrated better into the parent structure where they develop a natural bond and have similar physical and transport properties (Fig. 6). When installed strategically as tiny sensors in the structure, these elements can interact wirelessly over the internet and provide the engineer with continuous data on the overall health of the structure they form part of (Fig. 8). These can easily be integrated in both new and old structures and can be interrogated continuously or periodically depending on the need.

Concrete by nature is a poor conductor of electricity and, hence, a poor sensor. The only requirement for concrete to start sensing is that it should be a good conductor of electricity and must show a variation in its resistivity when the conditions are altered. A detectable response may emerge as a result of changes in the strain/stress field (a property often called piezoresistivity, see Fig. 7) or to changes in the chemical environment (a property





► **Figure 7**  
Smart concrete; Left: sensor in compression; Right: sensor in tension

dubbed chemoresistivity). Concrete developed at UBC has highly sensitive responses to both stimuli.

In the past, attempts to enhance the electrical conductivity of concrete have been limited to use of conducting fibres (pitch or polyacrylonitrile-based carbon fibre, for example). In the concrete developed at UBC, carbon fibres are hybridized with multi-walled carbon nano-tubes (MWCNT) that makes the concrete extremely responsive to stress and chemical changes. Impedance Spectroscopy is then used to separate the influences of various stimuli. Comparisons with traditional sensors indicate that the stress sensitivity of the cementitious sensors is two orders of magnitude greater. There is unfortunately no traditional chemical sensor available with which to compare these.

The sensors developed can also detect strength gain in concrete,

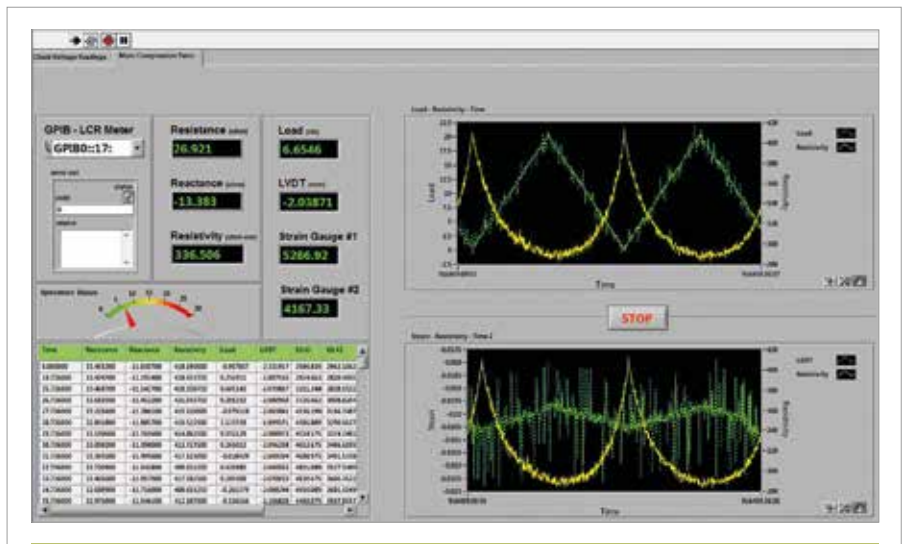
and can be used in precast plants for arriving at decisions related to form removal, transportation, cold joints, etc.

In addition to sensing, numerous novel applications for electrically conductive concrete can be envisaged; these include: electri-

cal grounding, lightning arresters, self-heating bridge decks for de-icing, electromagnetic interference shielding and static-free computer room floors.

#### 4. CONCLUSIONS

Structural failures around the world have indicated that our structures are deteriorating rapidly and this has created a crisis of unprecedented proportions. Even a bigger concern is that we have poor understanding of what condition our structures are in, and where the critical locations of deterioration are. It is imperative therefore that we install sensors on both new and old structures so a real-time structural health monitoring can be performed. Such sensors can not only alert us of an impending collapse and save lives, but can also provide very useful data needed for decisions pertaining to infrastructure management including functional obsolescence, repair and rehabilitation. ◀



► **Figure 8**  
Sensor interface from a smart concrete used as a sensor

# Concreto permeável reforçado para placas de piso

MURILLO SIQUEIRA GUIDOTTI

FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL – PUC CAMPINAS

FERNANDA DE O. KUNZ

NADIA CAZARIM DA SILVA FORTI

ANA ELISABETE P. G. DE A. JACINTHO

LIA LORENA PIMENTEL

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS DE INFRAESTRUTURA URBANA – PUC CAMPINAS

## I. INTRODUÇÃO

O concreto permeável é uma mistura de cimento Portland, agregado graúdo uniforme, uma pequena quantidade ou nenhum agregado fino e água. Quantidades apropriadas de água e materiais cimentícios são empregadas para criar uma pasta que forma um revestimento fino em torno de partículas de agregado, mas deixa espaços livres entre eles, produzindo um material de alta permeabilidade [1,2]. O concreto permeável tem sido utilizado por mais de 40 anos em muitos países, especialmente nos Estados Unidos e no Japão. É cada vez mais usado nos Estados Unidos por causa de seus vários benefícios ambientais como controlar o escoamento das águas pluviais, restaurar o abastecimento de água subterrânea e reduzir a poluição da água e do solo. Enquanto isso tem o potencial de reduzir os efeitos das ilhas de calor urbanas e pode ser usado para reduzir o ruído acústico em estradas [3,4].

A utilização de concreto permeável em pavimentos pode ser feita na forma de pisos monolíticos ou de placas, conforme a ABNT NBR16416: 2015. Outra possibilidade de aplicação é em placas para pisos elevados, propiciando a coleta de águas pluviais.

Geralmente a porosidade do concreto permeável varia entre 15% e 25%, e a permeabilidade à água é tipicamente de 2 a 6 mm/s [3]. No entanto, a porosidade diminui a resistência estrutural do material. A baixa resistência de concreto permeável convencional não apenas limita sua aplicação em estradas de tráfego pesado, como também influencia a estabilidade e durabilidade das estruturas. Portanto, concreto permeável com baixa resistência tem aplicações limitadas, como calçadas, estacionamentos, praças de recreação e sub-bases para pavimentos convencionais.

Com o intuito de melhorar as deficiências encontradas no concreto permeável, a adição de reforços com fibras tem sido investigada. Hesami et al. [5] desenvolveram um estudo avaliando a adição de 0,3% em volume de fibras de PPS (polisulfeto de P-fenileno) na produção do concreto permeável. Os resultados dos ensaios para determinação da resistência à compressão axial apontaram um acréscimo de 57%, em função desta adição.

Baoshan et.al [6] adicionou 0,9% em volume de fibras de polipropileno ao traço de concreto permeável de proporção 1: 4,49, e relação água/

cimento de 0,34. Os resultados obtidos foram de 4,8 MPa para o traço referência e 7,9 MPa para o traço com adição de fibras. É possível observar que as fibras proporcionaram um aumento de 64% da resistência em relação ao traço referência.

Visando ampliar os estudos realizados nesta área, este trabalho teve por objetivo analisar a eficácia da adição de macrofibras de polipropileno e de malhas geossintéticas como armadura na execução de placas de piso de concreto permeável.

A caracterização hidráulica do concreto permeável no estado endurecido foi baseada em dois parâmetros. O primeiro foi o coeficiente de permeabilidade do concreto, obtido através do ensaio utilizando o permeâmetro de carga constante. O segundo parâmetro foi a taxa de infiltração das placas. Este último pôde ser obtido por meio de dois métodos de ensaio: a norma americana ASTM C1701: 2009 e o procedimento elaborado pelo Centro Nacional de Tecnologia em Asfalto dos Estados Unidos (NCAT), que analisa a drenabilidade do material e indica se a adição da fibra ou da manta geotêxtil influenciou neste parâmetro.

► Tabela 1 – Caracterização do agregado

Característica	Norma de ensaio	Unidade	Agregado graúdo
Diâmetro máximo	ABNT NM 248: 2003	mm	12,5
Módulo de finura	ABNT NM 248: 2003	–	6,10
Classificação	ABNT 7211: 2009	–	Brita 0
Massa específica seca	ABNT NM 53: 2009	g/cm <sup>3</sup>	3,06
Massa unitária (solta)	ABNT NM 45: 2006	g/cm <sup>3</sup>	1,53
Volume de vazios	ABNT NM 45: 2006	%	50

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a produção do concreto permeável foram utilizados agregado graúdo na faixa de 4,75/12,5mm, classificada como brita 0, cimento CP V ARI conforme ABNT NBR 16697:2018, aditivo superplastificante à base de policarboxilatos e água proveniente da rede pública de abastecimento.

As características do agregado graúdo e as respectivas normas de ensaio utilizadas são apresentadas na Tabela 1.

Foram produzidas placas para piso elevado com dois tipos de reforço: no primeiro grupo foi utilizada macrofibras de polipropileno adicionadas ao concreto permeável; e no segundo grupo uma malha geossintética.

Esta macrofibra estrutural, composta pelos polímeros polipropileno e

polietileno, tem como função fornecer tração e resistência à flexão ao composto. Este tipo de fibra é empregado em pisos apoiados, peças pré-moldadas, concreto projetado para revestimento de túneis em estabilização de taludes e pavimentos rodoviários. Conforme a ficha técnica do fabricante, a fibra apresenta módulo de elasticidade de 9,5GPa, resistência à tração de 600MPa, densidade de 0,92Kg/m<sup>3</sup> e comprimento de 51mm. A Figura 1 mostra o aspecto da fibra utilizada.

Os geossintéticos são materiais que estão ganhando espaço na construção civil. De modo geral, a aplicação é realizada em reforço de solos, como, por exemplo, estabilidade de taludes, controle de erosão, condução de fluidos e drenagem, e pavimentação.

A malha geossintética foi escolhida

de forma que suas características dimensionais permitissem, no processo de concretagem, a aderência entre as camadas subsequentes do concreto permeável. Na malha, a abertura média longitudinal e diagonal é de 60mm e a resistência à tração de 600MPa. Outra característica importante é que este material tem excelente resistência aos álcalis e ácidos. A Figura 2 mostra o aspecto do material.

### 2.1 Dosagem e processo de mistura do concreto permeável

O traço e o método de mistura para a produção do concreto permeável seguiram as recomendações de Quadrelli [7] e Batezini [8]. O traço utilizado foi na proporção em massa de 1:4,15 (cimento:agregado) e a relação água/cimento de 0,3. O traço referência foi feito a partir da mistura dos agregados graúdos, cimento e água em betoneira previamente umedecida e o processo de mistura obedeceu aos seguintes passos:

- Adicionar toda a quantidade de agregado graúdo e cerca de 1/3 do volume de água total, bater por aproximadamente um minuto, ou até os agregados estarem molhados;



► **Figura 1**  
Aspecto da macrofibra de polipropileno



► **Figura 2**  
Geossintéticos com abertura de 60 mm





► **Figura 3**  
Concreto com fibras de polipropileno

- Adicionar metade da quantidade de cimento do traço e mais 1/3 do volume de água, bater por aproximadamente dois minutos, até o cimento revestir o agregado graúdo;
- Adicionar o restante do cimento e aos poucos o restante da água, bater por aproximadamente três minutos;
- Para o traço com fibras de polipropileno, estas foram adicionadas ao final da mistura do concreto.

Ao final do processo, a textura do concreto permeável deve ser consistente, estar coeso, com quantidade de nata fluida mínima e homogêneo. Antes de iniciar a moldagem dos corpos de prova e placas, é de fundamental importância a verificação da coesão da mistura, conforme a Figura 3.

## 2.2 Processo de moldagem e cura dos corpos de prova

Todas as fôrmas foram primeiramente pesadas, numeradas e lubrificadas antes de receber o concreto. Os corpos de prova cilíndricos, de 10 x 20 cm, foram adensados com 25 golpes, com bastão metálico a cada um terço da forma preenchida. Para as placas, de 50 x 50 x 5 cm, foram aplicados 80 golpes com o soquete, em cada uma das duas camadas de concreto.

Não foi empregado o adensamento com a mesa vibratória após a compactação com o bastão para evitar a segregação, conforme orientação de Vidal [9].

Durante o processo de moldagem é de fundamental importância controlar o



► **Figura 4**  
Processo de adensamento de placas com fibras

grau de compactação. Isso é feito calculando a massa específica do corpo de prova (massa de concreto/volume da fôrma). Quanto maior a massa específica, maior o grau de compactação e conseqüentemente a resistência à compressão [10,11].

