

CONCRETO

& Construções

Ano LI
112
OUT-DEZ | 2023
ISSN 1809-7197
www.ibracon.org.br



PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETO

**SOLUÇÕES PARA EDIFICAÇÕES E OBRAS
DE INFRAESTRUTURA DO PASSADO,
DO PRESENTE E DO FUTURO**

ENTIDADES DA CADEIA

PERSPECTIVAS E DESAFIOS
DA CONSTRUÇÃO
INDUSTRIALIZADA

64º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO

COBERTURA DAS
ATIVIDADES DO MAIOR FÓRUM
NACIONAL TÉCNICO-CIENTÍFICO
SOBRE O CONCRETO

PERSONALIDADE ENTREVISTADA

DAVID FERNÁNDEZ-ORDÓÑEZ:
SECRETÁRIO-GERAL DA *fib*
(FEDERAÇÃO INTERNACIONAL
DO CONCRETO ESTRUTURAL)

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

ADITIVOS



fibras estruturais e adições para concreto

ARMADURA



EQUIPAMENTOS



ADIÇÕES



RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL



ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO



Escola Politécnica - USP



INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA

ESCRITÓRIOS DE PROJETOS



JUNTE-SE A ELAS

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

CONTROLE
TECNOLOGICO



PRE-FABRICADOS



Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto

CONCRETO



SUPERMIX



POLIMIX
CONCRETO

FÓRMAS



CONSTRUTORAS



CIMENTO



GOVERNO



EVENTOS



1ª EDIÇÃO
CONCRETESHOW

A FEIRA DO CIMENTO E CONCRETO PARA A CONSTRUÇÃO

TUBOS E
CONEXÕES



SUMÁRIO

64º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO

17 Congresso aposta em inovações da engenharia para a neutralidade do concreto



24 Conferências trouxeram os avanços em pesquisa sobre resistência ao fogo, durabilidade e sustentabilidade

27 IBRACON premia profissionais e entrega títulos na abertura do Congresso

31 IBRACON lança novas publicações técnicas

34 Concursos Estudantis movimentaram o 64º Congresso Brasileiro do Concreto

39 Eleição do Conselho Diretor e Diretoria do IBRACON

ESTRUTURAS EM DETALHES

40 Desafios da produção das bases pré-fabricadas em concreto de elevado módulo de elasticidade do acelerador Sirius – CNPEM



OBRAS EMBLEMÁTICAS

50 A pré-fabricação no projeto da UERJ: o papel das redes de socialização na implementação de um processo construtivo

57 Primeiro Campus no Brasil da WPP: Edificação sustentável na esfera da transformação criativa

PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

67 Aplicações do UHPC nas ligações de tabuleiros de pontes em concreto pré-moldado

INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

75 Processo produtivo de painéis arquitetônicos pré-fabricados de concreto



80 Métodos de construção acelerada de pontes e viadutos: conceitos e aplicações

INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO

85 Execução do reforço estrutural do barramento principal de usina hidrelétrica



CRÉDITOS DE CAPA

UM DOS EDIFÍCIOS DO CAMPUS NO BRASIL DA WPP

Seções

- 5** EDITORIAL
- 8** COLUNA INSTITUCIONAL
- 9** CONVERSE COM O IBRACON
- 10** PERSONALIDADE ENTREVISTADA: DAVID FERNÁNDEZ-ORDÓÑEZ
- 64** MANTENEDOR
- 73** ENTIDADES DA CADEIA
- 96** ENCONTROS E NOTÍCIAS
- 97** 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: 2.500 exemplares | Publicação trimestral distribuída gratuitamente aos associados

EDITOR-CHEFE

→ Prof. Oswaldo Cascardo

JORNALISTA RESPONSÁVEL

→ Fábio Luis Pedrosa — MTB 41.728
fabiolo@ibracon.org.br

PUBLICIDADE E PROMOÇÃO

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

PROJETO GRÁFICO E DTP

→ Gill Pereira
gill@elemento-arte.com

ASSINATURA E ATENDIMENTO

office@ibracon.org.br

GRÁFICA

Elyon
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 2023 IBRACON

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



INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO

Fundado em 1972

Declarado de Utilidade Pública Estadual

Lei 2538 de 11/11/1980

Declarado de Utilidade Pública Federal

Decreto 86871 de 25/01/1982

PAULO HELENE

DIRETOR PRESIDENTE

JULIO TIMERMAN

DIRETOR 1º VICE-PRESIDENTE / 1º TESOUREIRO

ENIO JOSÉ PAZINI FIGUEIREDO

DIRETOR 2º VICE-PRESIDENTE

CLÁUDIO SBRRIGHI NETO

DIRETOR 1º SECRETÁRIO

CARLOS JOSÉ MASSUCATO

DIRETOR 2º SECRETÁRIO

JESSIKA MARIANA PACHECO MISKO

DIRETORA 2ª TESOUREIRA

CARLOS AMADO BRITZ

DIRETOR TÉCNICO

CÉSAR H. SATO DAHER

DIRETOR DE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS

ROBERTO CHRIST

DIRETOR DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

GUILHERME ARIS PARSEKIAN

DIRETOR DE PUBLICAÇÕES

ALEXANDRE AMADO BRITZ

DIRETOR DE EVENTOS

EMÍLIO MINORU TAKAGI

DIRETOR DE CURSOS

PATRÍCIA BAUER L. GASPARIAN

DIRETORA DE CERTIFICAÇÃO DE PESSOAL

BERNARDO FONSECA TUTIKIAN

DIRETOR DE MARKETING

JÉSSICA ANDRADE DANTAS

DIRETORA DE ATIVIDADES ESTUDANTIS

IBRACON

Av. Queiroz Filho, 1.700 — sala 407 / 408, Torre D — Vila Lobos Office Park
05319-000 — Vila Hamburguesa — São Paulo — SP — Tel. (11) 3735-0202

PRESIDENTE DO COMITÊ

EDITORIAL

Oswaldo Cascardo (Editor-chefe)

COMITÊ EDITORIAL

MEMBROS

- Alio Kimura (informática no projeto estrutural)
- Arnaldo Forti Battagin (cimento e sustentabilidade)
- Bernardo Fonseca Tutikian (cimentos especiais)
- Cláudio Vicente Mitidieri Filho (qualidade e desempenho)
- Emílio Minoru Takagi (aditivos e adições)
- Ercio Thomaz (sistemas construtivos)
- Fabiana Lopes Oliveira (arquitetura e projeto)
- Frederico Falconi (fundações)
- Guilherme Parsekian (alvenaria estrutural)
- Íria Lícia Oliva Doniak (industrialização da construção)
- Lydio dos Santos B. de Mello (normalização técnica)
- Mauricio Linn Bianchi (sistemas construtivos)

→ Oswaldo Cascardo (concreto e durabilidade)

→ Paulo Helene (concreto e estruturas)

→ Pedro Teodoro Franca (obras subterrâneas)

→ Paulo Fernando Araujo da Silva (pavimentos)

→ Vinicius Caruso (saneamento)

PRESIDENTE DO

COMITÊ CIENTÍFICO

Gláucia Maria Dalfré

COMITÊ CIENTÍFICO

MEMBROS

- Alessandra Castro (Universidade de São Paulo)
- Andrielli Moraes de Oliveira (Universidade Federal de Goiás)
- Eduardo Cabral (Universidade Federal do Ceará)
- Eduardo Moraes Rêgo Fairbairn (Univ. Federal do Rio de Janeiro)
- Enio Pazini Figueiredo (Universidade Federal de Goiás)
- Fernando Branco (Universidade de Lisboa)
- Fernanda G. da Silva Ferreira (Universidade Fed. de S. Carlos)

- Gibson Rocha Meira (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba)
- Gláucia Maria Dalfré (Universidade Fed. de S. Carlos)
- José Julio de Cerqueira Pituba (UFCA)
- Maria del Carmen A. Perdrix (Universitat Politècnica de Catalunya)
- Maria Josefina Positieri (Universidad Tecnológica Nacional)
- Maria Teresa Paulino Aguiar (Universidade Federal de Minas Gerais)
- Pedro Castro Borges (Centro de Investigación y de Estudios Avanzados)
- Pedro Garcés Terradillos (Universidad de Alicante)
- Rafael Alves de Souza (UEM)
- Rodrigo de Melo Lameiras (Universidade de Brasília)
- Selmo Kuperman (Desek)
- Sérgio H. Pialarissi Cavalaro (Loughborough University)

Sobre o poder do engenheiro de concreto e seu compromisso social



Este editorial coincide com o encerramento de minha quarta gestão à frente do Instituto Brasileiro do Concreto. A gestão de uma Entidade do porte histórico e representativo como o IBRACON exige muita dedicação e trabalho voluntário, aliado à uma política de união das entidades irmãs sempre com foco na nobre missão do Instituto.

Registro meus sinceros agradecimentos ao Conselho do IBRACON, e principalmente aos Diretores e amigos, que também generosa e voluntariamente, me ajudaram, e me suportaram nessa missão, além de terem sido essenciais às vitórias conseguidas neste período. Agradeço também aos nossos valorosos funcionários, aos terceirizados e, de modo especial, ao meio técnico e empresarial que fortaleceram e valorizaram o Instituto aumentando o quadro social com 60 novos sócios individuais e 4 novos sócios mantenedores e coletivos.

Contratamos ainda em 2019 o centro de convenções de Florianópolis e a pandemia nos impediu de realizar presencialmente o congresso 62CBC2020 em outubro de 2020, mas o realizamos em formato virtual, tendo sido uma das Entidades pioneiras naquela conjuntura a realizar um congresso neste modelo. Apesar das improvisações, o evento foi um sucesso com 682 congressistas.

Transferimos e nos organizamos para realizar o congresso novamente em Florianópolis, no formato híbrido, em março de 2021, mas a pandemia recrudescer e não deixou. Novamente em formato virtual inovamos criando um avatar da nossa secretária executiva Arlene que dava as boas-vindas e encaminhava os congressistas aos estandes de patrocinadores e expositores, assim como às palestras acadêmicas e técnicas.

Em 2022 conseguimos comemorar, com alegria e responsabilidade, os primeiros 50 anos do IBRACON, completados em 23 de junho no Anfiteatro do IPT onde nasceu o Instituto. Na sequência, em outubro 2022, celebramos com

esplendor o Jubileu de Ouro no emblemático congresso de Brasília com mais de 900 congressistas presenças.

Agora, em outubro de 2023 realizamos em Florianópolis, um dos maiores congressos presenciais demonstrando o resultado positivo de um Instituto que prima pelo voluntariado engajado e resiliente, e que não mede esforço para cumprir com sua nobre missão de engrandecimento e valorização da cadeia de valor do concreto.

Mas este editorial tem um objetivo maior que o de prestar contas ou relatar vitórias: tem o escopo de defender, relembrar e conscientizar a todos sobre o poder da engenharia de concreto e quanto ela pode contribuir com a sociedade e sustentabilidade do planeta.

Para fazer uso de nosso poder científico e técnico precisamos também, estar consciente da grandeza da profissão do engenheiro civil de concreto. O concreto é hoje em dia essencial à vida humana. Fundações em larga escala e em qualquer terreno, reservatórios, obras de saneamento, edifícios altos, túneis em qualquer geologia e profundidade, barragens, e muitos outros empreendimentos seriam inviáveis com o emprego de outro material.

Todos sabemos que cabe aos arquitetos e engenheiros dominar as forças da natureza a serviço da qualidade de vida da sociedade à qual serve. Quando pensamos e desejamos um lar seguro é o concreto armado que pode, por exemplo, dar segurança contra furacões como o Katrina, que devastou a cidade de New Orleans nos Estados Unidos em 2005, com mais de 1.800 mortes e 500 mil desabrigados. As poucas edificações que resistiram e protegeram seus usuários tinham sido construídas em concreto.

Também é a estrutura de concreto que pode, por exemplo, resistir impecavelmente a terremotos de elevada intensidade como os ocorridos recentemente na Turquia, onde foram destruídas cerca de 173.000 edificações mal projetadas e mal construídas.

Numa rápida consulta à Inteligência Artificial (Chat GPT) tive a seguinte resposta à pergunta: Como as construções do sul do Brasil, poderão ser reconstruídas depois das enchentes? Resposta: A reconstrução de áreas afetadas por

enchentes no sul, incluem a adoção de medidas de engenharia para tornar as construções mais resistentes... dá para inferir que a IA não sabe o que fazer, mas sabe que precisa da engenharia para tornar as estruturas mais resistentes às colossais forças da natureza.

O concreto, nosso nobre material de manuseio cotidiano, é responsável por mais de 50% de toda a produção mundial de bens, segundo a bibliografia especializada. Não há outro material capaz de servir tanto à humanidade por um preço tão acessível posto obra, bombeado e lançado na estrutura! Comparado por quilo de material não há nada tão acessível economicamente.

Segundo Karen Scrivener, considerada como uma das maiores cientistas atuais no tema, essas qualidades tão acessíveis ocorrem porque o cimento e o concreto utilizam como matéria prima os oito mais abundantes elementos químicos da crosta terrestre. Segundo ela: *"...Portland cement is an inevitable consequence of the chemistry and geology of the earth. No alternative material can be produced in quantities needed."*

Ser o mais importante material de construção e ser o mais consumido no mundo, é uma consequência natural, e eu costumo dizer, é mais uma dádiva Divina... um presente ao homem. Não tenham dúvida, o concreto e o cimento Portland são, e vão continuar sendo, os principais materiais de construção do mundo por muitas décadas mais.

Apesar de ser essencial à vida e à sociedade, as estruturas de concreto são, também, responsáveis de emitir gases estufa, contribuindo para o aquecimento global. A nossa parcela de contribuição é pequena no contexto geral, mas não é desprezível. O aço e o concreto, ou seja, as estruturas de concreto armado, emitem poucos gases de efeito estufa, mas a sustentabilidade tem de ser um desafio a ser equacionado.

Esse desafio só será vencido se o engenheiro fizer uso de sua inteligência de seu poder científico.

Por exemplo, um dos mecanismos mais frequentes de envelhecimento e deterioração precoce das estruturas, exigindo onerosas reformas, reparos e reforços, é a corrosão de armaduras. Considerando que a vida útil de uma estrutura pode ser prevista através de uma equação simples de representação do fenômeno da carbonatação e do ingresso de cloretos, pode-se demonstrar facilmente o poder da engenharia de concreto.

Nosso conhecimento atual permite prever que ao passar a espessura de cobrimento de 20 mm para 25 mm, poderemos multiplicar por 1,6 vezes a vida útil de uma mesma es-

trutura, num mesmo ambiente, passando, por exemplo, de 30 anos a 48 anos. E se utilizar um concreto de 50 MPa no lugar de um de 20 MPa, com mesmo cimento e materiais, pode-se alterar o coeficiente de difusão de 3 vezes e aumentar a vida útil em 9 vezes!