Nesta pesquisa a massa específica adotada foi de 2,2kg/l, mantido tanto para os corpos de prova cilíndricos como para as placas.

Após a moldagem, os corpos de prova foram colocados em câmara úmida até a idade de ensaio aos 28 dias.

As Figuras 4 e 5 mostram o processo de moldagem das placas de concreto



1ª camada



Conferência da espessura da 1ª camada



Colocação da malha geossintética

► **Figura 5**  
Moldagem placas com malha de polipropileno



► Tabela 2 – Especificação dos ensaios e respectivas normas técnicas

Tipo	Ensaio	Norma	Corpo de prova
Mecânicos	Resistência à compressão axial	NBR 5739 (ABNT, 2007)	Cilíndrico (10 x 20 cm)
	Resistência à tração na flexão	NBR 15805 (ABNT, 2015)*	Placas (50 x 50 x 5 cm)
Hidráulicos	Determinação do coeficiente de permeabilidade	NBR 13292 (ABNT, 2016) (Constante)*	Cilíndrico (10 x 20 cm)
		ASTM C1701 (ASTM, 2009)	Placas (50 x 50 x 5 cm)
		NCAT	Placas (50 x 50 x 5 cm)

\* Ensaio adaptados

com fibra e de concreto armado com tela, respectivamente.

### 2.3 Delineamento experimental

Para a caracterização do concreto foram moldados corpos de prova cilíndricos (10cm x 20cm), para o concreto referência sem fibra, e para o concreto reforçado com 0,5% de fibra em volume. Para a caracterização das placas para piso elevado, foram moldadas placas de 50 x 50 x 5 cm.

A Tabela 2 apresenta os ensaios realizados e suas respectivas normas, além do tipo de corpo de prova requerido.

A resistência à tração na flexão das placas foi determinada conforme a ABNT NBR 15805:2015, pela equação (1).

$$f_t = \frac{1,5 \cdot P \cdot L}{b \cdot t^2}$$

1

Onde:  $f_t$  é a resistência à tração na flexão;  $P$  é carga (N);  $L$  é a distância entre apoios (mm);  $b$  é a largura da placa (mm) e  $t$  a sua espessura (mm).

#### 2.3.1 ENSAIOS DE PERMEABILIDADE E DRENABILIDADE

O ensaio de permeabilidade de carga constante é um procedimento adaptado da ABNT NBR 13.292: 2016, utilizada para medição da permeabilidade de solos com alto taxa de permeabilidade.

A adaptação do procedimento emprega no lugar de uma amostra indefor-

mável de solo, um corpo de prova cilíndrico, onde o mesmo é impermeabilizado em suas faces laterais (Figura 6a). Na sequência, o corpo de prova é colocado no permeâmetro e é feita uma vedação para que toda a água seja direcionada ao topo do corpo de prova (Figura 6b).

Após fechar o permeâmetro é necessário saturar o corpo de prova, verificando a presença de água através dos extravasores.

Um funil é fixado a cima do permeâmetro, (definindo-se e fixando a altura da coluna d'água) e sua conexão é feita por uma mangueira transparente (Figura 7). Antes do início do ensaio, é necessário saturar o permeâmetro com água e retirar

tudo o ar interno para que não ocorram divergências nos resultados. A água é colocada de maneira constante no funil, são determinados o tempo de percolação da água e o respectivo volume escoado.

O ensaio é repetido 3 vezes para que sejam coletados 3 tempos de escoamento e quantidades de água diferentes. As médias dos tempos e do volume de água são feitas. Os cálculos são realizados de acordo com a equação (2).

$$k = \frac{V_m \cdot 20}{T_m \cdot 78,53 \cdot h}$$

2

Onde  $K$  é coeficiente de permeabilidade (cm/s);  $V_m$  é a média dos volumes obtidos;  $T_m$  é média dos tempos de escoamento e  $H$ , a altura



► Figura 6 Preparação do CP para ensaio de permeabilidade de carga constante



► **Figura 7**  
Ensaio de carga constante

entre o funil e a entrada da água do permeâmetro (cm).

Neste ensaio são medidos o volume de água e o tempo que este volume leva para passar pela placa. A quantidade de água que deve ser utilizada é marcada dentro do tubo de PVC (Figura 8). Foram realizadas 3 medições, para a realização



Placa de concreto permeável com tubo de PVC



Placa de concreto permeável em suporte

► **Figura 8**  
Ensaio ASTM C1701:2009

dos cálculos conforme equação (3).

$$k = \left( \frac{M \cdot 453666000}{t \cdot 300^2} \right) \cdot 0,0000278 \quad 3$$

Onde: K é o coeficiente de permeabilidade(cm/s); M é a massa de água percolada (Kg) e T é o tempo de percolação da água.

Para o ensaio de permeabilidade pelo método NCAT, o volume de água utilizado foi definido através de marcações no corpo do aparelho, em função das alturas iniciais e finais e da área da seção transversal do tubo. A Figura 9 apresenta o equipamento. O ensaio consiste em marcar o tempo que o nível da água leva para se deslocar entre as marcas definidas.

Assim como os outros ensaios, foram realizadas 3 marcações de tempo. Os cálculos foram realizados de acordo com a equação (4).

$$k = \frac{(A1 \cdot e)}{A2 \cdot t \cdot \ln\left(\frac{h1}{h2}\right)} \quad 4$$

Onde: K é o coeficiente de permeabilidade; A1 e A2 são as áreas 1 e 2 respectivamente; E é a espessura da placa; h1 e h2 são as alturas iniciais e finais.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Características mecânicas

Os ensaios de resistência à compressão axial foram realizados aos 28 dias para os traços referência e com com adição de fibras de polipropileno.

A média da massa específica determinada para os CPs cilíndricos apresentou valor de 2,2kg/l, não havendo diferença estatística entre a massa específica do concreto com e sem fibra.

Os resultados do ensaio de resistência à compressão axial obtido para o traço referência foi de em média de 11,91 MPa (Desvio Padrão de 1,21 MPa) e para o traço com adição de fibras de polipropileno, o valor médio foi de 24,11 MPa. Portanto, concreto permeável reforçado com fibra apresentou um aumento significativo de resistência.

A resistência à tração na flexão foi determinada em placas de 50x50x5cm, utilizando pórtico com célula de carga, com capacidade de 600 KN, conforme pode ser observado na Figura 10.



► **Figura 9**  
Equipamento NCAT sobre placa de concreto permeável



Foram ensaiadas 6 placas para cada traço, sendo, TRef (sem fibras), TFibras (concreto reforçado com 0,5% de fibras) e TGeo (placa com concreto referência reforçado com malhas geossintéticas).

As médias dos resultados de resistência à tração na flexão são apresentados na Tabela 3. Observa-se que a utilização da fibra de polipropileno se mostrou um reforço mais efetivo que a malha geossintética.

As placas com o traço referência apresentaram uma média de 4,8 MPa. As com reforço de malhas geossintéticas apresentaram média de 6,86 MPa, um aumento da resistência à tração de 43%, e as placas com concreto reforçado com fibras apresentam um aumento de 106% se comparada às placas de referência, muito superior ao mínimo solicitado pela ABNT NBR 16416: 2015 que é de 2 MPa.

A Figura 11 mostra a forma de ruptura das placas após ensaio de tração. Observa-se os dois tipos de reforços apresentados neste trabalho, fibras e malhas geossintéticas, evitaram a ruptura frágil do concreto.

### 3.2 Propriedades hidráulicas

A determinação da permeabilidade



Prensa hidráulica



Início ensaio flexão

► **Figura 10**  
Dispositivo para ensaio resistência à tração na flexão

de do concreto pelo método de carga constante foi feito para traço referência (TRef) e traço com adição de fibras (TFibras). Não foi ensaiado concreto permeável reforçado com malhas geossintéticas devido à inviabilidade de aplicação deste reforço em corpos de prova cilíndricos. Os resultados são

apresentados na Tabela 4, onde se verifica que a adição de fibras não provocou diferença significativa da permeabilidade do concreto.

Os ensaios para determinar a drenabilidade das placas pelos métodos NCAT e ASTM C1701:2009 foram feitos para as placas com os traços referência

► **Tabela 3 – Resultados de resistência à tração na flexão**

	T <sub>ref</sub>	T <sub>geo</sub>	T <sub>fibras</sub>
Carga de ruptura (KN)	10	14,3	20,69
Resistência à tração na flexão (MPa)	4,80	6,86	9,93
DesPadrão	1,00	2,30	1,11



Sem reforço



Com malhas geossintéticas



Com fibras

► **Figura 11**  
Ruptura do concreto permeável

► Tabela 4 – Resultados de permeabilidade

Carga constante (cm/s)			Média	
CPs	Referência	Fibra	Carga constante (cm/s)	
			Referência	Fibra
1	0.15	0.146	0.15	0.145
2	0.15	0.145	0.15	0.145

► Tabela 5 – Resultados de permeabilidade

Placas	ASTM C1701 (Cm/s)	NCAT (Cm/s)
T <sub>Ref</sub>	0.83	0.67
T <sub>Geo</sub>	0.77	0.50
T <sub>Fibra</sub>	0.76	0.66

(T<sub>Ref</sub>), com fibras (TFibras) e com malha geossintética (T<sub>Geo</sub>). A Tabela 5 apresenta os resultados encontrados.

Os resultados apontam que, tanto a inserção das fibras quanto a inclusão da malha geossintética na placa, podem reduzir a capacidade de percolação da água em torno de 7%.

Segundo a ABNT NBR 16416:2015, o pavimento permeável, independentemente do tipo de revestimento adotado, deve apresentar, quando recém-construído, coeficiente de permeabilidade maior que  $10^{-3}$  m/s. Este requisito deve ser avaliado em campo após a execução do pavimento, pelo método descrito no Anexo A da norma citada. No entanto, o ensaio desenvolvido no laboratório não estava estruturado com revestimento, camada de assentamento e base. Neste sentido, o ensaio permitiu apenas a verificação da

interferência do reforço à capacidade de drenagem do concreto permeável.

#### 4. CONCLUSÃO

Os resultados alcançados nos ensaios realizados atendem a ABNT NBR 15805: 2015, para a aplicação de pisos elevados de concreto permeável.

A utilização de adição, tanto de fibra ao concreto como de malha geossintética à placa, se mostrou muito vantajosa. A adição de fibras de polipropileno proporcionou um aumento significativo da resistência à compressão axial e da resistência à tração na flexão.


Um aspecto importante a ser destacado é que as placas com adição de fibras e com a inserção da armadura de polietileno não apresentaram ruptura brusca, o que é fundamental para a segurança de utilização de placas em pisos elevados.

Em relação à permeabilidade do concreto, a adição de fibras e a utilização de uma armadura não demonstraram significativa diminuição da sua drenabilidade.

Os pisos elevados de concreto permeável são possíveis de serem construídos, permitindo assim a coleta de água pluvial.

O aumento da resistência à tração na flexão, atingindo valores superiores ao especificado pela NBR 16416: 2015, permitirá um dimensionamento mais esbelto das camadas de pavimentação, proporcionando uma ampliação do uso do concreto permeável e, conseqüentemente, uma redução das áreas impermeabilizadas em regiões urbanizadas.

#### 5. AGRADECIMENTOS

À FAPESP pelo projeto de Auxílio a Pesquisa 2014/20486-8 e a CAPES pela bolsa de mestrado. 

#### ► REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Storm water technology fact sheet. Porous pavement. EPA 832-F-99-023 Office of Water, Washington (DC); 1999.
- [2] Montes F. Pervious concrete: characterization of fundamental properties and simulation of microstructure. Ph.D. Dissertation, University of South Carolina; 2006.
- [3] Tennis PD, Leming ML, Akers DJ. Pervious Concrete Pavements. EB302 Portland Cement Association Skokie Illinois and National Ready Mixed Concrete Association, Maryland: Silver Spring; 2004.
- [4] Cackler ET et al. Evaluation of US and European concrete pavement noise reduction methods, National Concrete Pavement Technology Center, Concrete Pavement Surface Characteristics Project Report, Iowa State University; 2006
- [5] Hesami. S., Ahmadi. S., Nematzadeh. M. - Effects of rice husk ash and fiber on mechanical properties of pervious concrete pavement. 2014. Construction and Building Materials 53 p.680–691
- [6] Baoshan H. ,Hao Wu, Xiang S, Edwin G. Burdette – Laboratory evaluation of permeability and strength of polymer-modified pervious concrete. 2010. P818-823. Department of Civil and Environmental Engineering, The University of Tennessee, Knoxville, TN 37996,USA
- [7] Quadrelli, A. C. - Proposta de implantação e avaliação de piso de concreto permeável elaborado com resíduos de fresado asfáltico, para áreas urbanas de risco. 2015. 62f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro de Ciências Exatas, Ambientais e Tecnológicas da Pontifícia Universidade Católica de Campinas – SP.
- [8] Batezini, R. Contribuição Para O Estudo Hidráulico E Mecânico De Calçadas Em Concreto Permeável. 2016. Dissertação (Qualificação em Doutorado em Engenharia), Departamento de Engenharia de Transportes, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.
- [9] Vidal, A. S. Caracterização do Concreto Permeável produzido com agregado reciclado de construção e demolição para utilização em pavimentação permeável em ambiente urbano. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, p. 132, Rio de Janeiro, 2014.
- [10] Oliveira, L.C.B. – Análise da permeabilidade e da colmatação em concretos permeáveis produzidos com agregado reciclado. Tese de Mestrado – Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, 2017.
- [11] Costa, F. B. P.; Lorenzi, A.; Haselbach, L.; Silva Filho, L. C. P. Best practices for pervious concrete mix design and Laboratory tests. Rev. IBRACON Estrut. Mater. vol.11 no.5 São Paulo Sept./Oct. 2018



# Desenvolvimento de aplicativo para smartphones para controle da execução de estruturas de concreto armado com base na ABNT NBR 14.931:2004

JANIQUE FERNANDA DE MARCHI – ENGENHEIRA CIVIL, DIRETORA

DMARCHI ENGENHARIA DE PROJETOS

FELIPE PEROZIN – ENGENHEIRO MECÂNICO

JBT CORPORATION

JOSÉ CARLOS PALIARI – ENGENHEIRO CIVIL, PROFESSOR ASSOCIADO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

## I. INTRODUÇÃO

Embora o concreto seja a opção mais utilizada para confecção de estruturas no Brasil, ainda são poucos os engenheiros que se dedicam exclusivamente a estudar e planejar soluções para executar com qualidade o serviço de concretagem, sendo que 60%, em média, das horas gastas para moldar a estrutura, são dedicados às fôrmas; outros 25%, para a armação, e os 15% restantes, para a concretagem (MARANHÃO, 2000).

A qualidade na obra resulta de um correto planejamento e gerenciamento, além da organização do canteiro de obras, das condições de higiene e segurança do trabalho, da correta operacionalização de processos em seu interior, do controle de recebimento e armazenamento de produ-

tos, e da qualidade na execução de cada serviço específico do processo de produção (ALVES *et al.*, 2009).

Algumas formas para melhorar a qualidade da execução da estrutura de concreto são: projetar as fôrmas; capacitar os operários, orientando os procedimentos, materiais e equipamentos que serão utilizados; adquirir materiais de qualidade; garantir segurança para a execução dos elementos; investir em equipamentos que possam reduzir e agilizar os trabalhos manuais; executar com cuidado a concretagem para não danificar as peças e garantir seu desempenho, e dar manutenção e proteção às fôrmas; inspecionar e acompanhar cada etapa de serviço, verificando e apontando os erros, e orientando para que os mesmos não sejam repetidos.

Sendo assim, para alcançar melhorias, no que consiste ao desempenho estrutural e à promoção do padrão de qualidade das obras, se faz necessário investir em novas tecnologias, desde os materiais e equipamentos, até técnicas eficazes de execução (PALHARES *et al.*, 2015).

Ao utilizar novos meios para melhorias de execução em obras, é importante criar um conjunto de ideias que englobe todos os processos de criação e construção, com a finalidade de baratear custos, agilizar a produção e aperfeiçoar técnicas. Todos os passos, até o final da execução da obra, são de suma importância, pois existe uma dependência de cada atividade exercida para que se cumpra corretamente todas as etapas de uma obra, desde o preparo e ensaio de

solo até a execução de estruturas e seu acabamento.

Portanto, quando há o acompanhamento e verificação de cada passo da execução da estrutura, cria-se um rastreamento das etapas, e a partir deste banco de dados é possível discutir, corrigir e melhorar a forma de execução, os materiais que estão sendo utilizados; quantificar os desperdícios; e analisar os padrões de qualidade e execução de cada elemento da estrutura. A utilização de ferramentas e tecnologia para este acompanhamento permite que as informações e relatórios sejam gerados e distribuídos de forma mais rápida e com visualização mais fácil e dinâmica.

O controle, o acompanhamento e a liberação de cada etapa da execução de uma estrutura de concreto são de extrema importância para que se certifique do cumprimento da execução na íntegra, assegurando que a estrutura não terá irregularidades, levando-a à ruína.

É neste contexto que se insere este trabalho, com foco na qualidade da execução das estruturas de concreto armado com base na ABNT NBR 14.931:2004, que tem por objetivo a apresentação e utilização de um aplicativo para smartphone desenvolvido para avaliar a qualidade de execução de estruturas de concreto armado.

## 2. DESENVOLVIMENTO TÉCNICO

O desenvolvimento do aplicativo para smartphone foi baseado nas seguintes etapas (Figura 1), cujo detalhamento é feito na sequência.

(a) Revisão bibliográfica sobre projetos e execução de estruturas de concreto armado, e consulta à ABNT NBR 14.931:2004, com o intuito de analisar as instruções nos processos de execução das estruturas

e verificar as orientações e observações pertinentes aos mesmos, a fim de desenvolver um *check list* preliminar para avaliar a qualidade da execução das estruturas de concreto armado;

- (b) Aplicar o *check list* a um projeto-piloto, para verificar a eficiência dos serviços apontados para acompanhamento e execução das estruturas e revisão deste, complementando-o com as etapas dos serviços e ajustando-o para que, ao ser transferido para o aplicativo, o mesmo se torne mais funcional;
- (c) Desenvolvimento do aplicativo, em linguagem computacional, para utilização a partir de smartphones no projeto-piloto, para verificação da funcionalidade, vantagens e desvantagens, e sua validação.

juntas de concretagem; (e) da cura e (f) da desforma. Cada subdivisão possui os itens a serem verificados, com apresentação das tolerâncias permitidas, na qual o avaliador realiza seu preenchimento informando, a cada item, se está conforme ou não conforme, ou se o item não se aplica.

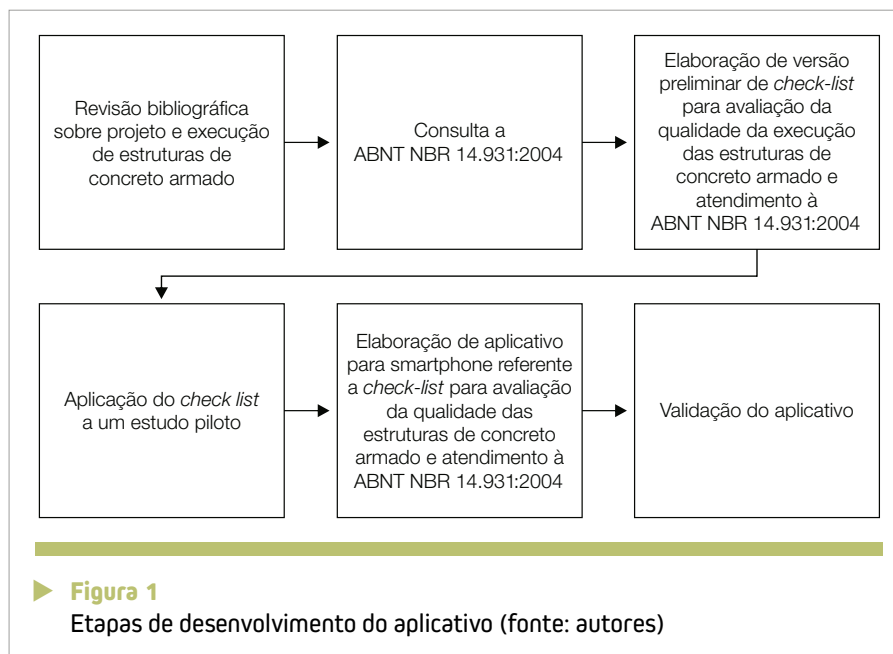
Nele é possível identificar e acompanhar as etapas de execução por peça ou por item de serviço; o responsável pela verificação; a equipe responsável pela execução; a data da execução; e possíveis observações que se façam necessárias em cada etapa, como por exemplo, lote de concreto, rastreamento da peça, informações sobre materiais, dentre outras. Na Figura 2 apresenta-se um trecho do *check list*.

## 2.2 Desenvolvimento do aplicativo

O desenvolvimento da programação do aplicativo se deu em linguagem *c#*, com a “*IDE Visual Studio Community 2015*”, com foco em smartphones

### 2.1 Desenvolvimento do *check list*

O *check list* desenvolvido foi subdividido em execução e acompanhamento: (a) das fôrmas; (b) das armações; (c) da concretagem; (d) das



► **Figura 1**  
Etapas de desenvolvimento do aplicativo (fonte: autores)



UFSCAR - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS		FORMULÁRIO DE PREENCHIMENTO E ACOMPANHAMENTO DE OBRA		DATA	
UFSCAR		CHECKLIST DE ACOMPANHAMENTO E EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO		24/08/16	
				Rev. 00	
Identificação da peça: VIGA - VB304					
Equipe: S&C					
Verificador: Janique					
Data: 02/08/2016					
1.	FORMAS	TOLERÂNCIA	SIM	NÃO	NÃO SE APLICA
1.1	Verificar a característica e a capacidade de resistência e o material que constitui	visual	X		
1.2	Verificar a dimensão das peças da estrutura		X		
1.3	Verificar a estanqueidade	visual		X	
1.4	Verificar os elementos estruturantes das formas	visual	X		
1.5	Transferencia dos eixos	± 1mm	X		
1.6	Locação dos ganchos	± 2mm			X

► **Figura 2**  
Parte do modelo do *check list* desenvolvido (fonte: autores)

com sistema operacional Android. Para a base de dados, utilizou-se do “SQL Server”, e a linguagem utilizada para a implementação do site foi *asp.net*.

Após a aplicação do *check list* manual em uma obra-piloto, ele foi implementado no aplicativo, tornando computacional o meio de acompanhamento da execução das estruturas, de forma interativa e de fácil utilização, com fluxo de dados rápido, mantendo as informações organizadas e com fácil acesso, podendo ser utilizado de forma comparativa entre obras, devido as informações serem correlatas.

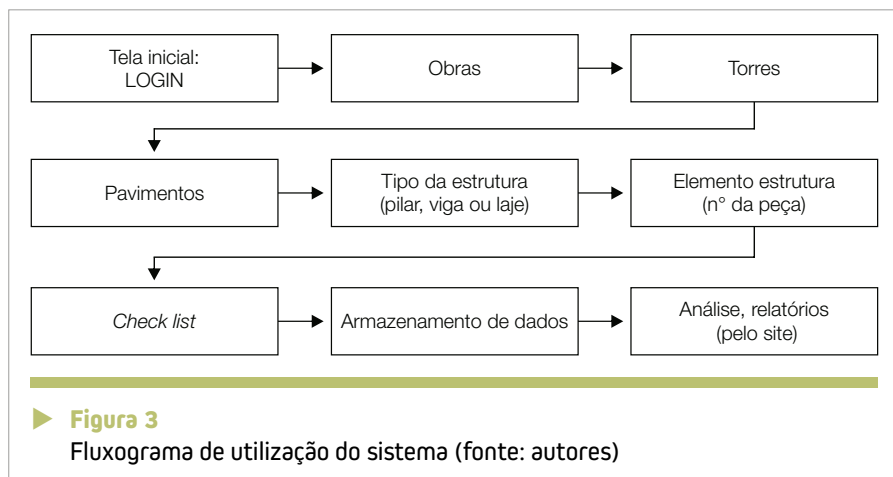
### 3. APLICATIVO PARA SMARTPHONES

#### 3.1 Visão geral do aplicativo

Na Figura 3 apresenta-se uma visão geral do aplicativo e sua interação com o site da empresa no qual o sistema deve ser instalado.

#### 3.2 Instalação e parametrização do aplicativo

O aplicativo foi criado para ser dinâmico e ser usado por diversos tipos de



empresas do segmento e, ao mesmo tempo, manter a confidencialidade dos dados empresariais, já que deve ser instalado no servidor da empresa. Para isso, é recomendado que uma pessoa treinada seja acionada, tanto para a instalação do aplicativo e do banco de dados no servidor, quanto para a instalação nos smartphones e treinamentos dos usuários.