Que outra profissão tem esse PODER nas suas mãos? A medicina conseguiu aumentar a expectativa de vida de 35 anos para 70 anos, ou seja, dobrou! Um engenheiro mecânico pode também dobrar ou quadruplicar a vida útil de um carro mas, provavelmente, a um preço proibitivo, mas, que eu saiba, nenhum profissional pode multiplicar por 10 vezes a vida de seus produtos. Só nós engenheiros de concreto temos esse poder... e poucos o usam.

O engenheiro que construiu a cúpula do Panteão de Roma, hoje com mais de 2 mil anos, talvez tivesse consciência de seu poder. Mas muitos engenheiros de hoje, não sabem que estão construindo a história da humanidade, não têm consciência de seu papel e poder!

Recentemente estudamos na PhD o poder da união de tecnólogo de concreto, consultor e projetista de estruturas de concreto armado. Consideramos um pilar para suportar 400 tf, ou seja, algo que um pilar do térreo de um edifício de 20 andares suporta em média, muito usual em São Paulo, também sujeito a momentos fletores devido ao vento. Numa situação ideal de total liberdade geométrica, sem restrições de arquitetura, podemos projetar utilizando concreto de 20 MPa ou de 50 MPa, com taxa de armadura mínima (0,4%) ou com taxa de armadura máxima (4,0%).

Resulta que para um tramo de pilar com altura de 2,9m e seção quadrada, passar de $f_{ck} = 20$ MPa para $f_{ck} = 50$ MPa, pode-se reduzir o volume de concreto, a massa de aço e a área de forma, gerando uma brutal economia de recursos naturais não renováveis, atendendo à desmaterialização e principalmente reduzindo drasticamente a emissão de gases estufa, em situações extremas, de 430kgCO₂eq para 176 kgCO₂eq, por tramo de pilar. Para pilares onde seja obrigatório manter a mesma geometria por razões de arquitetura, passar de $f_{ck} = 20$ MPa para $f_{ck} = 50$ MPa, pode reduzir pela metade a emissão de gases estufa.

Claro que se trata de situações ideais que dificilmente vão acontecer na realidade. Pode ser muito raro baixar 100 kgCO₂eq num único tramo de pilar. Porém num edifício convencional de 20 andares mais garagens é comum existirem 960 tramos de pilares e estar economizando, que seja, 10 kg de CO₂ por tramo, resultará uma redução de 10 toneladas de CO₂, que não é nada desprezível!

Outro recurso forte, ora admitido nas versões novas do *fib* Model Code 2020 e Eurocodell/2023, é alterar a data de controle do f_{ck} . Passar de 28 para 56 dias pode reduzir a emissão de gases estufa em 12%, sempre com responsabilidade e conhecimento do tema.

Concluo repisando um importante conceito para o estudo da sustentabilidade das estruturas de concreto: os cálculos só podem e devem ser feitos para seus componentes ou para a estrutura pronta, preferencialmente até o fim de sua vida útil (ACV). Raciocinar emissões por m^3 de concreto fresco ou por tonelada de cimento pode conduzir a equívocos desastrosos.

Dessas considerações é fácil concluir que o kg de cimento e o m^3 de concreto só vão contribuir à sustentabilidade se além de emitir um volume menor de gases estufa, não perderem desempenho. Deve sempre haver um equilíbrio entre redução de emissão e maior desempenho.

Por essas e muitas outras razões o IBRACON está engajado e comprometido com a inovação, a industrialização, a pré-fabricação e a sustentabilidade, palavras chaves utilizadas no 64CBC2023, em Florianópolis.

Encerro com uma reflexão e um sonho viável e pretencioso:

- a) Considerando que o Brasil, entre todas as nações, tem uma das matrizes energéticas mais limpas do mundo;
- b) Considerando que somos reconhecidos como o país que produz a tonelada de cimento Portland mais sustentável do planeta com inteligente e vitorioso uso do coprocessamento, das adições e de resíduos industriais;
- c) Considerando que somos reconhecidos como o país que produz a tonelada de aço/vergalhão para concreto armado mais sustentável do planeta devido à reciclagem de 100% da sucata ao invés do minério de ferro; e,
- d) Considerando que a engenharia de concreto brasileira tem muito poder em suas mãos e vai exercê-lo de forma inteligente e focada em benefício daquilo que o planeta hoje exige de um profissional competente e engajado.

Vislumbro que com todos esses precedentes, o Brasil tem a oportunidade de se destacar como o País capaz de produzir o concreto armado mais sustentável do planeta.

Não é fácil, talvez seja o maior desafio deste século, e vai ser necessário:

1. Estabelecer e manter o desempenho elevado do cimento e do aço. São indispensáveis cimentos mais eficientes e aços mais duráveis. Aceitar baixar desempenho físico-mecânico dos insumos básicos é um tiro no pé pois a estrutura pronta vai emitir mais carbono;

2. Investir no conhecimento e publicação de EPDs (declaração ambiental de produto). Neste ponto a indústria está muito atrasada e somente umas poucas indústrias brasileiras já publicaram suas EPDs;
3. Utilizar com responsabilidade, conhecimento e segurança o crescimento da resistência do concreto a favor da sustentabilidade;
4. Participar, contribuir e criar banco de dados e plataformas como já fazem o SINDUSCON com o CeCarbon, o TQS com a incorporação do cálculo das emissões na nova versão (24) do pacote computacional, a plataforma do GCCA liderada pela ABCP, as iniciativas da GLOBE, CBCS, ACI, *fib*, por exemplo;
5. Atualizar normas técnicas que ainda prescrevem consumos mínimos, armadura mínima, cobrimentos mínimos, relação a/c máxima, transformando essas prescrições retrógradas e superadas em requisitos de desempenho;
6. Difundir insistentemente conceitos e práticas como tem feito há anos o CT-101 de sustentabilidade do IBRACON agora fortalecido com a parceria com ABECE e ABCIC. Precisamos de um guia, uma prática de como calcular emissões, mas isso não basta... o mais importante é COMO podemos reduzir emissões.

Esses desafios vão exigir de nós:

- ▶ Ter consciência de que o concreto armado é essencial à humanidade e da nobreza de nossa profissão;
- ▶ Ter segurança de que o concreto continuará a ser o mais importante material de construção para as próximas décadas;
- ▶ Fazer uso de nosso poder de transformação e domínio das forças da natureza;
- ▶ Ser capaz de rever normas com frequência adequada, pois a cada 5 anos, como hoje, é improdutivo;
- ▶ Desenvolver visão sistêmica pois os avanços estão nas interfaces comuns das áreas e não somente dentro de cada área isolada;
- ▶ Exercer nossa capacidade de diálogo e flexibilidade para construir consensos ainda que imperfeitos mas que seremos competentes para aperfeiçoar logo adiante.

E o mais importante... estou me dirigindo ao grupo de consultores, tecnólogos e projetistas, formadores de opinião e os maiores líderes no país: "Os industriais responsáveis por insumos básicos estão engajados há anos, os construtores do SINDUSCON-SP estão liderando com o CeCarbon... está mais que na hora de nós nos engajarmos de corpo e alma com a sustentabilidade! Temos muita contribuição a dar".

Vamos em frente...

PAULO HELENE
DIRETOR PRESIDENTE (2021-2023) 

Um balanço do Programa MasterPEC



No ano de 2005, o IBRACON implementou, com grande sucesso e aceitação pelo meio técnico, um sistema de cursos denominado “Programa Master em Produção de Estruturas de Concreto”, mais conhecido como Programa MasterPEC, oferecendo um conjunto de disciplinas e cursos de educação continuada do tipo atualização profissional, cumprindo, assim, a missão do IBRACON, que objetiva o desenvolvimento e difusão do conhecimento em projeto, materiais,

controle, produção, inspeção, diagnóstico, proteção e reabilitação de estruturas de concreto, disponibilizando os avanços tecnológicos na área com uma visão sistêmica e integradora, promovendo a ética e a responsabilidade social, reconhecendo a Construção Civil como um dos mais importantes setores industriais da sociedade.

As empresas associadas mantenedores e coletivas ao IBRACON, através de cotas de patrocínio dos cursos, podem associar sua imagem institucional à do IBRACON, por meio da inserção do logo da empresa em todos os materiais de marketing do curso. Como contrapartida, a empresa tem a oportunidade de escolher o tema do curso, citar seus produtos nos exemplos práticos e estudos de caso, além de ter link pra o site e catálogos técnicos da empresa. O IBRACON pode indicar um professor para ministrar este curso, trabalhando em conjunto com a empresa. Quando o patrocinador não for associado, sua participação no curso deve ser submetida à aprovação pela Diretoria do IBRACON. Consulte a Apresentação Comercial em nosso site para mais informações.

Todo os atuais 520 alunos e profissionais em curso, podem consultar seus créditos na aba “Alunos com Créditos”, sendo que 6 alunos fazem jus ao Certificado de Conclusão do Curso, pois em um período máximo de 5 anos, contados a partir da conclusão do primeiro curso, completaram 100 créditos. Desde a sua implementação, mais de 2000 alunos já participaram de cursos promovidos pelo programa. No período de 2020 - 2023 foram promovidos mais de 45 cursos do programa, na modalidade 100% online ao vivo. Agora retomando os cursos no formato presenciais híbridos.

Para 2024, tem-se planejado uma ampliação e consolidação das atividades de Educação Continuada, ofertando, a todos os

nosso sócios individuais e coletivos, e também para a comunidade técnico-científica como um todo, cursos com temas de grande interesse da cadeia do concreto, como o Curso Preparatório para qualificação de profissionais na atividade de inspeção de estruturas de concreto — Inspetor I e II, promovido com grande sucesso há várias edições em parceria com o Grupo IDD. Além desses, teremos Cursos sobre Sustentabilidade, Incêndio, Tecnologia de Concreto, Fachadas de edificações, e Estanqueidade de estruturas de concreto, no qual será fornecido todo o embasamento teórico e exemplos práticos filmados em laboratório, de forma bastante didática, para que todos possam sentir o dinamismo do nosso material concreto.

Na cerimônia de abertura do Congresso Brasileiro do Concreto de 2024, em Maceió, o maior fórum de especialistas do setor do concreto e das personalidades mais importantes da engenharia, teremos a homenagem ao profissional de destaque do Programa MasterPEC, voltado para os alunos que obtiveram o Certificado de Conclusão do Curso, e completaram 100 créditos nos últimos 5 anos, sendo que pelo menos 40% tenham sido realizados em cursos oferecidos pelo IBRACON, além de ter participado de pelo menos um Congresso Brasileiro do Concreto (CBC) neste período. A participação no CBC equivale a uma disciplina/curso de 4 créditos. Na abertura do nosso último 64º CBC, o aluno Felipe Machado de Jesus foi agraciado com o título de Master em Produção de Estruturas de Concreto, que possui um alto reconhecimento junto à cadeia produtiva do concreto.

O Programa MasterPEC do IBRACON materializa o objetivo do IBRACON em disseminar conhecimento sobre CONCRETO e atualizar profissionais da área. Nessa missão de ampliar e divulgar os cursos do IBRACON, estive acompanhado pelo colega Adriano Damásio Sotério, e pela ex-diretora de Cursos Jéssica Pacheco. Não poderia deixar também de agradecer ao competente quadro de professores do Instituto Brasileiro do Concreto, que sempre, quando solicitados, foram atenciosos e competentes: Júlio Timerman, Enio Pazini Figueiredo, Rafael Timerman, Tulio Bitencourt, Roberto Christ, Martins Junior, Jorge Satoro Nakajima, Antonio Carlos Zorzi, Pedro Castro Borges, Ricardo Couceiro Bento, Dener Altherman e Carlos Britez.

Convidamos a se associarem ao IBRACON e desfrutar e se beneficiar de um ambiente colaborativo e de excelência técnica. Somos todos IBRACON, *#TogetherWe'reStrong*.

EMÍLIO TAKAGI

DIRETOR DE CURSOS (2021/2023)

CONVERSE COM O IBRACON

1 — A CONSTRUÇÃO “OFF SITE” É UM NOVO MÉTODO CONSTRUTIVO, PODE SER CONSIDERADA COMO INOVAÇÃO? E A CONSTRUÇÃO MODULAR?

Construção off site na tradução literal é construção fora do local. Ou seja, quando os componentes construtivos são produzidos em outro ambiente e, depois de prontos, são levados para a obra para serem instalados. Inclui-se nesta definição todos os sistemas construtivos produzidos industrialmente, pré-fabricados de concreto, metálica, *dry-wall*, madeira, etc... Considerando que a pré-fabricação em concreto está presente no Brasil há mais de 60 anos, nem todo método ou sistema construtivo *off site* é considerado inovador. Há uma confusão de conceitos no mercado atualmente devido à entrada especialmente dos módulos 3D, considerados como construção modular, que saem prontos da indústria já com as instalações e acabamentos. No caso de concreto este sistema também não é inovador, os então chamados monoblocos foram largamente utilizados na década de 90 em muitos empreendimentos, especialmente no segmento da hotelaria em São Paulo, como “banheiros prontos”. Estes elementos juntamente com as fachadas pré-fabricadas de concreto agilizavam sobremaneira o cronograma dos empreendimentos neste segmento. Os monoblocos também foram utilizados em construção de presídios como celas. Mas é importante considerar que um módulo pode ser 3D, mas também 2D com painéis pré-fabricados de concreto, formando um cubo, mas montado na obra. Alguns arquitetos preferem o sistema 2D, ou até híbrido, formando um “C” de fábrica sem a 4ª parede, como o recém-lançado sistema construtivo da Arcelor Mittal, que foi capa da última revista *Industrializar em Concreto*. Há também os sistemas híbridos combinando modular 3D e 2D. Para os interessados em explorar o tema com maior profundidade, vale a pena ler a publicação de 2019 da McKinsey: *Modular Construction*:

From Project to Products, cujo download gratuito pode ser feito através do site da organização. É importante ainda não confundir construção modular com coordenação modular. Coordenação modular é um conceito de repetição de vãos de mesma ordem de grandeza, visando o aumento da produtividade e aplicável a todos os tipos de metodologia e sistemas construtivos, cuja norma ABNT encontra-se em revisão.

2 — QUE SISTEMAS CABEM NO CONCEITO DE CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA?

Ainda se faz muita confusão de terminologias entre racionalização e industrialização, uso de produtos industrializados e industrialização da construção civil. Industrializar a construção é transformar o canteiro de obras em uma montadora, trazendo os componentes de uma indústria (*off site*) e montando na obra, conceito análogo às montadoras de veículos. Racionalizar a construção é aperfeiçoar os métodos construtivos para atingir maior produtividade. O mais elevado grau da racionalização é a industrialização, quando transferimos a produção para a indústria. Cabe neste

conceito a pré-fabricação em concreto, a construção metálica, pré-fabricação em madeira, enfim todos os sistemas produzidos industrialmente. As referências bibliográficas sobre o tema encontram-se no Manual da Construção Industrializada, publicado pela ABDI (Agência Brasileira do Desenvolvimento Industrial), cujo download gratuito pode ser feito através do site da agência. Também o recém-programa de governo que iniciou através de um edital lançado pelo então Ministério da Economia e agora encontra-se adotado e abrigado no MDIC (Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio), o Construa Brasil, tem este conceito adotado em seu terceiro eixo, que é a industrialização. Os dois outros eixos são a desburocratização e a digitalização.