Após a instalação, deve-se fazer um cadastro das obras a serem analisadas por meio de um site hospedado na intranet ou em uma página restrita da empresa. Todos os dados devem ser lançados no sistema com os seus respectivos nomes de projeto (Figura 4).

Os responsáveis pelo uso do aplicativo devem ter seus cadastros realizados na base de dados através do site. Os dados de *login* serão validados na base de dados a partir de uma conexão com a internet para se ter acesso a sua primeira tela funcional.

Fez-se uma gestão dos dados de modo que o aplicativo possa ser usado *online* ou *offline*, sendo que a transferência dos dados para o servidor é feita quando houver uma conexão. Além disso, é permitido o uso para análise e coleta para vários usuários simultaneamente. A tela inicial na qual se efetua o *login* para acesso é apresentada na Figura 5a. Após o *login*, são listadas as obras cadastradas no sistema (Figura 5b).

Obra:

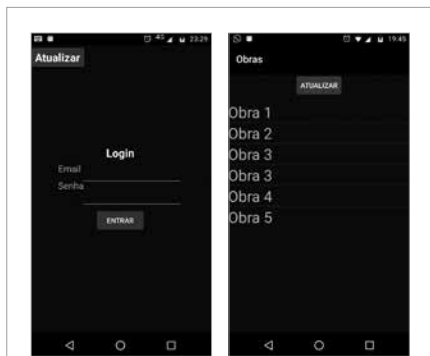
Torre:

Pavimento:

Tipo de Estrutura:

Estrutura:

► **Figura 4**  
Tela de cadastro das estruturas no site (fonte: autores)



a

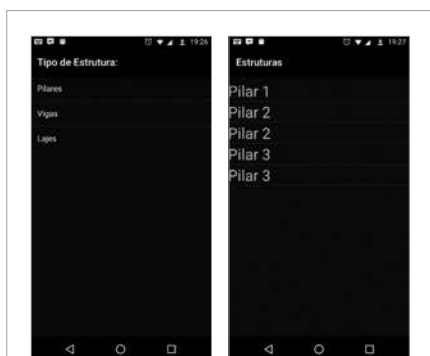
b

► **Figura 5**

(a) Tela inicial do aplicativo;  
(b) Obras cadastradas no sistema (fonte: autores)

Ao acessar a obra desejada, aparecerão as informações sobre as torres existentes para essa obra.

O desenvolvimento do projeto estrutural leva em consideração as repetições. Se uma obra possui mais de uma torre igual, o projeto será o mesmo. Para se ter o controle de todas as peças é preciso fazer o acompanhamento separado das peças das diferentes torres e, portanto, devem ser inseridas na base de dados todas as torres, independente de terem o mesmo projeto.



a

b

► **Figura 6**

(a) Tipos de peças estruturais;  
(b) Peças estruturais cadastradas (fonte: autores)



► **Figura 7**

Tela do *check list* (fonte: autores)

### 3.3 Coleta de dados utilizando o aplicativo

Após selecionar a torre desejada, aparecerão as informações dos pavimentos. Também, devido as repetições utilizadas nos projetos, é necessário o lançamento de todos os pavimentos. Selecionado o pavimento, o usuário poderá decidir entre pilares, vigas ou lajes (Figura 6a). Após selecionado o tipo de estrutura desejado, todas as peças estruturais do pavimento que pertencem a categoria selecionada serão listadas na tela (Figura 6b).

Com a escolha da peça desejada, o usuário poderá realizar o *check list* (Figura 7).

Após a verificação dos itens do *check list* nas determinadas peças, deve se clicar no botão “NÃO” (botão padrão na cor cinza, indicando que o item não foi respondido) para responder o item como “SIM”, “NÃO” ou “Não se Aplica”, conforme Figura 8.

O campo “Foto” é usado para se obter um registro visual e ilustrativo do problema ou até mesmo um registro de referência. O campo “Observação” é usado para relatar o que houve, sugerir melhorias ou reparos, especificar algum item ou qualquer outra informação adicional. Esses campos podem ser

visualizados facilmente através de um relatório gerado em uma página web.

A tela de *check list* do aplicativo é composta por 6 abas (Fôrmas, Aço, Concreto, Juntas de concretagem, Cura e Desforma). Antes de passar de uma aba para outra, deve-se clicar no botão “Armazenar Dados” para que os dados preenchidos na tela atual não sejam perdidos.

O questionário deve ser respondido durante toda a execução da obra, podendo utilizar-se de observações ou fotos quando necessário.

### 3.4 Visualização dos dados

No site, os dados podem ser vistos em formas de relatórios ou gráficos, servindo de base para a tomada de decisões durante a obra ou em obras futuras.



► **Figura 8**

Tela do *check list* com as informações preenchidas (fonte: autores)





São gerados gráficos de barras com quantidades de falhas em obras, relatório do *check list* de uma determinada obra (filtro por obra, torres, pavimentos) e de estruturas (pilares, vigas e lajes), com dados absolutos e porcentagem, seguido por uma tabela detalhada contendo os requisitos não conformes ou detalhados com uma observação ou foto.

## 4. INSTALAÇÃO E UTILIZAÇÃO DO APLICATIVO NA OBRA-PILOTO

### 4.1 Instalação

Inicialmente instalou-se o sistema em um computador da empresa, construtora da obra-piloto, e criou-se os usuários e senhas das pessoas que terão acesso tanto ao uso quanto a avaliação do desempenho das atividades. Após o cadastro, o estagiário responsável cadastrou os dados da obra no sistema: número de torres, pavimentos e estruturas, bem como as peças de cada estrutura (pilar, viga, e laje), por pavimento. Essa diferenciação se faz necessária, pois existe um projeto único para as duas torres, e único por pavimento, o que leva a nomenclatura

de todas as peças de um determinado pavimento ser repetida.

Em seguida, instalou-se o aplicativo no celular da engenheira (Figura 9) e mestre de obras, pois o acompanhamento, verificação e aprovação das etapas foram feitos pela engenheira e, na sua ausência, pelo mestre.

### 4.2 Resultados

Durante a aplicação do *check list*, alguns itens assinalados como “não conformes” tiveram ações imediatas e, neste caso, se realizou o registro fotográfico diretamente pelo aplicativo e a emissão de relatório. Como ação corretiva e preventiva, a engenheira reuniu a equipe para uma breve discussão e orientação da forma de melhorar ou evitar os erros detectados (itens não conformes), seja por conta do material, da mão de obra ou de equipamentos, impedindo que a falha persistisse em outras peças. Alguns itens e observações foram direcionados apenas aos líderes das equipes ou mestre de obras, ou outros setores, como suprimentos, engenharia, planejamento, e que devem ser tratados conforme a política de cada empresa. Na sequência são apre-

sentados alguns exemplos de ações corretivas e preventivas após detecção das não conformidades registradas no aplicativo. A ilustração destas não conformidades poderá ser vista na Figura 13, que apresenta um exemplo de relatório a ser consultado pelas equipes da empresa construtora.

#### 4.2.1 SERVIÇO DE ARMAÇÃO

A obra foi iniciada sem a conclusão dos projetos de estrutura e optou-se por utilizar aço pré-cortado/pré-dobrado. Durante a utilização do *check list* por meio do aplicativo, no item conferência do aço para armaduras, fez-se registro fotográfico comprovando que a equipe realizou a sua conferência, porém norteada pela última revisão de projeto presente na obra, não definitiva. Assim, se registrou que a utilização do aço seguia um determinado projeto e que este não estava finalizado, indicando a necessidade de nova conferência com base no projeto definitivo, o que ocorreu posteriormente. Este procedimento gerou um relatório com base nas observações feitas no aplicativo, sendo este enviado ao projetista responsável para avaliação e eventual reforço ou adequação das armaduras. Também se registrou, por meio do aplicativo, a falha existente entre cronogramas de projetos e execução. Como forma de reparar este item, a compra do aço para os demais pavimentos somente seria realizada com base no projeto definitivo, decisão acordada entre os envolvidos (construtora e projetista) em uma reunião.

Também, em relação ao aço, detectou-se a sua estocagem de maneira inadequada (barras em contato com o solo), além da presença de barras com processo de oxidação nas fôrmas. A



► **Figura 9**  
Tela do *check list* instalado (fonte: autores)

partir deste registro no aplicativo, a equipe foi reunida para orientação quanto às boas práticas de estocagem deste material e a necessidade da sua limpeza antes das peças serem concretadas.

#### 4.2.2 FÔRMAS

Após a inspeção (aplicação do *check list*) por meio do aplicativo, se constatou que as fôrmas não estavam estanques, fazendo com que o concreto, ao ser lançado, escorresse. Além deste item não conforme, se verificou também que essas apresentavam deformação devido ao grande número de reutilização, resultando em variação dimensional das peças a serem concretadas. Assim, a engenheira entrou em contato com a equipe de suprimentos da construtora, que visualizou o relatório gerado pelo aplicativo, para que fossem tomadas as devidas providências junto ao fornecedor. Neste caso, as fôrmas foram substituídas.

#### 4.2.3 FUROS NAS LAJES

Registrou-se, por meio do aplicativo, o posicionamento incorreto dos furos das lajes devido ao uso de versão desatualizada do projeto de estruturas. Como medida corretiva, a engenheira entrou em contato com o departamento de projetos da empresa que, ao acessar o relatório emitido pelo aplicativo, confirmou a não conformidade e imediatamente encaminhou a última versão do projeto para as devidas correções antes da concretagem, sendo este fato resolvido no dia seguinte, evitando que outros furos fossem executados em posições errôneas, atestando a eficiência do aplicativo na resolução dos problemas de forma ágil e documentada.

#### 4.2.4 DISCUSSÃO DAS NÃO CONFORMIDADES

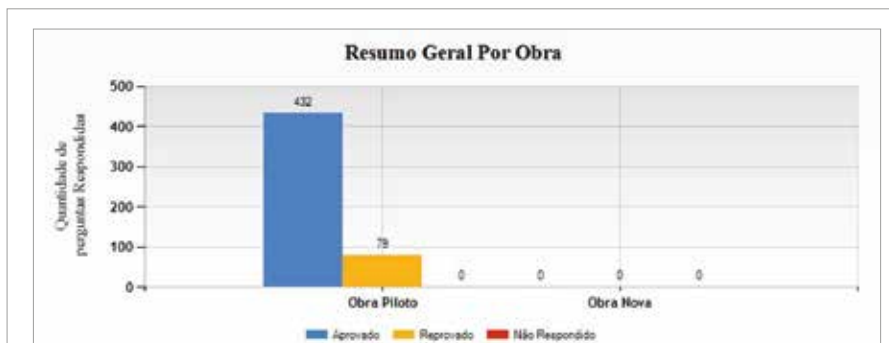
Além dos itens não conformes destacados anteriormente, o uso do aplicativo na obra-piloto permitiu registrar outras situações, tais como: falta de proteção das armaduras por meio de caminhos e passarelas; falta de plano de concretagem; e desforma das peças sem os devidos cuidados para a preservação das fôrmas.

Tais situações foram sanadas assim que averiguadas, por meio da orientação imediata à equipe de execução, realização de treinamentos e reuniões específicas.

Em todas estas opções de atuação, o uso do aplicativo foi de fundamental importância, pois as não conformidades ficaram registradas neste

e serviram de exemplos a não serem seguidos por outras equipes de execução da empresa.

Assim, o aplicativo é uma ferramenta interativa para uso na obra, possibilitando que as ocorrências (não conformidades) sejam verificadas pelos profissionais da empresa (equipe de execução, dos departamentos de suprimentos, qualidade, projetos, orçamento) da construtora. Além deste aspecto, destaca-se também, como vantagem do seu uso, a organização dos dados de forma estruturada e simplificada (inclusive com registro fotográfico), de fácil acesso por meio de dispositivos móveis (tablets e celulares), em detrimento à forma usual de verificação por meio de preenchimento dos dados em planilhas impressas em papel, além de os registros ficarem

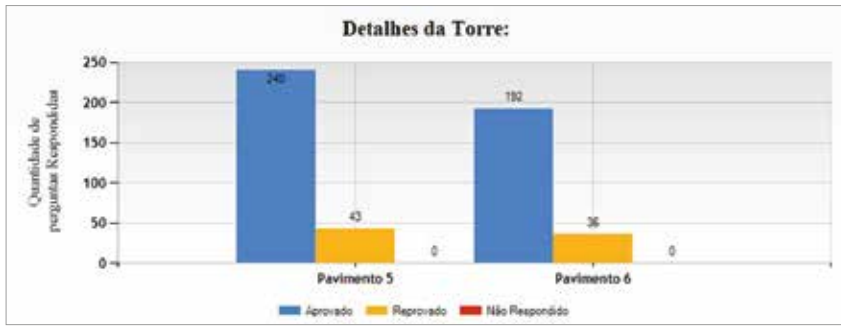


► **Figura 10**  
Gráfico gerado pelo aplicativo – comparação por obra (fonte: autores)



► **Figura 11**  
Gráfico gerado pelo aplicativo – comparação por torre (fonte: autores)





► **Figura 12**  
Gráfico gerado pelo aplicativo – comparação por pavimento (fonte: autores)

armazenados em um único banco de dados, podendo ser acessado em qualquer momento para efeito de rastreamento ou identificação de boas práticas para fins de treinamento das equipes.

#### 4.2.5 GERAÇÃO DE GRÁFICOS E RELATÓRIOS

Além das vantagens listadas anteriormente, o aplicativo gera relatórios e gráficos, com valores absolutos dos

itens aprovados, reprovados e não respondidos, úteis à tomada de decisão por parte dos gestores.

Nas Figuras 10, 11 e 12 são apresentados os gráficos gerados para a obra-piloto, em que são mostrados os valores absolutos dos itens aprovados, reprovados e não respondidos, comparados por obra, torre e pavimento, respectivamente.

Além dos gráficos, o aplicativo também gera relatório de itens não conformes levantados na obra, com as respectivas fotos e observações. Na Figura 13 é apresentado um exemplo de relatório da obra-piloto, cujo detalhamento das não conformidades e ações corretivas e preventivas foi apresentado nos itens 4.2.1, 4.2.2 e 4.2.3.

Item	Verificação	Observações	Fotos
Verificar a estanqueidade	Reprovado	Fôrmas de má qualidade e com muita reutilização	
Conferir os furos	Reprovado	Furos executados com posicionamento errado, pois o projeto está com revisão antiga	
Verificar a operação de estocagem (impedido de estar em contato com qualquer contaminante como solo, óleos, grachas, etc.)	Reprovado	Aço em contato com o solo	
Verificar a limpeza (livre de ferrugem e substâncias prejudiciais)	Reprovado	Barras com ferrugem	

► **Figura 13**  
Exemplo de relatório com os itens em não conformidade (fonte: autores)

## 5. CONCLUSÃO

A utilização do aplicativo na obra-piloto apresentou como vantagens: a organização dos dados de forma mais simplificada, o fácil armazenamento dos dados e de todas as anotações feitas durante o *check list*, inclusive fotos, economia de tempo de preenchimento, além de as informações estarem disponíveis em tempo real aos usuários sob a forma de gráficos e relatórios.

Outra vantagem apresentada é o uso *offline* do aplicativo, que não limita e não requer de internet para o seu uso.


O aplicativo contribui para uma comunicação mais rápida e eficaz, entre obra e diretoria, além de reduzir as falhas na comunicação, pois tudo é preenchido *online*, facilitando assim a resolução de problemas e no dinamismo do dia a dia.

O teste completo do aplicativo demandaria o uso do mesmo durante uma obra completa, ou até mesmo mais de uma obra, para análise dos

resultados obtidos com seu uso, e também para se criar uma base de comparação com obras anteriores. No caso deste trabalho, o período foi de 3 meses, tendo como foco o uso de um *check list* eletrônico confeccionado de acordo com as normas vigentes, a análise da facilidade de seu uso, a adesão cultural dos funcionários neste conceito, e não o resultado da qualidade final da obra, o que está de acordo com os objetivos propostos neste trabalho.

O uso de um *check list* normatizado e de pouca personalização facilita também a comparação de obras de diferentes empresas, o que pode, após um determinado período de uso, que os dados sejam aproveitados não só para estudo e melhoria focada em determinadas obras, mas também como uma análise estatística mais generalizada.

O sistema pressupõe que o inspetor esteja treinado e familiarizado com os procedimentos corretos de concretagem e que possa discernir em obra a

diferença entre o certo e o errado, uma vez que muitas operações de obra são julgadas subjetivamente com base a experiência anterior. O aplicativo somente terá efeito na melhoria da qualidade da concretagem ou da estrutura desde que todas as ações corretivas e preventivas sugeridas sejam implementadas. Do contrário, o aplicativo se constitui apenas por uma ferramenta de gestão de informações e dados, facilitando os controles e registros, sem interferir diretamente na qualidade final. 

## ▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14931: Execução de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.
- [2] ALVES, R. B. et al. Aplicação dos conceitos da qualidade no processo de execução de armaduras para estruturas de concreto armado na construção civil. XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Salvador, 2009.
- [3] MARANHÃO, G. M. Fôrmas para concreto: Subsídios para a otimização do projeto segundo a NBR 7190/97. Publicação: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2000.
- [4] PALHARES, R. A. et al. Execução de estruturas na civil. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia (CONTECC), Fortaleza, 2015.

# PRÁTICA RECOMENDADA IBRACON/ABECE

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

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

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

### AQUISIÇÃO

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

### DADOS TÉCNICOS

ISBN: 978-85-98576-28-2

**Edição:** 1ª edição

**Formato:** eletrônico

**Páginas:** 26

**Acabamento:** digital

**Ano da publicação:** 2017

**Coordenador:** Eng. Marco Antonio Carnio

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



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

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

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

Patrocínio



# A produtividade na execução de fôrmas varia por região do Brasil?

---

**UBIRACI ESPINELLI LEMES DE SOUZA** – PROFESSOR LIVRE DOCENTE/DIRETOR

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE CONSTRUÇÃO CIVIL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA USP – PRODUTIME/INDICON GESTÃO E TECNOLOGIA

---

**CAMILA SEIÇO KATO** – DIRETORA

INDICON GESTÃO E TECNOLOGIA

---

**ÍRIS LUNA MACEDO** – COORDENADORA DE PROJETOS MATRIZ

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL

---

**CLÁUDIA PEIXOTO** – PROFESSORA DOUTORA

DEPARTAMENTO DE ESTATÍSTICA DO INSTITUTO DE MATEMÁTICA E ESTATÍSTICA DA USP

---

**MARIANA PEREIRA DE MELO** – PROFESSORA DOUTORA

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BÁSICAS E AMBIENTAIS DA ESCOLA DE ENGENHARIA DE LORENA DA USP

## I. INTRODUÇÃO

A busca pela melhoria da produtividade é um caminho muitas vezes valorizado para o aumento da competitividade das empresas. Dentro deste contexto, o conhecimento dos fatores que fazem tal produtividade variar pode ser de grande valia para a gestão da construção de edificações, tornando os gestores que as concebem mais aptos a gerarem empreendimentos mais suscetíveis de obterem sucesso quando de sua implementação.

Olhando o problema de um ponto de vista nacional, muitas vezes se questiona se é possível comparar a produtividade ocorrida em diferentes regiões do país. Seria a variação da habilidade e esforço da mão de obra em uma dada região (que aqui se denominará “fator regional”) o grande determinante para uma melhor ou pior produtividade?

Estudos vêm sendo feitos ao longo do tempo tentando desvendar as varia-

ções de cunho puramente regional de produtividade, mas não têm chegado a uma conclusão precisa sobre isto, na opinião dos autores deste artigo. Citam-se, a seguir, estudos a este respeito ao longo dos últimos 20 anos.

Thomas et al (2000) realizaram um levantamento internacional sobre produtividade, estudando diversos serviços em diferentes países. Pesquisadores treinados na mesma técnica para avaliação da produtividade efetivaram dezenas de levantamentos em seus respectivos países e chegou-se à conclusão de que o efeito regional era algo muito menos importante que outros fatores.

Souza (2001) reúne informações sobre como estimar a produtividade em serviços variados de Construção, não discorrendo, no entanto, sobre o eventual efeito regional.

Pietlock (2006) apresenta um método para a comparação de custos de obras em diferentes países e, ao discorrer sobre diferentes produtividades

nas diferentes regiões, deixa a opção por sugerir números distintos para um especialista opinar; e, portanto, aventa a possibilidade de existência de tal diferença, mas não aponta a existência de conhecimento divulgado para tal consideração.

Outros autores nacionais também buscam avaliar a variação da produtividade sem, no entanto, discorrer sobre uma eventual diferença regional. Damião et al (2016), por exemplo, usa os indicadores de produtividade para comparar o esforço na execução de edificações com paredes de concreto em relação às estruturas reticuladas, mas, embora mostre que os esforços por metro cúbico de estrutura são bastante diferentes, não faz nenhuma alusão a influências regionais na eficiência do trabalho. Em estudo feito por um dos autores deste artigo, em Pernambuco, no âmbito de estudo induzido pela Comunidade da Construção, os valores de produtividade encontrados

chegavam a ser melhores que os da região de São Paulo, dados os fatores presentes, não valendo, neste estudo específico, a por vezes citada queixa de que as condições de clima menos ameno no Nordeste levaria a uma pior produtividade.

Internacionalmente falando, nos últimos anos vem-se revisitando a discussão do assunto, como se pode ver nos congressos internacionais do *CIB (International Council for Research and Innovation in Building and Construction)* e em publicações de grandes empresas de consultoria. Choy (2016) afirma que a comparação da produtividade entre diferentes economias é muito importante para se poder importar as posturas que levem ao melhor desempenho. Indica, ainda, que a Construção é caracterizada pela heterogeneidade e unicidade de seu produto, complexidade no processo de entrega e pela estrutura da indústria e especificidades do produto para cada país. Ao tentar, no entanto, explicar as diferenças de produtividade, aponta para uma relação muito forte com o poder de compra de cada região, olhando aspectos econômicos e não a produtividade física da mão de obra para executar uma mesma tarefa em diferentes países, comentando apenas que tal esforço varia conforme se tenha soluções realizadas parcialmente fora do canteiro ou dependendo da utilização de insumos pré-fabricados. MGI (2017) comenta que a “Construção tem crescido em média 1% ao ano nos últimos 20 anos, enquanto a economia mundial como um todo cresce anualmente 2,8% e a manufatura atinge crescimento de 3,6% anual”. E, ao tentar analisar as causas desta variação, o MGI aponta

para variadas razões (regulamentos do setor, formato dos contratos, projeto, suprimentos e cadeia produtiva, técnicas de construção, necessidade de melhorar a tecnologia e buscar inovações, treinamento dos operários) sem apontar para uma diferença regional que esteja atrelada às características das pessoas de tais regiões ou a outro aspecto geográfico.

Dentro deste contexto, este artigo procura trazer maiores informações sobre a relevância do “fator regional” em determinar a produtividade, num estudo exploratório usando um dos serviços mais relevantes na construção brasileira.

## **2. OBJETIVO, DELIMITAÇÃO DO ESCOPO E MÉTODO DE PESQUISA**

Como hipótese inicial de pesquisa a ser testada (comprovada ou desmentida), considerou-se que o fator regional é um grande indutor da produtividade da mão de obra. Assim, imagina-se que a execução de uma obra, com o mesmo projeto de produto e de processo, implantada com a mesma organização do trabalho, levaria a produtividades diferentes, na medida em que tal obra fosse localizada em diferentes regiões do Brasil, ou seja, por conta das condições climáticas e/ou socioeconômicas distintas vigentes.

Para testar esta hipótese, escolheu-se o serviço de fôrmas (relevante em termos de custos, qualidade e demanda por mão de obra, além de presente em todas as regiões devido a ter-se a estrutura de concreto moldada “in loco” como um dos principais métodos para se executar a estrutura de edifícios). E, em particular, para melhor delimitar o escopo do trabalho (minimizando a dificuldade em se avaliar especificamente

o fator regional), limitou-se a análise às fôrmas para pilares.

Com o suporte do conhecimento conceitual sobre produtividade e utilizando os princípios do Modelo dos Fatores, delineou-se um método de coleta de dados a ser utilizado nas diferentes obras a serem estudadas (em diferentes regiões do país). Efetivou-se uma significativa coleta de dados: 22 obras estudadas em 3 regiões do país (Centro-Oeste, Norte/Nordeste e Sul/Sudeste).