3 — PARA EXECUTAR UMA OBRA EM PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETO EXISTEM NORMAS ESPECÍFICAS?

Sim existem. A ABNT NBR 9062 – Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado e as normas de produto complementares a ABNT: NBR 14861 Lajes Alveolares Pré-moldadas de Concreto Protendido, ABNT: NBR 16475

Painéis de parede de Concreto Pré-moldado e ABNT: NBR 16258 Estacas Pré-fabricadas de concreto. As normas de produto existem devido às especificidades destes produtos, diferentes tipologias e/ou cuidados de projeto, produção e instalação, que deixariam a norma principal muito maior do que as atuais 86 páginas. Outras normas complementares são também citadas na ABNT: NBR9062, como a de concreto autoadensável, por exemplo, largamente aplicado na indústria. Adicionalmente, recomendam-se as práticas recomendadas do IBRACON, a ABNT NBR 9062 comentada e com exemplos numéricos e o Manual de Montagem das Estruturas Pré-moldadas de Concreto, publicado pela Abcic (Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto). ☺



David Fernández-Ordóñez



David-Fernández-Ordóñez é secretário geral da *fib* (Federação Internacional do Concreto Estrutural), desde 2016, instituição da qual é membro desde 1999 e onde atuou como coordenador da Comissão 6 de Pré-fabricados.

Formado em engenharia civil pela Universidade Politécnica de Madri, onde obteve seu doutorado em 2001 e atuou, de 2007 até 2016, como professor.

Foi projetista de estruturas pré-fabricadas em empresas espanholas de pré-fabricação e trabalhou em projetos de pontes e edifícios pré-fabricados em todo o mundo.

Atualmente, é professor de estruturas pré-fabricadas na EFPL (*Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne*), Suíça.

Nesta entrevista, David Ordóñez comenta as inovações trazidas pelo *fib* Model Code 2020, aborda a perspectiva de sustentabilidade na construção e o papel da industrialização.

IBRACON Como a *fib* entende o conceito de sustentabilidade? E quais as ações previstas neste tema?

| **DAVID FERNÁNDEZ-ORDÓÑEZ** | Os estudos de sustentabilidade precisam ter foco nos três pilares: ambiental, econômico e social, pois um direcionamento sem compreensão sobre os aspectos conceituais não se sustenta. Por ser um tema amplo, seu escopo deve envolver toda a sociedade, além da indústria. É importante ter em mente que os requisitos do cliente (público ou privado) estarão sempre direcionando as estratégias a serem adotadas num projeto ou empreendimento. Podemos ter excelentes soluções técnicas, mas que precisam ser viáveis.

A Comissão 7 de Sustentabilidade da *fib* foi criada em 2015, com o objetivo de desenvolver uma estratégia de como incorporar as questões relacionadas à sustentabilidade no projeto, construção, operação e demolição/reutilização das estruturas de concreto. O foco está na

redução das emissões de CO₂ na produção do concreto, redução de energia utilizada na fase de construção e uso das edificações considerando “*thermal mass effect*” (propriedade do edifício que permite armazenar calor e fornecer inércia contra flutuações de temperatura). Seus estudos foram levados em consideração no desenvolvimento das diretrizes do tema sustentabilidade no Model Code 2020.

Há também o TG 6.3 de “Sustentabilidade das Estruturas Pré-fabricadas”, ligado à Comissão 6 de pré-fabricados. Em 2022, o trabalho com este tema foi ampliado. O conselho técnico da *fib*, de forma estratégica, aprovou a criação de um SAG “*Sustainability*” (*Special Activity Group*), para, a partir do que havia sido estabelecido no MC 2020, atuar na criação da *fib* database, com o objetivo de estabelecer um banco de dados compreensível do impacto ambiental dos materiais utilizados nas estruturas de concreto, tendo como referência todos os *stakeholders* envolvidos na organização.

“

UMA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL É A QUE APRESENTA MENOR CO₂ EMITIDO NA CONSTRUÇÃO GLOBAL, AINDA QUE DETERMINADO MATERIAL POSSA TER CONSUMO MAIOR DE CO₂ POR UNIDADE DO MATERIAL

”

IBRACON ENTRE OS FOCOS DO TRABALHO DESTA COMISSÃO ESTÁ O DESENVOLVIMENTO DE MÉTRICAS DE SUSTENTABILIDADE. EM QUE ESTÁGIO SE ENCONTRA O DESENVOLVIMENTO DESSAS MÉTRICAS E QUAIS AS PERSPECTIVAS PARA SUA CONSOLIDAÇÃO PELA *fib*? QUAL A INTERFACE DA *fib* COM OUTROS GRUPOS INTERNACIONAIS, COMO O *GLOBE*, POR EXEMPLO?

| **DAVID FERNÁNDEZ-ORDÓÑEZ** | Os trabalhos do SAG preveem a interação com entidades parceiras, como *Liaison Committee* e o *JCSS (Joint Committee of Structural Safety)*. As entidades do *Liaison Committee* — *CIB, ECCS, fib, IABSE, IASS, RILEM* — são responsáveis pela criação e andamento das ações do *JCSS* e do *GLOBE*, que, por sua vez, possuem acordos de cooperação com o *IBRACON* e com a *Alconpat*, que estão abertas a outras colaborações em nível mundial, como o *GCCA (Global Cement and Concrete Association)*.

IBRACON EM SEU DOCUMENTO OFICIAL SOBRE SUSTENTABILIDADE, A *fib* PRECONIZA O DESENVOLVIMENTO DE CONCRETOS COM BAIXA PEGADA DE CARBONO, O DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURAS LEVES, COM CONSUMO MÍNIMO DE MATERIAIS, E A ELEVADA DURABILIDADE DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO, ENTRE OUTROS PONTOS INCLUINDO O MAIOR USO DE ESTRUTURAS PRÉ-FABRICADAS DE CONCRETO. COMO COMPATIBILIZAR ESSES IDEAIS CONSTRUTIVOS NUMA MESMA ESTRUTURA? SABE-SE, POR EXEMPLO, QUE A PRÉ-FABRICAÇÃO OBTÉM ESTRUTURAS DE CONCRETO DE MENOR VOLUME E MAIOR VIDA ÚTIL, MAS USANDO CONCRETOS DE ALTA RESISTÊNCIA, QUE CONSOMEM MAIS CIMENTO, MAIOR RESPONSÁVEL PELAS EMISSÕES DE CARBONO NO SETOR.

| **DAVID FERNÁNDEZ-ORDÓÑEZ** |

Uma construção sustentável é a que apresenta menor CO₂ emitido na construção global, ainda que determinado material isoladamente possa ter um consumo maior de CO₂ por unidade de material. Isto considerando o ciclo de vida — do berço ao túmulo — passando por todas as suas fases — projeto, produção, construção, manutenção, reparo, desmonte ou utilização circular. Estruturas mais leves e que agregam desempenho estrutural são obtidas a partir da redução da seção, que levará a um menor consumo de material, porém de alto desempenho, como, por exemplo, o UHPC, onde o consumo de cimento é maior em kg/m³, porém se utiliza significativamente menor quantidade de concreto, com maior desempenho e menor quantidade



Reunião da Assembleia Geral da *fib* em Istambul, em junho de 2023, quando o Código Modelo 2020 foi aprovado

de material. Outras tecnologias já adotadas na pré-fabricação em larga escala corroboram a sustentabilidade, como, por exemplo, o uso da protensão, a extrusão como tecnologia de processo de produção, as lajes alveolares, que reduzem o volume de concreto quando comparadas às maciças. Na pré-fabricação ainda temos múltiplas vantagens como produzir e utilizar o concreto num ambiente com condições climáticas controladas, com redução significativa de resíduos, emissões, ruído, precisão dimensional, que evita agregar outros materiais para correção no processo de construção, dispensa uso de escoramentos, faz uso racional de recursos (incluindo água e energia) e mão de obra, o que propicia também melhores condições para implementação de concretos especiais e outras tecnologias.

IBRACON **QUAIS OS CUIDADOS QUE DEVEM SER TOMADOS AO INCORPORAR RESÍDUOS DE OUTROS SETORES INDUSTRIAIS NO CONCRETO, CONSIDERANDO PRINCIPALMENTE A DURABILIDADE E PROCESSAMENTO DO MATERIAL?**

| **DAVID FERNÁNDEZ-ORDÓÑEZ** | Além dos grupos citados que trabalham com o tema materiais reciclados, incluídos mais recentemente na comissão 7 de sustentabilidade, a *fib* possui, na comissão 4 Concreto e Tecnologia do Concreto, o GT 4.7 “Aplicação Estrutural de Agregados Reciclados – Propriedades, modelagem e

projeto”. Esse tema está em constante avaliação neste e em outros grupos. No concreto podem ser utilizados materiais provenientes de concretos reciclados ou de outros materiais. Quando se utiliza material do próprio concreto é preciso tomar cuidados especiais com possíveis repercussões na reatividade com o cimento. Isto pode afetar as características mecânicas e a durabilidade do novo concreto. Estudos detalhados devem ser conduzidos.

IBRACON **LEVANDO EM CONTA OS ASPECTOS DISCUTIDOS NO *fib* BOLETIM 21 (QUESTÕES AMBIENTAIS NA PRÉ-FABRICAÇÃO) E *fib* BOLETIM 88 (SUSTENTABILIDADE DE ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS), COMO A PRÉ-FABRICAÇÃO PODE CONTRIBUIR PARA ENDEREÇAR OS PONTOS PRINCIPAIS DE SUSTENTABILIDADE DO DOCUMENTO OFICIAL SOBRE SUSTENTABILIDADE DA *fib*?**

| **DAVID FERNÁNDEZ-ORDÓÑEZ** | O *fib* Boletim 21 é um dos primeiros documentos sobre os efeitos ambientais nas estruturas de concreto e, em particular, nas estruturas pré-fabricadas. Quando foi lançado, mostrou o impacto ambiental das estruturas e como a pré-fabricação em concreto pode contribuir para diminuir esses efeitos.

O *fib* Boletim 88, do qual fui o coordenador e do qual participaram a engenheira Íria Doniak e o engenheiro Paulo Helene, foi um passo adicional na análise de estruturas diante da sustentabilidade. Na verdade, é o primeiro documento que apresenta o estado da arte das estruturas de concreto levando-se em conta os três pilares da sustentabilidade. O documento analisa as vantagens das estruturas pré-fabricadas no que diz respeito à sustentabilidade e propõe um método multicritério (o método MIVES) para a avaliação dessas estruturas. Atualmente está sendo desenvolvido um novo documento, com uma análise detalhada de todos os aspectos dos três pilares da sustentabilidade de uma estrutura pré-fabricada em comparação a uma estrutura construída *in-loco*. Esses documentos reforçam em diversos aspectos o compromisso da *fib* com a sustentabilidade.



“

[O *fib* BOLETIM 88] É O PRIMEIRO DOCUMENTO QUE APRESENTA O ESTADO DA ARTE DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO LEVANDO-SE EM CONTA OS TRÊS PILARES DA SUSTENTABILIDADE

”

“

A PRÉ-FABRICAÇÃO CONTRIBUI NA REUTILIZAÇÃO DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS EM OUTROS EDIFÍCIOS OU MESMO EM PONTES

”

IBRACON NUMA ENTREVISTA PARA ESTA REVISTA EM 2010, VOCÊ DISSE QUE A MAIOR LIMITAÇÃO PARA USO DOS PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETO ERA CULTURAL, NO SENTIDO DE QUE OS PROJETISTAS E PRÉ-FABRICADORES LIMITAVAM O USO DESTA TECNOLOGIA. ISTO MUDOU 20 ANOS DEPOIS?

| **DAVID FERNÁNDEZ-ORDÓÑEZ** | Na entrevista, em 2010, minha avaliação foi no sentido de que os pré-moldados de concreto são uma tecnologia bastante conhecida em todo o mundo, com particularidades diversas, e que, dependendo do país ou região, há soluções distintas de pré-fabricados ou mesmo *in-loco*. Estas diferenças na forma de se construir nos países dependem muito mais da cultura e

das tradições técnicas do país do que da tecnologia do pré-fabricado. Nesse sentido, o setor de pré-fabricados no Brasil, desde 2010, já era muito pujante e maduro, mas pude constatar o desenvolvimento de muitas soluções inovadoras, tanto em materiais como em estruturas, com grande sucesso. Acredito que tudo isso se deve ao forte impulso que a Abcic tem fornecido nestes anos e ao seu envolvimento em ações distintas, como a sua participação na Comissão 6 de Pré-fabricados da *fib*.

IBRACON UM DOS FOCOS DO DOCUMENTO OFICIAL SOBRE SUSTENTABILIDADE DA *fib* É A DESMONTAGEM E REUTILIZAÇÃO DAS ESTRUTURAS. JÁ É UMA REALIDADE A RECICLAGEM DE ELEMENTOS DE CONCRETO PRÉ-FABRICADO? CITE EXEMPLOS.

| **DAVID FERNÁNDEZ-ORDÓÑEZ** | A demolição e reutilização de estruturas são muito importantes para a sustentabilidade. É uma ação mais avançada do que a reutilização de resíduos em concreto ou concreto reciclado. Ao reutilizar elementos estruturais, damos nova vida a elementos completos. Este é um tema que vem sendo promovido em alguns países, como a Holanda. A pré-fabricação contribui fundamentalmente na reutilização de elementos estruturais em outros edifícios ou mesmo em pontes. Existem, de fato,

exemplos de estruturas pré-fabricadas concebidas para serem reutilizadas. No *fib* Boletim 88, há dois exemplos holandeses de edifícios que foram projetados para serem reutilizados com uma mistura de estruturas metálicas e pré-fabricadas pela empresa Consolis. Há também exemplos neste país de pontes cujas vigas pré-fabricadas foram reaproveitadas em outras pontes. Outro exemplo recente é o projeto de estrutura pré-fabricada com conexões removíveis da empresa Peikko, na Finlândia. Como havia mencionado na primeira questão, um dos grupos de trabalho do TG.SAG.2 “Estruturas de Concreto Sustentáveis” tem como objetivo de desenvolver recomendações para avaliar e utilizar elementos de estruturas existentes em novas construções.



Pórticos de carga desmontáveis e reutilizáveis através de estruturas compostas e pré-fabricadas de betão. Cortesia da Peikko

IBRACON COMO A ADOÇÃO DA ABORDAGEM DO CUSTO DO CICLO DE VIDA DA CONSTRUÇÃO, AO INCENTIVAR O USO DE MATERIAIS COM MENOR PEGADA AMBIENTAL E PROJETO DE ESTRUTURAS MAIS DURÁVEIS, NO CÓDIGO MODELO 2020 PODERÁ CONTRIBUIR PARA SUPERAR A INÉRCIA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO PARA INCORPORAR NOVAS TECNOLOGIAS?

| **DAVID FERNÁNDEZ-ORDÓÑEZ** | O Código Modelo 2020 é um documento pré-normativo, que inclui as recomendações mais avançadas para o dimensionamento e avaliação de estruturas de concreto, tendo a sustentabilidade como filosofia fundamental. Da mesma forma, considera o ciclo de vida completo no projeto e manutenção de estruturas de concreto. Nesse sentido, permite que as regulamentações sejam desenvolvidas mais rapidamente e que engenheiros de pesquisa, projetistas ou construtores possam utilizar ferramentas mais avançadas. O MC 2020 inclui recomendações para avaliar e utilizar materiais e projetos mais avançados que permitam reduzir impactos e aumentar a sustentabilidade globalmente em estruturas de concreto. Por isso, tenho convicção que o documento permitirá a utilização de novos materiais e métodos de projeto e construção em um futuro próximo.

IBRACON O CÓDIGO MODELO 2020 SERÁ PUBLICADO ATÉ O FINAL DESTA ANO, QUAL A IMPORTÂNCIA DESTA DOCUMENTO PARA A ENGENHARIA DO CONCRETO ESTRUTURAL EM NÍVEL MUNDIAL? QUANTOS PAÍSES PARTICIPARAM DESTA DESENVOLVIMENTO?

| **DAVID FERNÁNDEZ-ORDÓÑEZ** | O MC 2020 foi desenvolvido por toda a comunidade *fib*, que conta com profissionais de mais de 100 países. A visão da *fib* para o MC 2020 é ir além do que foi alcançado no MC 2010, nos códigos ISO recentes, como o ISO 16311, e nas atuais atividades do Eurocódigo, a fim de estender a aplicação dos Eurocódigos às estruturas existentes. O conteúdo do MC 2020 atende a esse objetivo prospectivo, tratando tanto do projeto de novas estruturas quanto de todas as atividades associadas ao ciclo de vida das estruturas de concreto existentes, incluindo questões como avaliação em serviço e intervenções, onde novos elementos estruturais são incorporados à estrutura existente. A sustentabilidade foi outro aspecto fundamental, tendo sido incrementada, considerando a introdução de forma explícita do uso de critérios que possuam como referência os conceitos de desempenho. O foco no desempenho oferece uma forma potencial de alinhar melhor os interesses dos proprietários, usuários, consultores técnicos (como engenheiros estruturais, engenheiros de materiais, etc.), construtoras, bem como fornecedores e fabricantes de materiais. A implementação prevista do conceito de desempenho para projeto e avaliação irá encorajar o desenvolvimento tecnológico e racionalização, facilitando

a criação de novas estruturas, removendo as restrições para o uso de novos tipos de concreto e materiais de reforço, oferecendo possibilidades de soluções otimizadas que atendam da melhor forma os *stakeholders*.

IBRACON A INCORPORAÇÃO DE UM CAPÍTULO SOBRE ESTRUTURAS EXISTENTES FEZ PARTE DESTA ESFORÇO PARA INTEGRAR A SUSTENTABILIDADE NO CÓDIGO MODELO (2020), NA MEDIDA EM QUE ESTABELECE PARÂMETROS E DIRETRIZES PARA REFORÇO E REABILITAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO? EXPLIQUE COMO.

| **DAVID FERNÁNDEZ-ORDÓÑEZ** | As estruturas existentes muitas vezes não atendem às exigências normativas de projetos contemporâneos no que diz respeito à segurança estrutural e à capacidade de manutenção. Isto ocorre, por exemplo, se as cargas nas estruturas existentes, como as cargas de tráfego nas pontes, forem maiores do que as previstas no projeto original. Um segundo ponto é que as estruturas estão sujeitas à deterioração, como a reação álcali-silica no concreto ou a corrosão da armadura devido ao ataque de cloretos ou carbonatação. Um terceiro argumento é que em normas recentes foram introduzidos critérios adicionais baseados em novas teorias e/ou experiências negativas com estruturas mais antigas. O Model Code 2020 será válido tanto para os projetos de novas estruturas quanto para a avaliação

“

O CONTEÚDO DO MC 2020 TRATA TANTO DO PROJETO DE NOVAS ESTRUTURAS QUANTO DE TODAS AS ATIVIDADES ASSOCIADAS AO CICLO DE VIDA DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO EXISTENTES

”



PARA A AVALIAÇÃO DE ESTRUTURAS NO MODEL CODE 2020, ESTÃO TRÊS CATEGORIAS: A CAPACIDADE RESIDUAL DE ESTRUTURAS SEM DANOS; A CAPACIDADE RESIDUAL DE ESTRUTURAS COM DETERIORAÇÃO; E A CAPACIDADE RESIDUAL DE ESTRUTURAS COM DETALHES NÃO CONFORMES



de estruturas existentes. O projeto e avaliação de estruturas de concreto estão integrados neste documento.

Para a avaliação de estruturas de concreto no Model Code 2020, estão três categorias: (1) a capacidade residual de estruturas existentes sem danos, (2) a capacidade residual de estruturas que sofrem deterioração, e (3) a capacidade residual de estruturas com detalhes não conformes.

No MC 2020 são descritos os contextos desta subdivisão, sendo também dadas indicações para a avaliação das estruturas de concreto existentes nessas categorias.

IBRACON O TEXTO APROVADO PERMITE CONSIDERAR A DATA DO f_{ck} DE REFERÊNCIA DE 28 DIAS A 91 DIAS DE IDADE COM IMPORTANTE E SIGNIFICATIVA REDUÇÃO DO CONSUMO DE CIMENTO E VALORIZAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE?

| **DAVID FERNÁNDEZ-ORDÓÑEZ** | Tanto o Eurocode quanto o MC 2020 mantêm a referência de 28 dias, o que foi introduzido, no item 14.2.1.1, foi a possibilidade de utilizar outras idades para definir as propriedades do concreto, dependendo do t_{ref} que pode ser acima de 28 dias. Para requisitos avançados de projeto, o MC 2020 e a prEN19992-1-1 não foram ajustadas para t_{ref} diferente de 28 dias. Outra questão importante é que todos os requisitos foram estabelecidos tendo por referência o concreto convencional e a relação deve ser ajustada para todos os outros tipos de concreto. O tipo de cimento adotado no concreto possui uma influência muito importante e que deve ser considerada. Por outro lado, para cimentos de alta resistência e outros materiais ligantes utilizados em concreto especiais de alta resistência ou o UHPC, pode se considerar o acréscimo, mas tomando cuidados especiais como, por exemplo, a correção pelo efeito Rüsck.

IBRACON QUAIS FORAM AS CONTRIBUIÇÕES DO GRUPO NACIONAL BRASILEIRO PARA O CÓDIGO MODELO (2020)?

| **DAVID FERNÁNDEZ-ORDÓÑEZ** | Vale comentar também a questão gerada pela mudança no ACI318-19, quando os americanos, motivados pelo desafio de descobrir uma equação geral que resolvesse o problema de cisalhamento sem estribos para laje usuais até 50 cm, lajes espessas (como de estação de Metro enterrada com ~3m de espessura) e vigotas sem estribos, tiveram sucesso, mas o resultado resultou muito conservador, sugerindo que, em média, se dobrasse a espessura das lajes usuais de edifícios a pontes/viadutos. Nos edifícios, as lajes de 10 deveriam ir a 20 cm e, nas pontes, os tabuleiros de 20 para 40 cm sem estribos. Esse mesmo caminho e resultado foi aproximadamente obtido pelo *fib* no MC 2010. Na reunião em Oslo, 2022, o Brasil se posicionou a respeito através de sua experiência de sempre, com cuidado de ter uma norma menos conservadora, viabilizando ao longo de

décadas edifícios de considerável altura e relevantes obras de infraestrutura. Este debate gerado será levado em consideração nas próximas reuniões da Comissão 10, para ser considerado no futuro, por ter uma interface importante com temas relacionados à neutralidade de carbono.

IBRACON A *fib* ESTÁ FAZENDO 25 ANOS, DESDE A UNIÃO DO COMITÊ EUROPEU DE NORMALIZAÇÃO PARA O CONCRETO COM A FEDERAÇÃO INTERNACIONAL DE PROTENSÃO (CEB E FIP). AO LONGO DESDE PERÍODO QUAL FOI A IMPORTÂNCIA DA PARTICIPAÇÃO BRASILEIRA?

| **DAVID FERNÁNDEZ-ORDÓÑEZ** | O Brasil teve uma importância significativa neste período, através de relevantes profissionais, que têm contribuído desde o início do CEB, em 1960. Segundo registros, através do grupo luso-brasileiro, que se reuniu em Lisboa em 1965, foi estabelecida através da proposta de Lobo Carneiro (UFRJ) a entrada da ABNT — Associação Brasileira de Normas Técnicas como membro do CEB. Os representantes foram os engenheiros Telemaco Van Langendonk (EPUSP) e Fernando L. Lobo Carneiro. Em 1970, com o Model Code CEB-FIP 1970, participaram do curso e da revisão os engenheiros Péricles B. Fusco e Antonio R. Laranjeiras, em Lisboa. Ambos agregaram importantes contribuições.

Entre os anos 80 e 90, os engenheiros

Augusto Carlos de Vasconcelos e Lídia Shehata contribuíram para o Model Code CEB-FIP 1990. Na mesma época, a prof. Lídia organizou, no Rio de Janeiro, o *Colloquium* do CEB-FIP MC1990.

Em 2006, já como *fib*, o engenheiro Paulo Helene participou como vice-chair do boletim 34 “*Model Code for Service Life Design*”. Em 2008, as entidades ABCIC e ABECE retomaram as ações junto à *fib*, constituindo o grupo nacional brasileiro, liderado pelos engenheiros Fernando Stucchi e Íria Doniak. Em 2018, o IBRACON passou a integrar o grupo, sendo representado pelo engenheiro Júlio Timerman.

A atual delegação nacional está composta por Fernando Stucchi (líder) Odenir Klein Jr., Íria e Timerman.

Como mencionado, Stucchi participa da Comissão 10, e também da Comissão 9 de disseminação da

tecnologia, juntamente com Íria, sendo integrantes do Júri das premiações “*Young Engineers Award*” e “*Outstanding Structures*”. Na comissão 6 de Pré-Fabricados, além de Íria, há a participação ativa dos professores Mounir Khalil El Debs e Marcelo de Araújo Ferreira, e como membros correspondentes Paulo Helene, Francisco Graziano e Eduardo Millen (*in memoriam*). O engenheiro Marcelo Waimberg é coordenador do TG6.5 “*Precast Bridges*”.

Além de toda a contribuição técnica, o Brasil está presente no *presidium*, com Íria, que foi pessoalmente convidada a integrar o conselho da entidade como membro convidado em 2015 pelo então presidente Harald S. Müller (Alemanha) e, posteriormente, como membro eleito desde 2017. Na Assembleia Geral realizada em Oslo em 2022, foi eleita Vice-Presidente e poderá vir a ser a primeira presidente mulher e da América Latina para a gestão 2025-2026.

Ao ter assumido a vice-presidência teve a prerrogativa de designar um proeminente engenheiro jovem brasileiro como *deputy-chair* do YMG – *Young Member Group* – o engenheiro Marcelo Melo. Juntamente com Íria e com o apoio de CBPE – Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas, estão coordenando o Simpósio Conceptual Design, que, com apoio do Prof. Sérgio Hampshire e das entidades que integram o NMG Brazil, se realizará em 2025 no Rio de Janeiro.

A *fib* valoriza a participação da engenharia brasileira, que muito tem contribuído técnica e institucionalmente e na internacionalização da entidade e parabeniza a todos por esta brilhante história ao longo dos anos. ☺

KIT de PRÁTICAS RECOMENDADAS sobre ENSAIOS de DURABILIDADE das ESTRUTURAS de CONCRETO

O conjunto de **Práticas Recomendadas Sobre os Ensaios de Durabilidade das Estruturas de Concreto** é fruto do trabalho do Comitê Técnico IBRACON/ALCONPAT 702 Procedimentos para Ensaios de Avaliação da Durabilidade das Estruturas de Concreto.



PROMOÇÃO: Kit com 5 Práticas + Guia de Prevenção da Reação Álcali-Agregado **SÓCIOS:** R\$ 300,00 | **NÃO SÓCIOS:** R\$ 550,00

Patrocínio



Adquira o seu na
Loja Virtual
do IBRACON:
<http://lojaibacon.org.br>

Congresso aposta em inovações da engenharia para a neutralidade do concreto

FÁBIO LUÍS PEDROSO - Editor - ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5848-8710> (fabio@ibracon.org.br)

O 64º Congresso Brasileiro do Concreto apresentou propostas para reduzir a pegada de carbono do material construtivo mais consumido no planeta e inovações em projeto, execução e manutenção para aumentar a produtividade, durabilidade, segurança, funcionalidade e sustentabilidade das obras.

O evento técnico-científico reuniu 1273 profissionais, empresários, pesquisadores e estudantes de 18 a 21 de outubro, no Centrosul, em Florianópolis. Na avaliação do presidente do IBRACON, Prof. Paulo Helene, “foi uma verdadeira imersão em ciência e tecnologia focada na sustentabilidade e inovação do concreto estrutural”.

Logo na entrada para o saguão do Centro de Convenções, as pessoas puderam ver e passear por uma passarela pré-fabricada de concreto de ultra-alto desempenho (UHPC) com 8 m, projetada pela Unisinos e construída pela Cassol Pré-Fabricados.



Presidente do IBRACON, Paulo Helene, e presidente-executiva da ABCIC, Íria Doniak, na passarela de UHPC



Rafaela Rodrigues recebe o prêmio Maria Alba Cincotto e cheque da patrocinadora CEB

O UHPC é uma das apostas da cadeia do concreto para reduzir a pegada de carbono, por contribuir com a desmaterialização das estruturas e ter maior durabilidade.

“Não tenho conhecimento de uma passarela construída com UHPC no Brasil e na América Latina. É mais uma exclusividade do Congresso do IBRACON”, ressaltou o diretor de pesquisa e desenvolvimento do IBRACON, Prof. Roberto Christ.

O UHPC foi tema presente nos seminários, conferências e apresentações de artigos técnico-científicos no Congresso, como no Seminário sobre materiais não convencionais para estruturas de concreto e no Seminário de produção de concreto em central.

Ao todo, foram apresentados 145 artigos técnico-científicos em sessões plenárias e 204 artigos nas sessões pôsteres, e



64° Congresso Brasileiro do Concreto

Florianópolis 2023

publicados 407 artigos nos Anais do evento. Dentre eles, o artigo “Desenvolvimento de geopolímeros com rejeitos da exploração de minério de ferro”, de Rafaela de Cássia Rodrigues, do Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear, foi considerado como artigo do ano e sua autora levou o nobre Prêmio Maria Alba Cincotto.