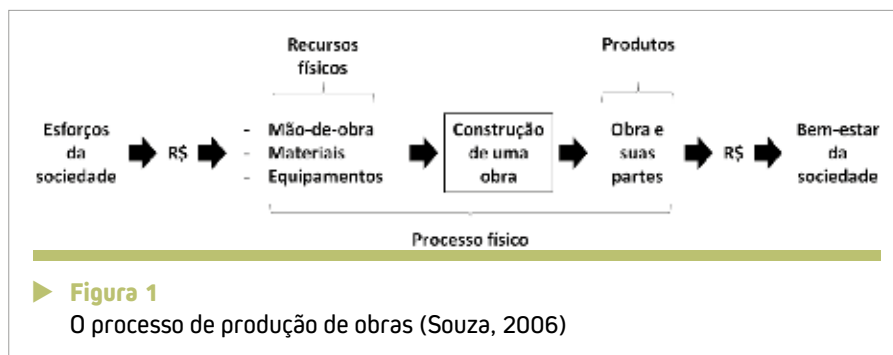
A coleta de dados baseou-se na permanência contínua de um(a) coletor(a), previamente treinado(a), para apropriação contínua das horas de trabalho disponíveis da equipe de fôrmas, permitindo a separação do tempo dedicado às fôrmas de pilares em relação aos demais componentes da estrutura. Cada uma das obras teve ainda levantados os “fatores” (ver discussão sobre o Modelo dos Fatores no texto adiante) que se imaginava poderem influenciar a produtividade (dentre eles, o “fator regional”).

Os dados coletados foram tratados com procedimentos de base estatística e à luz dos princípios advindos do Modelo dos Fatores, gerando uma análise, a ser apresentada ao longo do texto, visando comprovar ou não a hipótese de pesquisa sendo testada (sobre a influência do fator regional na produtividade).

## **3. CONCEITOS RELATIVOS À PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA**

De acordo com Souza (2006), produtividade é a eficiência (e, na medida do possível, a eficácia) na transformação de entradas em saídas que cumpram os objetivos de um dado processo.





Em termos da construção civil, as entradas e saídas podem ser de diferentes naturezas (Figura 1):

- ▶ Natureza mais física: no caso das entradas, têm-se a mão de obra, os materiais e equipamentos, que geram os resultados físicos caracterizados pela própria edificação;
- ▶ Natureza mais financeira: no caso das entradas, tem-se o dinheiro necessário para a aquisição dos recursos físicos que se transformam na edificação e que, por sua vez, quando comercializada, também gera recursos financeiros;
- ▶ Natureza mais social: a entrada seria o esforço da sociedade em gerar os recursos a serem utilizados na construção, que, por sua vez, retorna benefícios à sociedade (como, por exemplo, habitações, hospitais, estradas etc.).

Assim, no caso da produtividade de mão de obra em construção com foco mais físico, as entradas seriam as horas trabalhadas e, as saídas, os produtos de construção.

O indicador utilizado para mensurar a produtividade da mão de obra é denominado razão unitária de produção (RUP) e relaciona o esforço humano, avaliado em Homens x hora (Hh), com a quantidade de serviço (QS) realizado. Matematicamente, tem-se:

$$RUP = \frac{Hh}{QS}$$

De acordo com Souza (2006), uma vez que se pretenda padronizar a avaliação da RUP, há que se padronizar quatro aspectos:

- ▶ A definição de quais operários estão inseridos na avaliação: podem-se contemplar apenas os oficiais, a mão de obra direta (oficiais e ajudantes que atuam diretamente no serviço em análise) ou a mão de obra global da equipe (quando o esforço de apoio é acrescido ao da mão de obra direta);
- ▶ A quantificação das horas de trabalho: pode-se avaliar apenas o tempo produtivo (no qual o operário está executando o serviço, não considerando pausas nem deslocamentos), ou pode-se avaliar o tempo disponível (tempo total em que o operário está presente no canteiro e se consideram incluídas pausas e deslocamentos);
- ▶ A quantificação das saídas resultantes do serviço realizado: pode-se utilizar a quantidade líquida, bruta, ou equivalente, por exemplo;
- ▶ O período de tempo ao qual se refere a RUP: o período de medição pode ser diário, acumulado, cíclico (por exemplo, ciclo de execução do pavimento) ou utilizar um período determinado.

É importante salientar que, caso essas padronizações não sejam feitas, pode-se ter erros de comparações de

produtividade, principalmente quando os resultados forem de fontes distintas.

Souza (2006) afirma, ainda, que a RUP pode ter variações de valor para um dado serviço, mesmo fazendo-se a mensuração padronizada. Tal variação pode ser explicada pelo Modelo dos Fatores.

O Modelo dos Fatores estuda as causas das variações da produtividade e seu peso relativo em relação aos valores de RUP. Tais variações ocorrem devido à presença e intensidade de fatores identificáveis.

Tais fatores podem ser classificados em:

- ▶ Fatores ligados ao conteúdo: relacionados a componentes físicos do trabalho, especificações exigidas e detalhes de projeto, entre outros;
- ▶ Fatores ligados ao contexto: relacionados ao ambiente de trabalho e a como ele é organizado e gerenciado;
- ▶ Anormalidades: fatores que não são considerados presentes nas condições normais de trabalho, podendo ser exemplificados como uma chuva torrencial, quebra da grua, etc.

De acordo com Souza (2001), os fatores podem, ainda, ser quantitativos, avaliados por mensurações (como a seção dos pilares, por exemplo), ou qualitativos, quando se faz avaliação da presença ou não do fator (como o uso de grua ou não, por exemplo).

Para prever a produtividade, utilizando o Modelo dos Fatores, Souza (2001) afirma ser necessário entender a variação dos seus valores conhecendo os fatores e a intensidade da influência que induzem.

Deste modo, pretende-se, no presente artigo, avaliar se a região onde uma dada obra está localizada é um fator impactante na determinação da RUP, aplicando a Metodologia do

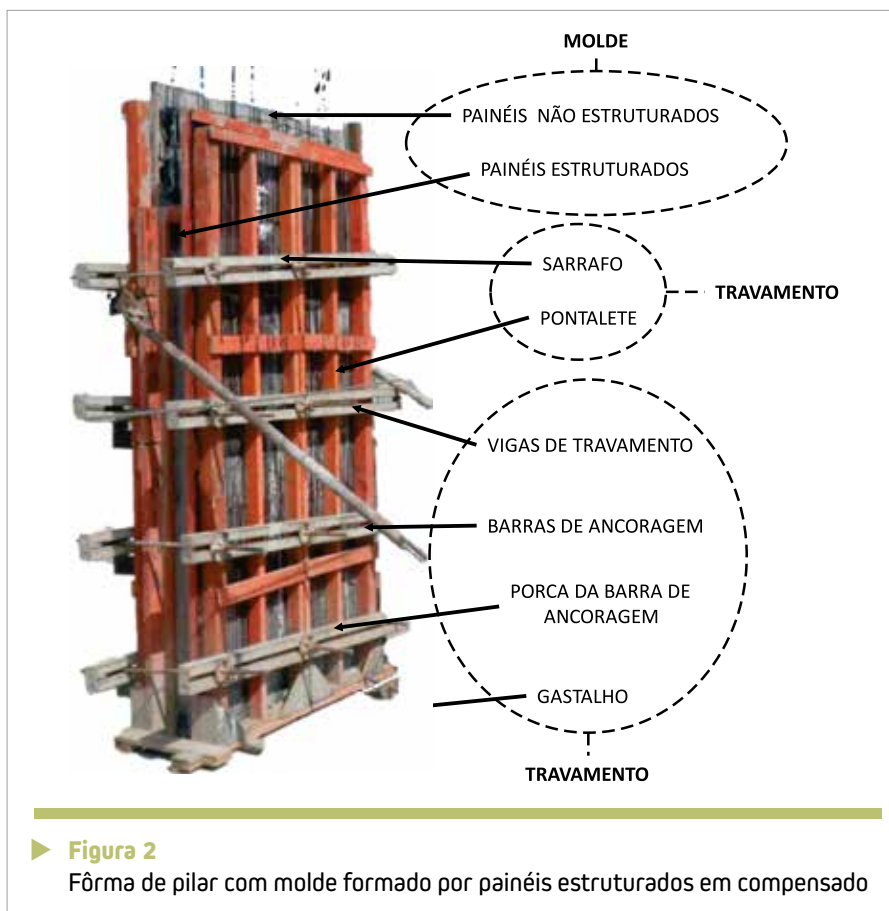
Modelo dos Fatores, para o serviço de execução de fôrmas para pilares.

#### 4. O SERVIÇO DE FÔRMAS

De acordo com a ABNT NBR 14931:2004, a execução de estrutura de concreto armado engloba os serviços de fôrmas, armaduras, concretagem e cura.

No que se refere ao sistema de fôrmas, a ABNT NBR 15696:2009 o define como “estruturas provisórias que servem para moldar o concreto fresco, resistindo a todas as ações provenientes das cargas variáveis resultantes das pressões do lançamento do concreto fresco, até que o concreto se torne autoportante”. Desse modo, os elementos que o compõem devem garantir a rigidez para assegurar o formato e as dimensões das peças projetadas e devem ser estanques de modo a impedir a perda de pasta de cimento.

O sistema de fôrmas pode ser dividido em três partes básicas: molde, cimbramento e acessórios. No caso dos pilares, os autores destacaram que o molde é formado por painéis laterais e de fundo; o cimbramento é formado por travamentos e mãos francesas e os acessórios seriam as peças auxiliares que garantem a funcionalidade dos demais elementos. É importante frisar que, no caso dos pilares, há diferentes tipos de travamentos: as gravatas, que são peças que “abraçam” todos os painéis; os gastalhos, que são gravatas de pé de pilar, que locam o pilar e são responsáveis por conter o empuxo do concreto na parte inferior da fôrma; os tirantes, que também resistem à tração do empuxo do concreto, podendo ser barras de ancoragem com porcas, ou tensores presos com cunhas metálicas; e as grades, que, associadas aos moldes, auxiliam no travamento do sistema. A Figura 2 ilustra as partes das fôrmas de pilares que utilizam painéis estruturados (com uso de compensado).



► **Figura 2**  
Fôrma de pilar com molde formado por painéis estruturados em compensado

A execução das fôrmas de pilares passa, geralmente, pelas seguintes etapas:

- Após a conferência dos eixos, faz-se a locação e a fixação do gastalho;
- Retiram-se as grades e painéis dos pilares do andar anterior (desmolda-

gem, caso não seja a primeira montagem das fôrmas);

- Após limpeza, colocam-se as grades dos painéis no interior do gastalho, fazendo-se uso de escoras inclinadas para sua contenção;
- Colocam-se três painéis dos pilares (antes da colocação da armação);

RUPequipe	
Diminui	Aumenta
Pilares nivelados através dos painéis	Pilares nivelados através do nivelamento dos gastalhos
Prumo dos pilares através dos pontaletes	Prumo dos pilares através dos painéis
Maiores seções medianas dos pilares	Menores seções medianas dos pilares
Utilização de laser na locação dos pilares	Locação convencional dos pilares
Utilização de barras de ancoragem	Utilização de tirantes perdidos
Utilização de tirantes predominantemente externos	Utilização de tirantes predominantemente internos

► **Figura 3**  
Fatores que influenciam a produtividade de fôrmas de pilares (SOUZA, 2001)





- e) Monta-se o quarto painel, após a armação;
- f) Realiza-se a conferência do prumo dos pilares montados.

No trabalho de Souza (2001), há resultados de indicadores de produtividade para diferentes serviços, incluindo

do fôrmas para estrutura de concreto armado. De acordo com análises feitas pelo autor, no caso de fôrmas para pilares, foram identificados os fatores que fizeram a produtividade variar. A Figura 3 mostra os principais fatores identificados que, se presentes, fazem com que a

RUP tenda a diminuir (produtividade melhorar) e aumentar (produtividade piorar).

A publicação de Souza et al. (2017) apresenta uma faixa de variação da RUP para fôrmas com ilustrações dos fatores que influenciaram os valores (Figura 4).

## 5. ESTUDOS DE CASO

Para analisar se a diferença regional é um fator impactante na definição da produtividade de mão de obra, estudaram-se coletas de dados feitas para o serviço de fôrmas em diferentes cidades brasileiras.