Além da novidade da passarela, os congressistas tiveram também a oportunidade de assistir a concretagem, acabamento, cura e corte de juntas de pavimento de concreto autoadensável com fibras para pavimentação urbana, no exterior do Centrosul, gerenciada pela Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem (ABESC), que, com mais 10 entidades técnicas apoiaram o 64º Congresso Brasileiro do Concreto.

O concreto autoadensável e o pavimento de concreto foram temas do Seminário de infraestrutura e do Seminário de novas tecnologias. Este último aconteceu na Feira Brasileira de Construções em Concreto (Feibracon), espaço de exposição das soluções dos 8 patrocinadores e 14 expositores do Congresso, com entrada livre para o público.

No total, o evento contou com 12 seminários, três conferências plenárias, quatro cursos e cinco concursos estudantis. Para o palestrante da Universidade de Loughborough, na Inglaterra, Prof. Sérgio Cavalaro, o 64º Congresso Brasileiro do Concreto foi “muito festivo, com participação engajada de estudantes, sendo uma oportunidade de formar opiniões que vão realmente transformar a maneira como se entende engenharia”. Com ele concordou o palestrante da Drexel University, dos Estados Unidos, Prof. Ahmad Hamid, para quem a participação de estudantes e jovens engenheiros para aprender e competir nos concursos é uma eficiente maneira de promover o concreto.

Este clima descontraído e de troca de experiência é favorecido pelas atividades sociais do evento como premiações e certificações, sessões de autógrafos com autores de publicações lançadas no Congresso, bate-papo sobre plano de carreira, coquetéis, coffe-breaks e almoços oferecidos aos congressistas pelas empresas Gerdau, Polimix e Supermix. Houve também, pela primeira vez, espaço para os participantes do evento mostrarem seus dotes musicais,



Concretagem e acabamento de pavimento de concreto no Centrosul

nas sessões durante os almoços chamadas carinhosamente de *Concrete Musics*. Sem falar dos concursos estudantis, que agitam os estudantes nas cinco competições que ocorrem durante o Congresso numa Arena, patrocinada pela Cimento Nacional.

“A primeira edição do ‘Talentos IBRACON’, brilhante iniciativa da mante-

nedora Votorantim, trouxe a oportunidade dos estudantes, o futuro talento da construção civil, se aproximarem das grandes empresas do setor. Eles tiveram contato com especialistas do departamento de pessoas da Votorantim, Gerdau, Saint Gobain e MC Bauchemie e puderam entender melhor sobre a trilha de carreira, pro-



O presidente do IBRACON, Prof. Paulo Helene, em sua palestra de abertura do Congresso

gramas de estágio/trainee e o seu futuro profissional, nestas grandes empresas”, comentou a diretora de atividades estudantis do IBRACON, Jéssica Andrade Dantas.

O Congresso Brasileiro do Concreto como fórum nacional da engenharia do concreto, que aposta em soluções científicas e tecnológicas para responder aos problemas nacionais e mundiais, como a crise climática, não podia ter escolhido lugar mais apropriado. Segundo o prefeito de Florianópolis, Topázio Neto, que prestigiou o evento comparecendo em sua solenidade de abertura, a tecnologia é a primeira fonte de arrecadação da prefeitura, sendo Florianópolis uma cidade cercada de universidades.

“O Congresso cumpriu sua missão de integrar tecnólogos de concreto, acadêmicos, projetistas de estruturas, construtores, laboratoristas de controle tecnológico, consultores, empresários e funcionários públicos”, ponderou o Prof. Paulo Helene, para completar que “está seguro de que o Brasil a curto prazo terá condições de produzir o concreto armado mais sustentável do planeta. Isso se deve ao fato de o país possuir uma matriz energética entre as mais limpas do mundo, o cimento de menor fator clínquer, o aço 100% proveniente de sucata e uma engenharia de concreto com tradição e competência.”

SUSTENTABILIDADE COMO TEMA TRANSVERSAL

Propostas para reduzir a pegada de



O diretor técnico da Andece, Alejandro López, em momento de sua apresentação

carbono na cadeia do concreto foram apresentadas e debatidas em vários momentos do Congresso.

O aquecimento global causado pelas emissões antropogênicas de dióxido de carbono e seu impacto no clima foi tema repisado por vários palestrantes. Recordes nos registros das temperaturas médias da superfície terrestre ocorridos no ano cor-

rente, enchentes no Sul e secas no Norte do país foram cenários que abriram diversas apresentações.

Segundo o diretor técnico da Associação Espanhola da Indústria de Pré-Fabricados de Concreto (Andece), Alejandro López, palestrante no Seminário de Pré-Fabricados, a construção civil é responsável por um terço das emissões europeias de gases do efeito estufa.

No sentido de mitigar as emissões do setor e contribuir com a meta do Acordo de Paris de zerar as emissões mundiais de carbono até 2050, para limitar o aquecimento global a 2°C, a Andece desenvolveu Declarações Ambientais de Produto (EPD) setoriais, por categorias de produto.

As Declarações Ambientais de Produto são documentos que registram os impactos ambientais decorrentes da produção ou uso de produtos industriais, cuja contabilidade é feita por meio da metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), que a partir do levantamento dos recursos materiais e energéticos usados na fabricação e uso de um bem, assim como de suas emissões e rejeitos, estima os impactos ambientais decorrentes.

Participaram da iniciativa da Andece, na Espanha, 50 empresas, que autodeclararam as informações relativas ao consumo de materiais, energia e água e de resíduos gerados, requeridas em um formulário on-line. O principal indicador avaliado foi o Potencial de Aquecimento Global, isto é, o impacto ambiental em termos de emissões de gases do efeito estufa.

Com as EPD para estruturas, fundações, fachadas, tubos e galerias, elementos vazados e pavimentos, foi possível conhecer as emissões setoriais e, assim, orientar o setor sobre as medidas de descarbonização factíveis de implementação no curto prazo.

Apesar da EPD não ser ainda obrigatória na Espanha, a expectativa é que, por pressão dos consumidores e do governo, o setor da construção se mobilize para tornar seus produtos mais ‘verdes’.

O Brasil possui iniciativas parecidas, como a Avaliação do Ciclo de Vida modular, já aplicada nos fabricantes de blocos de alvenaria de concreto, e o Selo de Excelência da ABCIC — Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto. Este Selo, voltado para a gestão da qualidade na indústria de pré-fabricados e



A presidente-executiva da ABCIC e coordenadora do Seminário de Pré-Fabricados, Íria Doniak



64º Congresso Brasileiro do Concreto Florianópolis 2023

auditado pelo Instituto Falcão Bauer, prevê, em seu terceiro estágio, o consumo racional de matérias-primas, a redução do uso de água e energia, a destinação adequada de rejeitos sólidos e líquidos e a redução de CO₂.

De acordo com a presidente-executiva da ABCIC e coordenadora do Seminário de Pré-Fabricados no 64º Congresso Brasileiro do Concreto, Enga. Íria Doniak, o setor de pré-fabricados no Brasil traçou o roadmap para a sustentabilidade, que inclui o fortalecimento do Selo de Excelência e a obtenção das EPD. “Para avançarmos no tema sustentabilidade e fornecermos informações para o meio técnico e para sociedade, é necessário completarmos esta etapa e para isto necessitamos do engajamento de toda a cadeia de valor” afirmou.

Para ela, um primeiro passo neste sentido foi o lançamento recentemente do Sistema de Informação do Desempenho Ambiental da Construção (SIDAC), ferramenta on-line e automatiza que se propõe a compilar dados nacionais de materiais e produtos da construção e calcular indicadores de desempenho ambiental. Por enquanto, o sistema está concentrado no consumo de energia primária e nas emissões de CO₂ dos produtos da construção do berço ao portão da fábrica.

Três medidas principais foram destacadas pelos palestrantes para tornar a cadeia do concreto menos emissora de dióxido de carbono: reduzir a quantidade de clínquer no cimento, reduzir a quantidade de cimento no concreto e reduzir a quantidade de concreto e aço nas estruturas.

REDUÇÃO DE CLÍNQUER NO CIMENTO

O processo de fabricação do cimento é altamente emissor de dióxido de carbono, que é liberado tanto da reação química de decomposição do carbonato de cálcio quanto da queima de combustíveis fósseis nos fornos.

Para reduzir esse impacto ambiental, os fabricantes de cimento têm aumentado, desde a década de 1970, a porcentagem de adições nos cimentos, como escórias de alto forno e cinzas volantes, utilizando inteligentemente os resíduos de outras indústrias.

Estudo apresentado pela gerente de pesquisa e desenvolvimento da Votorantim, Sylvia Vieira, no Seminário de Sustentabilidade, mostrou que o cimento CP-III, com por-



Sylvia Vieira em momento de sua apresentação no Seminário de Sustentabilidade

centagem de, no mínimo, 30% de adições, apresenta melhor desempenho ambiental no concreto de classe de resistência de 30 MPa.

O Brasil ocupa posição de liderança quanto ao uso de adições em seus cimentos. Devido à boa disponibilidade das adições no país, à expertise da indústria cimenteira nacional na produção de cimentos compostos com teores elevados de adições, à normalização menos restritiva e à boa aceitação no mercado nacional, a produção de cimentos sem adições é quase irrelevante no país.

As escórias e cinzas volantes podem ser substituídas e complementadas com filler calcário e argila calcinada. Este subproduto da indústria de pedras ornamentais, adicionado adequadamente no cimento desempenha um efeito de preenchimento no concreto fresco, contribuindo com sua maior resistência e durabilidade.

A viabilidade técnica desta solução foi apresentada pelo professor da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Vanderley John, no Seminário de Pré-Fabricados. Pesquisas científicas estão atualmente em curso para comprovar a viabilidade técnica de novas adições e de

variadas misturas de materiais cimentícios suplementares.

A Associação Global de Cimento e Concreto (GCCA) prevê que 9% do abatimento das emissões globais de CO₂ das indústrias de cimento e concreto virá da substituição do clínquer no cimento por adições, incluindo os novos materiais cimentícios suplementares em estudo.

Quanto às emissões provenientes da queima de combustíveis fósseis para produção de cimentos, o Brasil e diversos países já fazem uso de combustíveis alternativos, como pneus, biomassa e rejeitos industriais, que, por serem, subprodutos de outras cadeias produtivas, não são contabilizados na ACV. Atualmente, falta pneus descartados e biomassa no país para atender a toda demanda da indústria cimenteira nacional. Por outro lado, existe uma limitação dos fornos para substituições maiores de coque de petróleo.

Existem também iniciativas para melhorar a eficiência energética dos fornos e mesmo para eletrificação dos fornos, com uso de energia limpa (hidrelétricas, solar e eólica).

Esses esforços poderão contribuir com

a redução de 11% nas emissões de carbono advindas da indústria cimenteira, segundo o GCCA.

Apesar dessas medidas em implantação e suas perspectivas de evolução, os palestrantes foram unânimes em afirmar que produzir cimento sem emissões de carbono é impossível. Se assim for, a neutralidade do cimento só poderá ser alcançada com tecnologias de captura, uso e armazenamento de carbono, ainda incipientes. “O GCCA prevê que 50% do CO₂ emitido pela indústria cimenteira terá que ser capturado, o que deve dobrar ou triplicar o custo do cimento”, avaliou Vieira.

REDUÇÃO DE CIMENTO NO CONCRETO

Adições e aditivos podem também ser usados na dosagem de concretos para reduzir o consumo de cimento. Os aditivos são produtos industrializados adicionadas no concreto para modificar suas propriedades no estado fresco e endurecido. Eles podem reduzir a quantidade de água necessária para a hidratação do cimento, controlar a reação de hidratação, incorporar ar, mudar a viscosidade do concreto, reduzir sua retração, entre outras coisas.

Pesquisas científicas têm demonstrado que a junção de um bom empacotamento de agregados com fileres e aditivos dispersantes é capaz de reduzir significativamente a quantidade de cimento na estrutura de concreto, sem compro-

meter sua resistência final à compressão.

Segundo Vanderley John, seu grupo de pesquisa foi capaz de produzir um concreto com pouco mais de 2 kg de cimento por metro cúbico para cada unidade de resistência à compressão, quando a média é mais de 10 kg por metro cúbico por MPa. Ele sustentou que, para tal, foi necessário sofisticar a produção de agregados, adições, cimentos e aditivos, o que encareceu sobremaneira o produto final. “Este concreto emitiu 52% menos CO₂, mas só se viabiliza economicamente com o imposto de carbono”, frisou.

O que não se sabe ainda é como a redução do cimento no concreto afetará sua durabilidade. Por isso, as normas de projeto e execução de estruturas de concreto limitam o uso de adições.

Por isso, o caminho mais promissor a curto e médio prazo é a industrialização da construção. Segundo a apresentação do engenheiro da CSN Cimentos, José de Abreu, no Seminário de Sustentabilidade, o concreto industrializado, vendido a granel, tem menor consumo de cimento e gera menos resíduos do que o concreto virado na obra, que usa cimento ensacado. O gerente de produtos e serviços técnicos da Cimento Apodi, Mário Guilge, foi além ao apresentar um estudo operacional na empresa que mostrou que concreto misturado na Central reduz em 20 kg a quantidade de cimento por metro cúbico de concreto em relação ao

concreto de uma Central apenas dosadora.

O papel da industrialização de produtos e materiais da construção para melhorar produtividade e sustentabilidade foi abordado também no Seminário de Argamassas Industrializadas, que tratou dos cuidados no seu uso em revestimento, assentamento e contrapisos.

Essas e outras soluções propostas para produzir concretos ecoeficientes devem reduzir as emissões de CO₂ no setor em 11%, segundo o GCCA.

DESMATERIALIZAÇÃO DAS ESTRUTURAS

Desmaterializar as estruturas é concebê-las para cumprir seus requisitos de segurança, funcionalidade e durabilidade com menor emprego de materiais e energia, com menos desperdícios e com a possibilidade de desmontá-la e utilizar suas peças, componentes e materiais em outras obras.

A desmaterialização da estrutura depende de decisões de projeto e execução, isto é, está nas mãos dos engenheiros civis e sobre esse poder foi a palestra do Presidente do IBRACON. Em estudo apresentado na palestra inaugural do 64º Congresso Brasileiro do Concreto, o Prof. Paulo Helene, apresentou um estudo detalhado de dimensionamento de pilares com foco na sustentabilidade. Segundo ele, ao passar um pilar de um edifício de 20 andares de 20 MPa para 50 MPa, com seção quadrada



Auditório lotado na apresentação de Mário Guilge no Seminário de Sustentabilidade



64° Congresso Brasileiro do Concreto

Florianópolis 2023

e altura de 2,9 m, é possível reduzir o volume de concreto, de aço e de fôrmas de maneira a gerar uma economia de materiais não renováveis e reduzir pela metade as emissões de CO₂.

Sua ideia foi corroborada pelo engenheiro da Leonardi Construções Industrializada, Felipe Camargo, em sua palestra no Seminário de Pré-Fabricados. Ele apresentou um case de um hotel em Limeira, São Paulo, com 26 pilares pré-fabricados, com volume de 146 m³ de concreto. A empresa optou por aumentar o f_{ck} de 50 MPa para 100 MPa, para facilitar a logística, o transporte para as obras e a montagem. Com isso, as seções dos pilares foram reduzidas em 40%.

A desmaterialização através do uso de concretos com maior desempenho, incluindo o UHPC, e outras tecnologias como o uso de protensão associado aos concretos de elevado desempenho também foi um tema abordado pela Eng. Íria na abertura do seminário.

Nesta mesma linha de argumentação, Vanderley John apresentou estudo em que a escolha da tipologia estrutural de lajes pré-fabricadas do CICS (Centro de Inovação de Construção Sustentável), laboratório que está sendo construído na POLI-USP, foi determinante para mitigar as emissões de gases do efeito estufa em até 30%.

A redução da área de aço na peça com CA 50 de alta resistência foi ressaltada pela engenheira da ArcelorMittal, Mary Alissan Correa, em sua apresentação no Seminário de Pré-Fabricados. Além dele, ela citou a mistura de aço e microfibras de polipropileno e a protensão como soluções para desmaterializar as estruturas de concreto. A empresa já possui aço feito com 100% de material reciclado e vergalhão com EPD.

Para o diretor da França e Associados Projetos Estruturais, Ricardo França, que apresentou cases de obras com concreto pré-fabricado com diminuição na taxa de armaduras e com uso de lajes protendidas, “hoje em dia já se pode confiar na entrega de concretos com 50 MPa das centrais, o que traz ganhos nas dimensões dos pilares”.

A desmaterialização obtida no projeto e a construção deve contribuir com 22% de redução nas emissões de CO₂, na projeção do GCCA para atingir a neutralidade de carbono em 2050.

A carbonatação natural do concreto e o uso de dióxido de carbono para curar



Ricardo França na apresentação no Seminário de Pré-Fabricados

o concreto podem reduzir em mais de 6% a emissão original de gases estufa. Essas tecnologias foram apresentadas pela Profa, Edna Possan, da Universidade de Integração Latino-Americana, e o engenheiro da CarbonCure, Daniel Aleixo, no Seminário de Sustentabilidade.

Com todas essas iniciativas ainda não se atinge a neutralidade do carbono na cadeia do concreto. A aposta atual é que essa enorme quantidade de carbono emitido será capturada, usada ou estocada por meio de tecnologias atualmente em escala piloto.

Para tirar a limpo essa contabilidade



O diretor do IBRACON e coordenador do Seminário de Sustentabilidade, Carlos Massucato, em uma de suas intervenções



Marcos Monteiro em sua apresentação no Seminário de Gestão de Pontes e Viadutos

na cadeia do concreto no país, o Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON), organizador do 64º Congresso Brasileiro do Concreto, tem mobilizado profissionais no sentido de realizar mais estudos para estabelecer parâmetros e indicadores de desempenho ambiental para a construção nacional, que possam efetivamente contribuir com o balanço das emissões de carbono pela cadeia do concreto.

Segundo o coordenador do Comitê Técnico IBRACON/ABECE/ABCIC de Sustentabilidade do Concreto (CT-101), Eng. Carlos Massucato, que palestrou no Seminário de Sustentabilidade e no Seminário de Pré-Fabricados, o IBRACON está mobilizado para lançar na próxima edição do Congresso Brasileiro do Concreto uma prática recomendada sobre avaliação do

desempenho ambiental de materiais cimentícios e estruturas de concreto armado, para orientar e padronizar esses indicadores para o setor.

Um dos objetivos é, por exemplo, estimar o potencial de fixação de CO₂ por recarbonatação de materiais cimentícios ao longo de seu ciclo de vida, para refinar sua contribuição para a neutralidade do carbono na cadeia.

MANUTENÇÃO DAS ESTRUTURAS

Outro aspecto importante da sustentabilidade diz respeito à sua durabilidade, pois quanto mais uma obra se mantém em serviço, menor serão seus impactos ambientais, pois esses se concentram na sua construção e podem ser melhor geridos, com as atuais tecnologias de reuso de água, economia de energia e melhor destinação de resíduos, na sua fase de uso. Além disso, maior durabilidade implica menos recursos materiais e energéticos consumidos pelo setor construtivo.

Paulo Helene argumentou em sua palestra de abertura que passar do concreto com 20 MPa para o concreto com 50 MPa faz cair o coeficiente de difusão de agentes agressivos do meio para dentro da estrutura em cerca de três vezes, implicando aumento da vida útil de 30 anos para 270 anos.

Esses assuntos relativos à manutenção e reabilitação de estruturas de concreto foram extensamente abordados no Seminário de gestão de pontes e viadutos, no Seminário sobre reabilitação de estruturas de concreto, no Seminário de incêndio e no Seminário de tecnologia de impermeabilização.

O secretário municipal de infraestrutura urbana e obras de São Paulo, Marcos Monteiro,

apresentou no Seminário de gestão de pontes e viadutos o programa de manutenção de obras de arte especiais do município. Ele relatou que as inspeções em pontes e viadutos são feitas a cada dois anos e que, se necessitarem de recuperação e reforço, a normativa da prefeitura admite aditivo de até 25% no contrato com a empresa que fez a inspeção, o que, segundo ele, agiliza a reabilitação da obra.

Até o final da gestão, a previsão é realizar 390 intervenções nas pontes e viadutos da cidade de São Paulo.

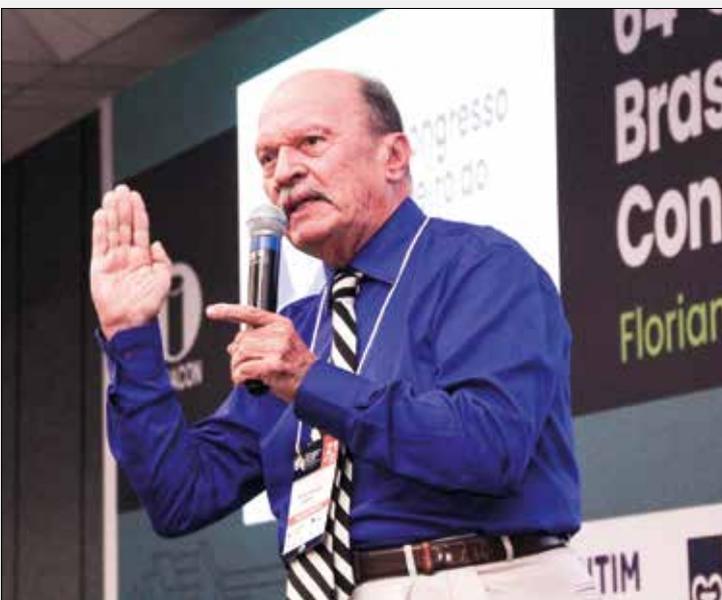
A gestão de pontes e viadutos avança também em nível federal. Segundo o engenheiro do Departamento Nacional de Infraestrutura (DNIT), Rogério Calazans Verly, o número de obras de arte com contratos para manutenção subiu de 22, em 2018, para 1119 em 2023, devendo este número de contratação se repetir em 2024.

Calazans abordou em sua palestra no Seminário o contexto de surgimento e modernização do Sistema de Gestão de Pontes do DNIT.

Neste mesmo Seminário, o engenheiro Carlos Siqueira mostrou como se faz a inspeção submersa na Ponte Rio-Niterói, que completará 50 anos em 2014. Segundo ele, com a concessão da ponte em 1995, um programa de manutenção vem recuperando paulatinamente a ponte, de maneira que, em 2026, ela será 5% melhor de quando foi construída, devido ao reforço que recebeu com cabos externos de protensão.

Por fim, o vice-presidente do IBRACON e coordenador do Seminário de gestão de pontes e viadutos, Julio Timerman, apresentou o estágio atual da normalização brasileira no que diz respeito à inspeção e manutenção de pontes. Ele elucidou aspectos importantes da ABNT NBR 9452, abordando seus parâmetros de avaliação, os critérios para classificação das obras de arte quanto a esses parâmetros, os tipos de inspeções e o uso do BIM em inspeções.

“Os trabalhos na ABNT devem avançar no ano que vem para lançar mais duas normas de inspeção — uma para túneis e outra para obras de saneamento — o que deve contribuir ainda mais para despertar governo e sociedade quanto à importância da manutenção de obras”, arrematou Timerman.



Carlos Siqueira em momento de sua apresentação

Conferências trouxeram os avanços em pesquisa sobre **resistência ao fogo, durabilidade e sustentabilidade**

As atividades no 64º Congresso Brasileiro do Concreto são iniciadas com as conferências plenárias, palestras com renomados pesquisadores sobre os limiares das pesquisas sobre o concreto.

Para a edição, os professores da Michigan State University, Venkatesh Kodur, da Loughborough, Sérgio Cavalaro, e da Drexel University, Ahmad Hamid, abordaram suas pesquisas sobre o comportamento do concreto sob incêndio, a impressão 3D e a sustentabilidade do envelope externo de edifícios, respectivamente.

SEGURANÇA DAS ESTRUTURAS SOB INCÊNDIO

A proteção da estrutura de concreto contra o fogo, além de contribuir com sua vida útil, é o que permite aos seus usuários evacuarem a edificação com segurança. O tema foi tratado pelo professor da Universidade Estadual de Michigan, Venkatesh Kodur, em sua conferência plenária e no Seminário de incêndio.

Kodur formou-se em engenharia civil na University Visveswaraya, na Índia, fez mestrado e doutorado na Queen's University, no



Prof. Venkatesh Kodur em momento de sua apresentação

Canadá, onde se juntou ao National Research Council como cientista sênior, investigando extensamente a segurança das estruturas sob incêndio. Finalmente, em 2005, ele passou a integrar a Michigan State University, onde ele estabeleceu o *Center on Structural Fire Safety*, com equipamentos avançados para ensaios de estruturas sob fogo e um programa de pesquisa na área.

Sua curiosidade pela área de segurança das estruturas sob incêndio começou com os danos causados pelo fogo no Eurotúnel, atribuídos principalmente ao concreto de alto desempenho pelos

engenheiros franceses que inspecionaram o túnel incendiado. “Aquilo me motivou a entender o problema e como solucioná-lo. Por isso, eu fiz parte de vários projetos com a Portland Cement Association, nos Estados Unidos, e com as universidades do Canadá e outros países”, conta Kodur.

Suas pesquisas na área contribuíram para o desenvolvimento de novas técnicas e métodos para minimizar os problemas provocados pelo fogo nas estruturas de concreto. Kodur apresentou, no Congresso, novas ferramentas de diagnóstico dos danos causados por incêndio, modelos de previsão de quanto tempo uma determinada estrutura resiste ao fogo e quais as ferramentas que previnem as estruturas sob incêndio de colapsar.

Ao contrário do que diz o senso comum, Kodur alertou que incêndio em obras é um problema corriqueiro e sério. Por isso, ele recomendou fortemente que se deve projetar estruturas para resistir ao fogo como se faz para enfrentar as mudanças climáticas.

A principal mensagem de sua palestra para o auditório lotado no Centrosul foi que os engenheiros civis devem superar as recomendações prescritivas das normas técnicas, por que estas não se aplicam a estruturas modernas esbeltas e com vazios, e passar a adotar cada vez mais recomendações de desempenho, baseada em estudos do comportamento das estruturas de concreto sob fogo.

Dentre as recomendações feitas por ele, destaca-se os ganchos dos estribos em 135° e o uso de estribos cruzados, o uso de concreto de alto desempenho com agregado carbonático e com menos sílica ativa e menor teor de umidade, o melhor desempenho de colunas com duas faces expostas ao fogo e o uso de fibras metálicas combinadas com fibras de polipropileno — a primeira resiste a tensões provocadas pelo aquecimento da estrutura e a segunda confere a permeabilidade



Auditório lotado na palestra do Prof. Kodur

necessária para que os vapores formados no interior das estruturas consigam sair, reduzindo o *spalling*.

IMPRESSÃO 3D E DURABILIDADE DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

A impressão 3D de elementos e estruturas de concreto foi um dos temas abordado pelo pesquisador brasileiro na Universidade de Loughborough, Inglaterra, Prof. Sérgio Cavalaro, em sua conferência no Congresso.

Cavalaro se formou, em 2006, na Universidade Estadual de Londrina. Foi fazer seu doutorado na Espanha, na Universidade da Catalunha, e, 10 anos depois, foi trabalhar, como professor, na Loughborough University, na Inglaterra.

“Trabalhei no doutorado com aspectos tecnológicos e de dimensionamento de túneis. Mas, o que foi o maior ensinamento no doutorado, não foi o tema em si, mas a filosofia de trabalho e a forma de entender a pesquisa”, confessa.

Seus estudos sobre a impressão 3D têm revelado tendências nas propriedades das argamassas e concretos distintas das comumente conhecidas nas argamassas e concretos convencionais, que se tornam ainda mais proeminentes ao escalar a solução estudada. Quando ainda era pesquisador na Universidade da Catalunha, na Espanha, em 2016, Cavalaro participou do projeto de impressão dos módulos de concreto de uma passarela para um parque na região.

Segundo ele, a escala pequena de uma ideia é essencial para gerar evidências preliminares, “sendo ainda mais importante num contexto de recursos limitados, onde se deve pensar grande e meditar como realmente seu projeto vai gerar impacto lá na frente”.

Em 2003, na Universidade de Loughborough, Cavalaro começou a trabalhar com impressão 3D por extrusão, com uso de robôs, alimentados por um misturador de concreto. Atualmente, ele deu um passo além com a manufatura híbrida, na qual não se trata apenas de imprimir as peças em 3D, mas de agregar outros processos, como colocar armaduras e fazer o acabamento.

A manufatura híbrida tem produzido peças singulares, com formas e detalhes complexos. Mas, ela não é ainda uma tecnologia madura, pois são produzidas muitas peças com defeitos para obter uma peça boa. “E não é uma inovação para ser

aplicada na produção em massa”, complementou Cavalaro.

Outro tema tratado por ele foi a durabilidade. Ele argumentou que quanto mais se estende a vida útil da estrutura, menor é seu impacto ambiental.

Uma estimativa trazida por ele apontou o custo da manutenção no Reino Unido a partir de 2060: com ele seria possível construir uma linha de trem de alta velocidade a cada ano. Por isso, sua equipe na Universidade de Loughborough está trabalhando para criar soluções técnicas de reparo de obras que aumentem a produtividade no setor, em queda desde 1970.

O Reino Unido vivenciou uma crise com o concreto celular armado, usado em muitas obras, principalmente em peças fletidas em coberturas de hospitais e escolas. O colapso de uma edificação feita com concreto celular armado na Escócia, em 2019, acendeu o alerta no governo britânico, que levou ao fechamento de 120 escolas.

A equipe de Cavalaro fez diversos ensaios nessas estruturas, cujos resultados embasaram o lançamento

de um guia para inspeções rotineiras dessas obras, classificando-as quanto à sua criticidade e, assim, possibilitando que as aulas fossem retomadas.