Tais coletas foram realizadas no contexto de um trabalho realizado pela Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia (FDTE) para a Caixa Econômica Federal, no período de 2012 a 2017, no qual foram aferidas cerca de 5.000 composições de preços de diferentes serviços da Construção Civil para o Sistema Nacional de Pesquisas de Custos e Índices da Construção Civil. No site do SINAPI (2019), podem ser vistas todas as composições que foram desenvolvidas.

Como anteriormente citado, foram definidas três categorias de regiões nesta pesquisa, representando a divisão do país em 3 macrorregiões a serem comparadas em termos de sua produtividade.

### 5.1 DADOS COLETADOS

As coletas foram realizadas utilizando formulários padronizados em todas as cidades e seu processamento e análise foram feitos por profissionais da FDTE, coordenados pelo Dr. Ubiraci Espinelli Lemes de Souza, utilizando padrões de cálculo uniformizados com base nas ideias anteriormente apresentadas neste trabalho.

Além de coletar as produtividades e as localizações das obras (em termos



das três categorias de regiões brasileiras; e com representação binária, com avaliação do tipo 1 = caracterização presente ou zero = caracterização ausente), foram levantadas informações sobre os seguintes fatores:

- ▶ Dimensão dos pilares: tal fator foi avaliado através do cálculo da área característica (A carac) da fôrma dos pilares do ciclo de execução medido (é dada pela média geométrica das áreas de todos os pilares do pavimento);
- ▶ Visão simplificada do efeito aprendido: avaliado atribuindo a cada medição se ela era da 1ª ou 2ª utilização do molde, ou se já seria o caso de uma terceira ou mais utili-

zações (representando a execução dos andares tipo a partir da 3ª efetivação dos mesmos).

O primeiro fator é do tipo “quantitativo” (avaliação em metro quadrado); já o segundo é do tipo “qualitativo” (caracterizado com uma avaliação binária, com realizações zero ou 1).

Esses aspectos representam fatores respectivamente associados à concepção do produto (tamanho dos pilares concebidos pelo projetista estrutural) e à organização do trabalho (plano de ataque levando a maior ou menor número de repetições, induzindo o efeito aprendido nos trabalhadores).

A Tabela 1 reúne os dados relativos às obras estudadas, tanto em termos

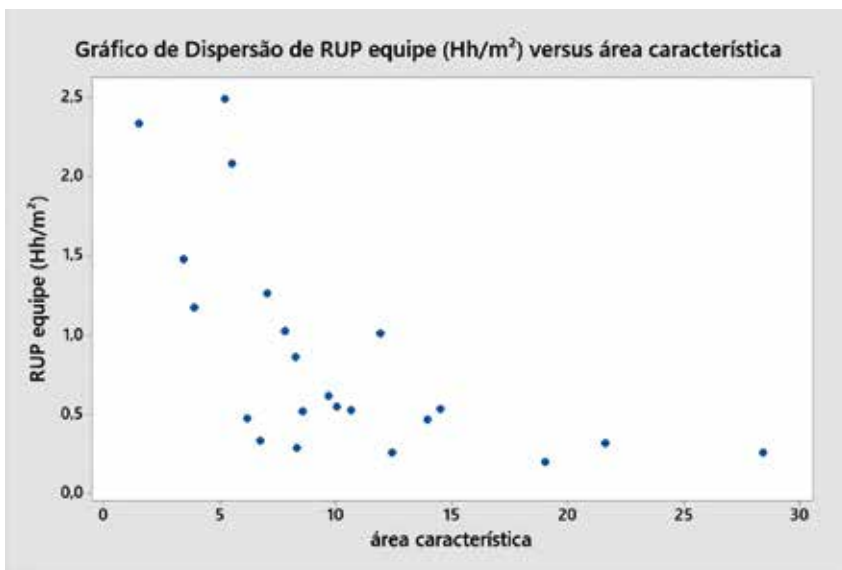
da produtividade medida, quanto dos fatores que foram considerados de interesse pelos pesquisadores em termos de avaliação das causas da variação da produtividade. Os dados se referem à execução de fôrmas de pilares que utilizam painéis estruturados (com uso de chapas de madeira compensada e estruturas com madeira serrada).

É importante salientar que os dados de RUP mostrados na Tabela 1 são dados de medições cíclicas para a equipe envolvida, ocorridas em dias produtivos, e não consideram perdas de produtividade inerentes à construção, devidas, por exemplo, a falta de frente, dias parados, ciclos incompletos etc. Assim, tais valores divergem

▶ Tabela 1 – Dados advindos da pesquisa de campo

Nº obra	RUP equipe (Hh/m²)	Fatores			
		Região	1ª ou 2ª utilização?	A carac (m²)	1/ A carac (1/m²)
1	0,20	2	não (0)	18,99	0,053
2	2,09	2	sim (1)	5,48	0,182
3	1,01	2	sim (1)	11,88	0,084
4	2,49	1	sim (1)	5,19	0,193
5	1,26	1	não (0)	7,01	0,143
6	0,29	2	não (0)	8,30	0,120
7	1,03	3	não (0)	7,81	0,128
8	1,48	1	sim (1)	3,40	0,294
9	0,87	3	sim (1)	8,25	0,121
10	0,32	1	não (0)	21,60	0,046
11	0,53	1	sim (1)	14,49	0,069
12	0,33	3	não (0)	6,71	0,149
13	1,17	3	não (0)	3,89	0,257
14	2,34	3	sim (1)	1,51	0,662
15	0,61	3	não (0)	9,69	0,103
16	0,47	3	não (0)	6,18	0,162
17	0,52	1	não (0)	8,56	0,117
18	0,47	1	não (0)	13,92	0,072
19	0,55	1	não (0)	10,00	0,100
20	0,53	1	não (0)	10,61	0,094
21	0,26	1	não (0)	12,43	0,080
22	0,26	1	não (0)	28,42	0,035





► **Figura 5**  
RUP equipe em função da área característica

daqueles publicados nas composições do SINAPI, pois, nas publicações, a estes dados “limpos”, foram adicionados “acréscimos de RUP” (“deltas”) que consideram tais perdas (que também foram medidas nas obras estudadas).

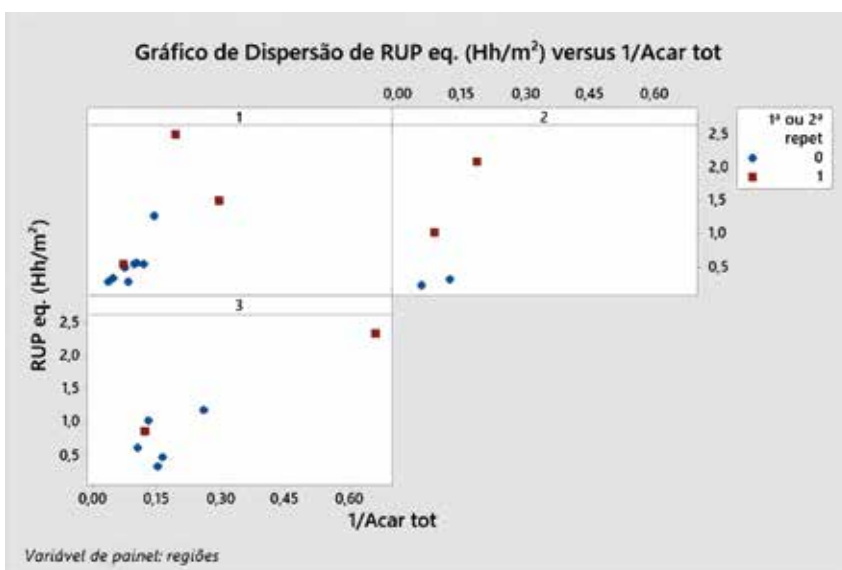
As produtividades medidas mostraram valores bastante diferentes para o

conjunto de casos, tendo-se calculado RUPs indo de um valor mínimo de 0,20Hh/m<sup>2</sup> a um máximo de 2,49Hh/m<sup>2</sup>, tendo um valor mediano de 0,54Hh/m<sup>2</sup>. Tal grandeza da variação reforça a afirmação, feita anteriormente, de que é importante entenderem-se as razões que fazem a produtividade variar para se

poder tomar melhores decisões visando a eficiência do processo construtivo.

Os dados coletados abrangem, ainda, “realizações” bastante distintas quanto às variáveis (fatores) que se pretende analisar. São 22 obras que estão distribuídas pelas 3 regiões em estudo (11 na região 1, 4 na região 2 e 7 na região 3). A área característica (A carac) vai de um valor mínimo de 1,51m<sup>2</sup> a um máximo de 28,42m<sup>2</sup>, tendo por valor mediano 8,43m<sup>2</sup>. Mais que isso, a Figura 5 reforça a curiosidade sobre a influência deste fator na produtividade, ao mostrar uma tendência de redução da RUP com o aumento da área, levando os autores a decidir explorar o fator 1/A carac.

Dentre os casos analisados, em 7 deles se deparou com a 1<sup>a</sup> ou 2<sup>a</sup> execução do jogo de fôrmas, sendo que em outros 15 casos se avaliou a produtividade após ter-se repetido mais vezes o uso do jogo de fôrmas, testando o “efeito aprendido”, muitas vezes citado como grande influenciador da produtividade.



► **Figura 6**  
Análise conjunta dos fatores por meio de gráficos de dispersão

## 5.2 PROCESSAMENTO E ANÁLISE

Vai-se buscar explicar a variação da produtividade, como já comentado, com base no estudo do efeito dos seguintes fatores: a) região do Brasil; b) área característica; e c) 1<sup>a</sup> ou 2<sup>a</sup> utilização do jogo de fôrmas.

A Figura 6 apresenta, conjuntamente, os gráficos de dispersão relativos aos 3 fatores. Esta mostra a força da 1<sup>a</sup> ou 2<sup>a</sup> utilização (“pontos” em vermelho) e a tendência de aumento da RUP com aumento de 1/A carac em todas as regiões. Tem-se, ainda, uma percepção visual de que os efeitos da 1<sup>a</sup> ou 2<sup>a</sup> utilização e da área característica

acontecem semelhantemente nas regiões 1, 2 e 3, apontando um provável efeito não relevante de tais regiões (ou, em outras palavras, do fator regional).

Fez-se uso de regressão linear para explorar de maneira mais consistente a relevância ou não das variáveis em estudo. Tendo por variável dependente a RUP da equipe, estudaram-se as variáveis de interesse com as seguintes abordagens:

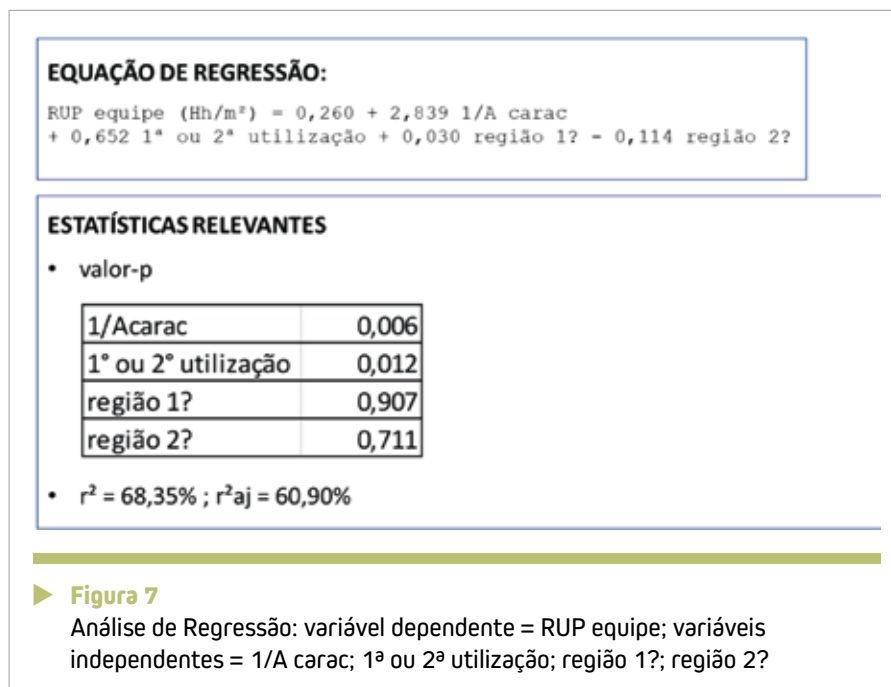
- ▶ Área característica com a consideração da variável quantitativa 1/A carac.;
- ▶ 1ª ou 2ª utilização como uma variável qualitativa (1 significa que se trata de um caso de 1ª ou 2ª utilização do jogo de fôrmas; zero significa o oposto, isto é, que se teria um caso com pelo menos a 3ª utilização de um mesmo jogo de fôrmas sendo avaliada);
- ▶ O fator regional foi representado com 2 variáveis qualitativas: ser ou não da região 1 e ser ou não da região 2 (no caso de “zeros” para as 2 variáveis citadas, significaria ocorrência de caso na região 3).