Segundo Cavalaro, assegurar a durabilidade é um parâmetro essencial para a sustentabilidade do setor. No entanto, para isso, o projeto da obra precisa contemplar seus diferentes usos no tempo, habilitando o que ele chamou de multivida de uma obra.

O ENVELOPE EXTERNO DO EDIFÍCIO E A SUSTENTABILIDADE

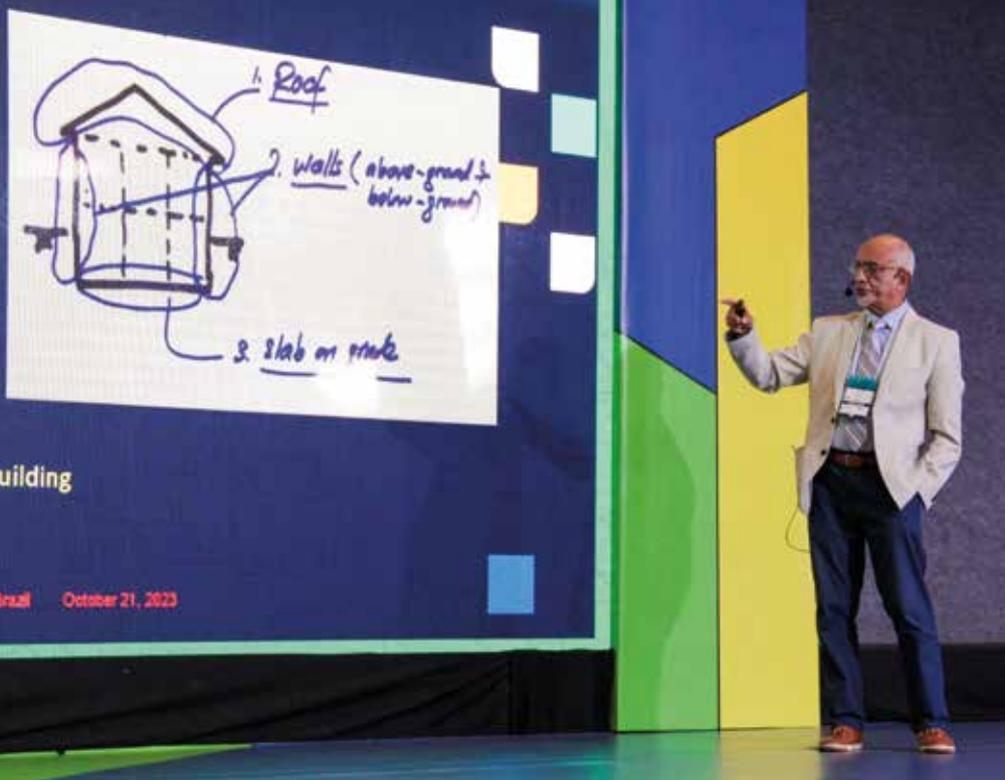
A importância do envelope externo de uma edificação para sua sustentabilidade foi o tema explorado pelo professor da Drexter University, nos Estados Unidos,



Plateia assiste à apresentação do Prof. Cavalaro



Prof. Sérgio Cavalaro em momento de sua palestra



Prof. Ahmed Hamid explicando o que é o envelope da edificação

Ahmed Hamid, que tem mais de 50 anos de experiência em educação, pesquisa e consultoria em projeto de retrofit de estruturas de concreto e em alvenaria estrutural. Ele conceituou que todas as partes

da edificação que servem como barreiras para as condições adversas do ambiente externo, como paredes, portas e janelas, cobertura e piso inferior, formam o envelope da edificação.



Momento da palestra do Prof. Hamid

Esse envelope deve ser projetado para assegurar um ambiente interno saudável, produtivo e capaz de garantir o uso eficiente de energia, água e outros recursos.

Um projeto adequado permite reduzir o consumo de energia em até 50% por meio de paredes e janelas isolantes, que privilegiem a iluminação e ventilação natural, de modo a manter o ambiente interno com poucas flutuações.

“Precisamos reduzir o consumo de energia nas edificações e a forma de fazer isso é por meio do envelope externo, com paredes isolantes e com janelas com uma alta resistência térmica. Assim, recomendo que os engenheiros prestem mais atenção às paredes e janelas dos prédios”, sustentou em sua palestra.

Sua mensagem neste quesito foi que um projeto bem feito no quesito acima melhora o desempenho do prédio e diminui os custos operacionais e de manutenção.

Ele incentivou também o uso de materiais reciclados e de produtos sustentáveis, como o bloco de concreto aerado autoclavado, para compor as vedações.

Por fim, abordou os cuidados para assegurar que a vedação seja durável, resistente adequadamente às ações horizontais e à umidade.

Segundo ele, a durabilidade das vedações pode ser estendida com o uso de concreto de boa qualidade, com alvenarias de blocos de concreto que não necessite de pintura.

Aspectos construtivos, como selantes de qualidade para vedar a interface de esquadrias e vedações, uso de energia solar e telhados verdes, e outros pontos favoráveis à sustentabilidade e melhoria da eficiência energética foram destacados.

Ao final, comentou alguns aspectos estruturais, em especial maneiras de se evitar efeitos catastróficos em ocorrências naturais extraordinárias, como a ocorrida no recente terremoto da Turquia, cujas consequências foram avaliadas pelo palestrante. Para evitar danos à alvenaria decorrentes de forças horizontais, o projetista deve decidir se ela vai participar ou não do sistema de contraventamento estrutural. Se a alvenaria for participante, então seu projeto deve se basear no seu desempenho e evitar irregularidades estruturais. Especial atenção deve ser dada aos pilares, em especial, o detalhamento da armadura.

IBRACON premia profissionais e entrega títulos na abertura do Congresso

Foram entregues títulos de sócios honorários, homenageados os profissionais de destaque do ano e premiadas as disser-

tações de mestrado na cerimônia de abertura do 64º Congresso Brasileiro do Concreto.

Prêmio Profissionais de Destaques do Ano

O Prêmio reconhece profissionais com contribuições significativas para o avanço do conhecimento científico e tecnológico do concreto no país. A indicação é livre para os associados, a esco-

lha é feita por comissões e pautada por critérios técnicos, sendo a decisão final do Conselho Diretor e diretoria do IBRACON. Conheça os agraciados!

▷ Prêmio Ary Frederico Torres

▶ Destaque em **Tecnologia de Estruturas de Concreto**

▶ Roberto **Dakuzaku**



Roberto Dakuzaku com prêmio entregue pelo diretor-secretário do IBRACON, Carlos Massucato

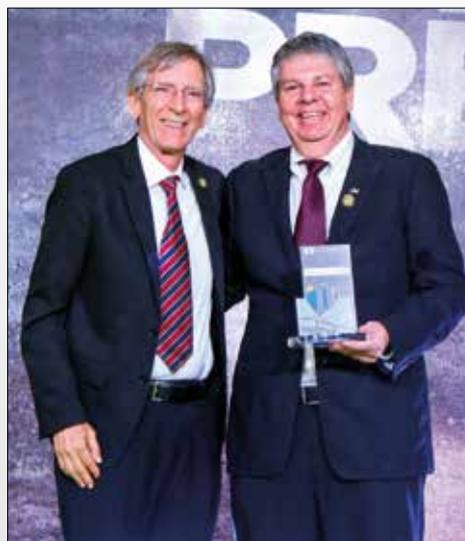
Engenheiro civil especializado em Tecnologia do Concreto. Coordenou atividades de controle tecnológico do concreto, inspeções técnicas para diagnóstico e tratamento de patologias estruturais, recuperação e reforço de estruturas na Falcão Bauer. Diretor técnico

e consultor independente nas empresas Takashima e Idetk, tendo participado de importantes obras, como as do Metrô em São Paulo, Rio de Janeiro e Fortaleza, Porto Maravilha, Museu do Amanhã, duplicação da Rodovia dos Tamoios e túnel de blindagem do Acelerador de Partículas de Luz Síncrotron - Projeto Sirius.

▷ Prêmio Gilberto Molinari

▶ Reconhecimento aos **relevantes serviços prestados ao IBRACON**

▶ Guilherme **Parsekian**



Guilherme Parsekian com prêmio entregue pelo diretor-secretário do IBRACON, Cláudio Sbrighi Neto

Engenheiro civil pela Universidade Federal de São Carlos, com mestrado e doutorado pela Universidade de São Paulo, e pós-doutorado pela Universidade de Calgary. Professor associado e coordenador do Programa de Internacionalização em Materiais Estratégicos da Universidade Federal de São Carlos e

Coordenador do Comitê de Normalização em Alvenaria Estrutural. Contribui com o IBRACON há mais de dez anos, como membro e Presidente do Comitê Editorial da Revista 'Concreto & Construções', editor-chefe da *IBRACON Structures and Materials Journal* e Diretor de Publicações do IBRACON.



64° Congresso Brasileiro do Concreto Florianópolis 2023

▷ Prêmio Francisco de Assis Basílio

▶ Destaque em **Engenharia de Concreto na Região do CBC**

▶ Denis **Fernandes Weidmann**



Denis Weidmann com prêmio entregue pelo diretor regional de SC, Joélcio Stocco

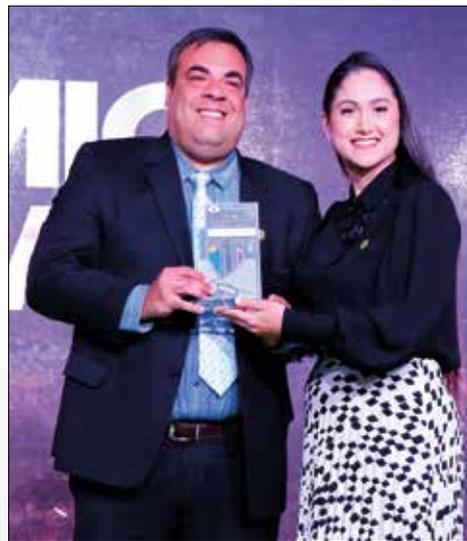
Engenheiro civil e mestre pela Universidade Federal de Santa Catarina, e Especialização em Gestão Estratégica de Vendas e Negócios pela Fundação Getúlio Vargas. Fundador e sócio-diretor da PWD Consultoria em Concretos, onde atua como consultor de empresas de

pré-fabricados, serviços de concretagem, produção de agregados e de construtoras nacionais e internacionais, em importantes obras como a Ponte Hercílio Luz e os grandes edifícios de Balneário Camboriú. Foi Diretor Técnico da Regional IBRACON de Santa Catarina.

▷ Prêmio Lobo Carneiro

▶ Destaque em **Engenharia de Pesquisa em Estrutura de Concreto**

▶ Leandro **Mouta Trautwein**



Leandro Trautwein recebe o prêmio da diretora tesoureira do IBRACON, Jéssica Pacheco

Engenheiro civil pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás, com mestrado em Estruturas e Construção pela Universidade de Brasília e doutorado em Engenharia Civil pela Escola Politécnica da USP. Professor da Universidade Estadual de Campinas e líder do Grupo de Monitoração e Análise Numérica de Estruturas e do

Laboratório de Modelagem Estrutural e Monitoração.



Rodrigo Cassol, filho de Ademar Cassol, recebe o prêmio da presidente-executiva da ABCIC, Íria Doniak

▷ Prêmio Oscar Niemeyer

▶ Destaque em **Projeto de Arquitetura de Concreto**

▶ Ademar **José Cassol**

Em memória ao responsável por construir e fortalecer o Grupo Cassol.

Atuou com distinção como arquiteto e professor da Universidade Federal de Santa Catarina. Formou-se em arquitetura na Universidade Federal do Rio Grande Do Sul, tendo projetado, entre muitos empreendimentos no Brasil, o Beiramar Shopping em Florianópolis.

Prêmio de Teses e Dissertações

Para prestigiar os trabalhos cadastrados no CONCRETO Brasil, banco de teses e dissertações dedicadas ao concreto, o IBRACON concedeu Prêmio de Teses e Dissertações a um

trabalho na área de estruturas e outro na área de materiais e técnicas, por suas contribuições para o conhecimento científico sobre o concreto.

▶ Melhor Dissertação em Estruturas

- ▶ Contribuição ao **Estudo de Paredes de Concreto Moldadas in loco**

▽ Autor

▶ **Amâncio da Cruz Filgueira Filho**

▽ Orientador

▶ **Prof. Romilde Almeida de Oliveira**

A dissertação teve como objetivo apresentar conceitos e procedimentos adotados para edificações em paredes de concreto, principalmente no que diz respeito à norma ABNT NBR 16055:2012, como também práticas que vêm sendo adotadas no mercado para edificações desse sistema. Discutir a partir de resultados via modelagem numérica se os procedimentos citados anteriormente são válidos, buscar soluções de situações ainda não resolvidas para o sistema, objetivos os quais tem por finalidade a potencialização do sistema construtivo.

Universidade Católica de Pernambuco



Amâncio da Cruz (esq.) recebe o prêmio das mãos do diretor de P&D do IBRACON, Roberto Christ

Universidade Estadual do Norte Fluminense



Andréia de Siqueira (esq.) recebe o prêmio das mãos da diretora de P&D do IBRACON, Fernanda Pacheco

▶ Melhor Dissertação em Materiais e Técnicas

- ▶ Produção e Caracterização de Cimentos Compostos **com Cinza do Bagaço de Cana de Açúcar e Filer Calcário**

▽ Autora

▶ **Andréia Arenari de Siqueira**

▽ Orientador

▶ **Guilherme Chagas Cordeiro**

A dissertação tece como objetivo avaliar a influência da substituição parcial de clínquer Portland por cinza do bagaço da cana de açúcar e filer calcário nas propriedades de hidratação, reologia, resistência à compressão e durabilidade de misturas cimentícias.

Sócios-honorários

O título de sócio-honorário é a maior comenda concedida a um profissional pelo IBRACON. Sua concessão é proposta pelo Conselho Diretor e referendada pela Assembleia Geral.



**64º Congresso
Brasileiro do
Concreto**
Florianópolis 2023

▷ Aluizio **D'Ávila**



Cléber Hardt recebe o título concedido a Aluizio D'Ávila das mãos do presidente da ABECE, Luiz Aurélio

Engenheiro civil pela Universidade Mackenzie, fundou a empresa Aluizio A. M. D'Ávila Engenharia de Projetos, em atividade desde 1959. Trabalhando em conjunto com os maiores arquitetos, incorporadoras e construtoras do Brasil, América do Sul

e África, elaborou projetos para aproximadamente 5 milhões de metros cúbicos de concreto estrutural, correspondendo a 28 milhões de metros quadrados de área construída, sendo 4 mil edifícios residenciais e comerciais.