Indica-se, na Figura 7, o resultado da regressão linear rodada no programa Minitab.

Pode-se concluir, através dos “valor-p”, e assumindo-se que variáveis relevantes devam ter realizações deste indicador menores que 0,05, que o fator regional não é uma variável relevante, aparecendo como estatisticamente significativas as variáveis 1/A carac e 1ª ou 2ª utilização.

Eliminando-se, portanto, o fator regional, rodou-se uma nova regressão linear, com resultados indicados na Figura 8.

Os resultados mostrados confirmam a relevância dos fatores 1/A carac e 1ª ou 2ª utilização. A Figura 9 mostra os efeitos de tais fatores, sem separação das regiões, permitindo a visuali-



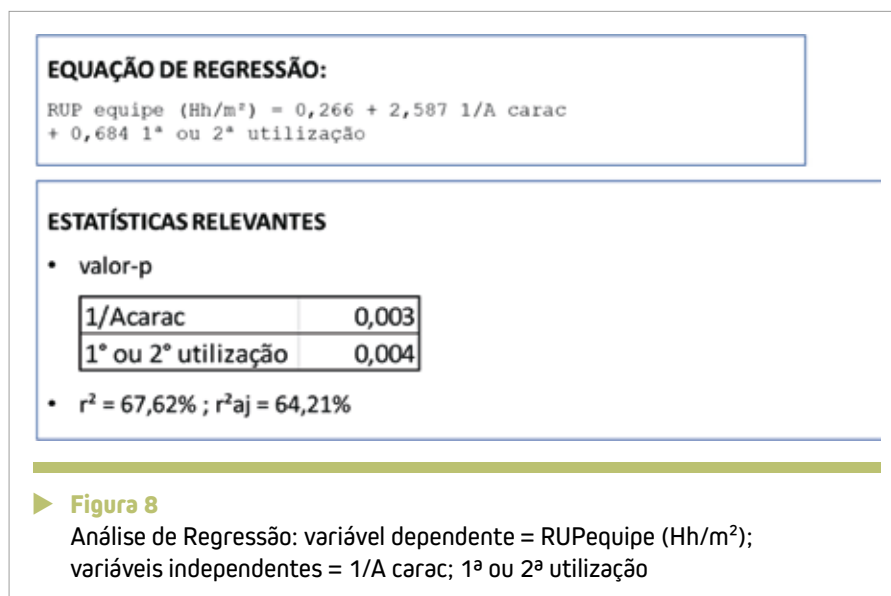
zação gráfica do que foi mostrado pela regressão linear.

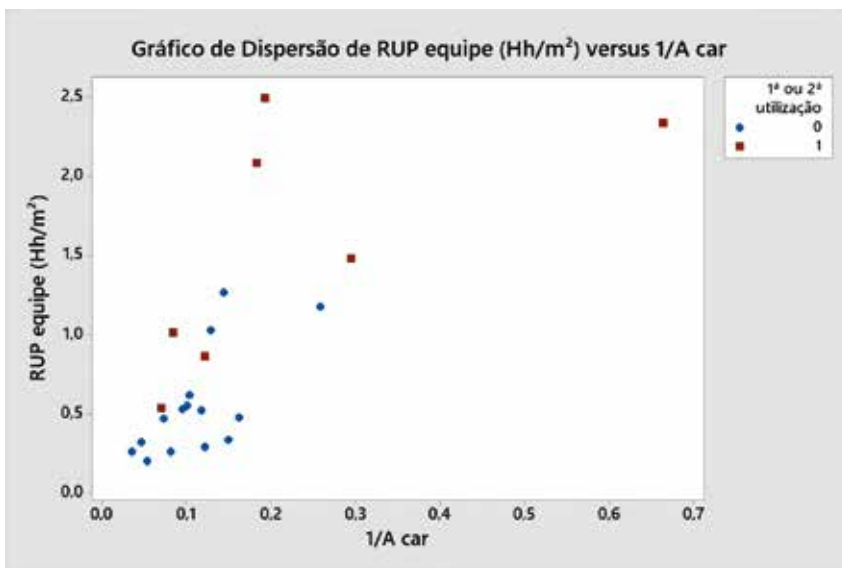
## 6. CONCLUSÕES

Os dados e seu processamento, anteriormente apresentados, sugerem que fatores ligados à concepção do serviço e a sua implementação são bem mais fortes que a localização geográfica da obra. Foi assim que, estatisticamente, viu-se uma relevância dos fatores ligados ao tamanho dos pilares (avaliado

através da medição da sua área característica) e do número de repetições sucessivas de execução de ciclos de fôrmas para estruturas de mesmo formato (avaliando o efeito aprendido em fôrmas); e detectou-se uma não relevância do fator regional, que não conseguiu ajudar na explicação da grande variação detectada para a produtividade.

Portanto, nesta pesquisa, a hipótese inicialmente aventada, quanto a se ter o fator regional como um grande indutor





► **Figura 9**  
RUPequipe em função dos fatores 1/A carac e 1ª ou 2ª utilização

da variação da produtividade, não foi comprovada, levando à suposição alternativa, qual seja, a de que o fator regional não seja importante para a determinação da produtividade na construção.

Cabe observar que, por vezes, uma determinada região, em função da adoção de uma tipologia geométrica específica para as estruturas e/ou o

uso de tecnologias menos avançadas, apareça com produtividade pior que outras regiões. Isto estaria claramente em concordância com as discussões feitas aqui, já que a razão do melhor ou pior desempenho seriam tais características (estas sim costumam variar regionalmente) e não a latitude/longitude de um determinado local.

Cabe ressaltar a limitação do trabalho, que se concentrou no estudo de um serviço específico (o de fôrmas para estruturas de concreto) e num único tipo de componente (pilares) da estrutura, sendo que, portanto, não se pode fazer generalizações do que foi mostrado por este trabalho.

Os autores, no entanto, sentem-se à vontade em sugerir que, em lugar de atribuir uma melhor ou pior produtividade às pessoas ou clima de uma dada região, os gestores se concentrem em melhorar o produto concebido, o processo adotado e a organização do trabalho preconizada para os serviços de Construção. Isto sim tem grande potencial de levar a situações de produtividade bastante melhorada para as obras de execução de estruturas de concreto.

## 7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Caixa Econômica Federal e à FDTE pela viabilização das condições para a efetivação da coleta e processamento dos dados aqui utilizados. ➤

## ► REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14931: Execução de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2004. 53 p.
- [2] \_\_\_\_\_ . NBR 15696: Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto - Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos. Rio de Janeiro, 2009. 27 p.
- [3] CHOY, F. Revisiting international comparisons of construction labour productivity. In: CIB World Building Congress 2016, Finlândia, Anais. Volume 4, p. 468-480.
- [4] DAMIÃO, M.T.; NASCIMENTO, T.G.O.; SOUZA, U.E.L.; KATO, C.S. Variação da produtividade da mão-de-obra em função da tipologia adotada para a estrutura de concreto armado. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16, 2016, São Paulo, Anais, p. 3609 – 3621.
- [5] MGI - MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE. Reinventing construction: a route to higher productivity. McKinsey & Company. 155 p. 2017.
- [6] PIETLOCK, B. A. Developing location factors by factoring - as applied in architecture, engineering, procurement, and construction. AACE International Recommended Practice No. 28R-03. 2006.
- [7] SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índice da Construção Civil. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx>>. Acesso em 30 de janeiro de 2019.
- [8] SOUZA, U. E. L. Método para a previsão da produtividade da mão-de-obra e do consumo unitário de materiais para os serviços de fôrmas, armação, concretagem, alvenaria, revestimentos com argamassa, contrapiso, revestimentos com gesso e revestimentos cerâmicos. 2001. 280 p. Tese (Livro Docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- [9] SOUZA, U.E.L. Como aumentar a eficiência da mão-de-obra – manual de gestão da produtividade na construção civil. Pini, São Paulo, 100 p. 2006.
- [10] SOUZA, U.E.L.; MORASCO, F.G.; RIBEIRO, G.N.B. . Manual básico de indicadores de produtividade na construção civil. Brasília, DF: CBIC, 2017. 92p.
- [11] THOMAS, H. R. ; HORNER, M. W. ; ZAVSKI, I. ; SOUZA, U. E. L. . Procedures manual for collecting productivity and related data of labor intensive activities on commercial construction projects: concrete formwork; steel reinforcement; masonry; structural steel. Pennsylvania: State College, Pennsylvania Transportation Institute. CIB, 2000 (Publicação Técnica).

## IBRACON na Estrada Gaúcha

A Regional do IBRACON no Rio Grande do Sul está com nova programação de seminários de atualização tecnológica em várias cidades do estado. O objetivo é divulgar as pesquisas científicas voltadas para o mercado da construção civil.

Com patrocínio das empresas Builder, Concretus, MC e Votorantim, e apoio do itt Performance, os seminários serão abertos ao público, sendo realizados das 19 às 22 horas.

Confira a programação:

▶ Canoas – 28 de março;

- ▶ Rio Grande – Abril;
- ▶ Santa Cruz do Sul – 9 de maio;
- ▶ Tramandaí – Maio;
- ▶ Bento Gonçalves – 6 de junho;
- ▶ Santa Maria – Agosto;
- ▶ Erechim – Setembro;
- ▶ São Leopoldo – Outubro.

## Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas

O XIII Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas vai acontecer de 11 a 13 de junho, no Centro de Culturas e Eventos do campus Samambaia da Universidade Federal de Goiás, em Goiânia.

Realizado sempre no âmbito da AN-TAC – Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, com promoção da Comunidade da Construção de Goiânia e da UFG, o evento técnico-científico sobre argamassas de

construção e revestimentos para edificações, será composto por palestras, apresentação de trabalhos, minicursos e exposição de produtos e serviços.

**Informações:**

[www.sbta2019.com.br](http://www.sbta2019.com.br)

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



### Ficha Técnica

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

Edição: 3ª edição

Páginas: 1760

Formato: 18,6 x 23,3 cm

Acabamento: Capa Dura

Ano de Publicação: 2017

Peso: 6,5 Kg



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

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

**Garanta seus exemplares!**

Acesse a Loja Virtual do IBRACON

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



# 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](http://www.ibracon.org.br)

 [facebook.com/ibraconOffice](https://facebook.com/ibraconOffice)

 [twitter.com/ibraconOffice](https://twitter.com/ibraconOffice)



IBRACON



**61°**  
CONGRESSO  
BRASILEIRO  
DO CONCRETO  
**IBRACON**  
**2019**

**15 A 18 OUT**  
**FORTALEZA - CEARÁ**

**DURABILIDADE DAS ESTRUTURAS DE  
CONCRETO - AVANÇOS TECNOLÓGICOS**

# MAIOR E MAIS IMPORTANTE FÓRUM TÉCNICO NACIONAL SOBRE A TECNOLOGIA DO CONCRETO E SEUS SISTEMAS CONSTRUTIVOS

## TEMAS

- ▶ Análise Estrutural
- ▶ Gestão e Normalização
- ▶ Materiais e Propriedades
- ▶ Materiais e Produtos Específicos
- ▶ Métodos Construtivos
- ▶ Projeto de Estruturas
- ▶ Sistemas Construtivos Específicos
- ▶ Sustentabilidade

## PROGRAMAÇÃO

- ▶ Conferências Plenárias
- ▶ Sessões Técnico-científicas
- ▶ Seminários e Mesas-Redondas
- ▶ Concursos Técnicos
- ▶ Cursos Master PEC
- ▶ Premiações

## COTAS DE PATROCÍNIO E EXPOSIÇÃO

- ▶ Excelentes oportunidades para divulgação, promoção e relacionamento
- ▶ Espaços comerciais na XV FEIBRACON – Feira Brasileira das Construções em Concreto
- ▶ Palestras técnico-comerciais no Seminário de Novas Tecnologias
- ▶ Inscrições gratuitas no evento para seus funcionários

## CONTATOS



11 3735-0202



office@ibracon.org.br



www.ibracon.org.br



ibraconOffice



ibraconOffice



IBRACON