▷ Marcos **Monteiro**



Marcos Monteiro com o título recebido do vice-presidente do IBRACON, Julio Timerman

Engenheiro civil pela Universidade Mackenzie, com pós-graduação em Engenharia de Estruturas pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e MBA pela Escola de Administração de Mauá. Professor de Estruturas de Concreto Armado e da Pós-Graduação

em Gerenciamento de Canteiros da Escola de Engenharia Mauá e do Curso de Pós-Graduação em Estruturas de Concreto Armado do Mackenzie. Foi presidente da ABECE e atualmente é Secretário Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras de São Paulo.

▷ Maria **Alba Cincotto** (*in memoriam*)



Formou-se em química pela Universidade de São Paulo, fez mestrado e doutorado em Engenharia Química pela Escola Politécnica da USP. Trabalhou por 32 anos no Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, principalmente no laboratório de química de materiais. Sócia-fundadora do IBRACON, foi professora da Poli-USP por 40 anos.

Zelma Cincotto, irmã de Maria Alba, recebe o título do vice-presidente do IBRACON, Enio Pazini Figueiredo

IBRACON lança novas publicações técnicas



Diretores Guilherme Parsekian e Paulo Fernando (dir.) recebem os coordenadores e editores das publicações lançadas no evento

Com o intuito de contribuir com a formação de alunos de engenharia civil e com profissionais que atuam na cadeia do concreto, o IBRACON lança regularmente publicações técnicas para esse público.

No 64º Congresso Brasileiro do Concreto, foram lançadas quatro publicações em sessões de autógrafos e em seminários.

No dia 18 de outubro, foi lançado o Livro do Concurso Ousadia, que traz uma retrospectiva de todas as edições do con-

curso e recomendações para quem quer participar dessas competições. Fruto do trabalho da diretoria de atividades estudantis, a publicação foi coordenada por Jéssica Andrade Dantas, Juliana Villar e Patrícia Santivo Bonilha.

ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO – VOL. 2

A Coleção Estruturas de Concreto se propõe trazer temas básicos e avançados relacionados ao projeto de estruturas de concreto para a adequada formação do engenheiro civil e o aperfeiçoamento dos profissionais atuantes no setor.

Cada capítulo é escrito por experientes professores e engenheiros de estruturas, selecionados para o projeto e coordenados pelos editores Alio Ernesto Kimura, Guilherme Aris Parsekian, Luiz Carlos de Almeida, Sergio Hampshire de Carvalho Santos e Túlio Nogueira Bittencourt.

O segundo volume da coleção, com nove capítulos perfazendo 716 páginas, foi lançado no dia 19 de outubro, com a participação de editores e autores.

Além de contar com a apresentação de fundamentos e conceitos teóricos que

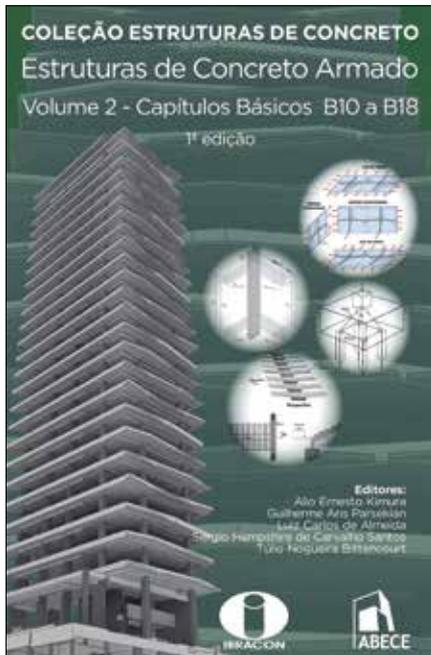


Editores e autores marcam presença no lançamento do Volume 2 da Coleção



64° Congresso Brasileiro do Concreto

Florianópolis 2023



servem de base para o correto aprendizado sobre temas relacionados com o projeto de estruturas de concreto, os capítulos desse livro possuem também exemplos práticos, sendo alguns deles resolvidos com o auxílio de ferramentas computacionais que fazem parte do atual cenário profissional.

Seus capítulos versam sobre os seguintes temas: 10. Estados Limites de Serviço, 11. Flexão Composta, 12. Estabilidade Global e Deslocabilidade Lateral, 13. Pilares Retangulares, 14. Fundações, 15. Escadas, 16. Estruturas de Contenção, 17. Reservatórios e Piscinas, 18.

INSPEÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO VISANDO AVALIAR MANIFESTAÇÕES DA REAÇÃO ÁLCALI-AGREGADO (RAA) E ETRINGITA TARDIA (DEF)

A Prática Recomendada traz um roteiro para auxiliar o diagnóstico da ocorrência da reação álcali-agregado (RAA) e da etringita tardia (DEF) em estruturas suspeitas de apresentar essas manifestações patológicas.

Resultado do trabalho do CT 201 Comitê Técnico de Reações Expansivas, coordenado por Arnaldo Battagin e Cláudio Sbrighi Neto, e secretariado por Flavio André da Cunha Munhoz, a prática recomendada,



Editores e autores posam para registro do lançamento da prática

revisada por Selmo Kuperman, foi lançada no dia 19 de outubro, durante coquetel oferecido pelos apoiadores da obra.

Com 51 páginas, a publicação abrange os conceitos das reações expansivas, a metodologia de inspeção recomendada, exemplos de manifestações visíveis e sintomas de reação álcali-agregado (RAA) e da etringita tardia (DEF), nas condições de campo e sua confirmação por métodos de análise e ensaios laboratoriais.

Ela é voltada aos profissionais envolvidos com recuperação e reabilitação de estruturas de concreto.

REFORÇO DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS DE CONCRETO COM SISTEMAS DE POLÍMEROS REFORÇADOS COM FIBRAS (FRP) APLICADO EXTERNAMENTE

Com o propósito de difundir as boas práticas de engenharia e também

estabelecer as bases para futuros trabalhos de normalização técnica, o CT 303 - Comitê Técnico IBRACON/ABECE de Materiais Não Convencionais para Reforço de Estruturas





Integrantes do CT 303 no lançamento da prática

de Concreto, Fibras e Concreto Reforçado com Fibras, trabalhou no desenvolvimento desta Prática Recomendada sobre Estruturas de Concreto Armado com Barras de Polímero Reforçado com Fibras (FRP).

A prática foi lançada no dia 20 de outubro, com a presença do coordenador

Marco Antonio Carnio e demais autores.

Com 63 páginas, a publicação versa sobre o Projeto de Estruturas de Concreto Armado com Barras de FRP e a Especificação, Classificação e Ensaio das Barras de FRP.

As publicações foram oferecidas aos congressistas com desconto espe-



cial, em agradecimento pela participação presencial em Florianópolis. Todas as publicações podem ser adquiridas na Loja Virtual do site do IBRACON (www.ibracon.org.br). ©



NO PRUMO

Compartilhar teoria e prática da construção civil, com leveza, didatismo e criatividade. Esta é a proposta do livro "No Prumo".

O livro é dividido em duas partes. A primeira traça a história da construção no Brasil e sua relação com a cultura. A segunda revela, na prática, os conceitos e as técnicas consolidadas ao longo dessa história.

A publicação oferece uma leitura atual de temas que vão do projeto e da análise de solo ao serviços de concretagem, sistemas construtivos e sustentabilidade.

Com textos de Paulo Helene, professor titular da USP e diretor-presidente do IBRACON, e diretor da PhD Engenharia, e de Guilherme Aragão, jornalista e escritor, especialista em formação política e econômica do Brasil.

FORMATO: 21 x 29 cm
PÁGINAS: 170
ANO: 2017
VENDAS: Loja virtual (www.ibracon.org.br)

64º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO

Concursos estudantis movimentaram o Brasileiro do Concreto



S em dúvida, as sessões mais festivas, descontraídas, joviais e barulhentas do 64º Congresso Brasileiro do Concreto são os concursos estudantis promovidos pelo Instituto Brasileiro do Concreto.

Essas competições atraem estudantes de engenharia e arquitetura de Brasil inteiro para o maior evento técnico-

Concurso Concreto Colorido de Alta Resistência (COCAR)

O concurso desafia os competidores a confeccionar concretos coloridos de alta resistência à compressão. A pontuação das equipes é decorrente de três etapas: caracterização do corpo de prova quanto às suas dimensões e massa; determinação de sua resistência à compressão e análise da coloração e homogeneidade interna. Participaram da competição 259 alunos divididos em 31 equipes com 57 corpos de prova.

O concurso foi patrocinado pela Lanxess.

▶ 2º lugar

▷ IMT



Equipe: Concreto Mauá
Pontuação: 213,25

Premiação COCAR 2023

▶ 1º lugar

▷ USP São Carlos



Equipe: Econ
Pontuação: 215,09

▶ 3º lugar

▷ PUC Minas



Equipe: Concreto UAI
Pontuação: 210,44

64º Congresso



64º Congresso Brasileiro do Concreto
Florianópolis 2023

-científico nacional sobre o concreto e contribuem para que os alunos aprendem, na prática, o que é ensinado em salas de aula.

Os palestrantes estrangeiros ficaram bastante impressionados com a curiosidade e a motivação dos estudantes. “O que mais me impressionou no Congresso foi a participação dos estudantes e os jovens engenheiros, vindo ao

evento para aprender, competir e ganhar prêmios. Enfatizar a geração jovem é capaz de produzir um grande impacto!”, avaliou Ahmad Hamid.

Por seu desempenho no conjunto dos concursos, a equipe do Instituto Mauá de Tecnologia ganhou a medalha CONCRETO IBRACON 2023, patrocinada pela TQS Informática.

Concurso **CONCREBOL**

Construir uma esfera leve e resistente de concreto, com dimensões estabelecidas, capaz de rolar numa trajetória retilínea. Este é o desafio do Concurso Técnico CONCREBOL, que testa as capacidades dos competidores em desenvolver concretos homogêneos e resistentes, bem como métodos construtivos racionalizados.

A pontuação final é formada por coeficientes relativos a medidas de diâmetro, volume e massa da bola; de uniformidade física da bola; e de resistência à compressão do concreto.

Participaram da competição 212 alunos agrupados em 21 equipes com 39 bolas.

O concurso foi patrocinado pela Cimento Nacional.

▶ 2º lugar

▷ Mackenzie



Equipe: Mack Concreto
Pontuação: 0,91

Premiação **CONCREBOL 2023**

▶ 1º lugar

▷ IMT



Equipe: Concreto Mauá
Pontuação: 1,8

▶ 3º lugar

▷ USP São Carlos



Equipe: Econ
Pontuação: 0,74

Concurso **Aparato de Proteção ao Ovo (APO)**

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

Os pórticos têm suas dimensões avaliadas e suas massas determinadas antes dos ensaios. Os aparatos que não atendem aos requisitos do Regulamento são desclassificados.

Nesta edição, se inscreveram 17 equipes, totalizando 218 estudantes, que concorreram com 23 aparatos.

No ensaio de carregamento dinâmico os pórticos têm que resistir ao impacto de um cilindro metálico, com 50 mm de diâmetro e massa de 15 kg, solto de alturas progressivas de um metro a 2,5 metros.

Vence o concurso a equipe cujo APO suporta a máxima carga (soma das alturas de impacto) antes de o ovo ser danificado.

O concurso foi patrocinado pela Cimento Nacional.

Premiação **APO 2023**

▶ 1º lugar

▷ IMT



Equipe: Concreto Mauá
Pontuação: 9,5

▶ 2º lugar

▷ PUC Minas



Equipe: Concreto UAI
Pontuação: 7

▶ 3º lugar

▷ UFBA



Equipe: Concreto UFBA
Pontuação: 7



64° Congresso Brasileiro do Concreto Florianópolis 2023

Concurso **Ousadia**

O concurso desafiou os estudantes de arquitetura e engenharia a elaborar o projeto básico de infraestrutura que contemple a melhoria do sistema viário de Florianópolis entre a Avenida Mauro Ramos e a Rua da Saudade, em ambos os sentidos.

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

Participaram da competição 7 equipes com 7 projetos, totalizando 75 alunos.

Os três projetos mais bem pontuados receberam os prêmios de Vencedor (1º lugar), Destaque (2º lugar) e Mérito (3º lugar).

O concurso foi patrocinado pela ConcreteShow.

Premiação **Ousadia 2023**

▶ 1º lugar

▷ UFRJ



Equipe: Minerva Civil
Pontuação: 69,306

▶ 2º lugar

▷ USP São Carlos



Equipe: Econ
Pontuação: 67,545

▶ 3º lugar

▷ PUC Minas



Equipe: Concreto UAI
Pontuação: 65,299

Concreto: **Quem sabe faz ao vivo**

O concurso avalia os competidores quanto à capacidade de dosarem concretos autoadensáveis coesos e translúcidos, com baixo consumo de cimento e alta resistência à compressão em 24 horas.

Com a participação de 125 estudantes, cada uma das 25 equipes recebeu cimento, adições, agregados, aditivos e água, e teve 50 minutos para realizar a dosagem do concreto, para a moldagem de dois corpos de prova cilíndricos, com 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura, e de uma placa com fibras translúcidas.

A pontuação final de cada equipe considera a resistência à compressão do corpo de prova, o consumo de cimento, os coeficientes de espalhamento, estabilidade visual e de acabamento superficial.

O concurso foi patrocinado pela Votorantim Cimentos.

▶ 2º lugar

▷ IMT



Equipe: Concreto Mauá
Pontuação: 2578,56

▶ Menção Honrosa

▷ USP São Carlos



Equipe: Econ

Concurso CONCRETO: **Quem sabe faz ao vivo 2023**

▶ 1º lugar

▷ UTFPR



Equipe: Curitibracon
Pontuação: 2976,33

▶ 3º lugar

▷ FEI



Equipe: Concreto FEI
Pontuação: 2547,26

Por uma falha na apuração de resultados, foi anunciado erroneamente o resultado no jantar, pelo que pedimos desculpas.

Desta forma, e em consideração ao excelente desempenho da equipe, a Comissão Organizadora concede à equipe da EESC-USP a Menção Honrosa do Concurso QSFV 2023.

Eleição do Conselho Diretor e da Diretoria do IBRACON

Em votação direta, voluntária, secreta e eletrônica, os sócios do Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON) elegeram os membros do Conselho Diretor para a gestão 2023/2025.

Puderam votar todos os associados, adimplentes e com mais de seis meses de filiação, excluídos os da categoria “Estudante de Graduação”. Eles assinalaram seu voto nos nomes dos filiados que desejaram concorrer ao Conselho Diretor, ou indicaram até dois associados de sua preferência no campo em branco da cédula.

O prazo de votação foi de 19 de setembro até às 12 horas de 19 de outubro (horário de Brasília).

A Comissão de Apura-

ção, formada pelo presidente, Eng. Paulo Helene, e assessorada pela secretária-executiva, Arlene Regnier de Lima Ferreira, reuniu-se em sala no Centrosul, no dia 20 de outubro, para apurar os votos recebidos na plataforma eletrônica da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.

Aberta a plataforma eletrônica, a Comissão de Apuração verificou 431 inscritos e 150 votantes.

Das listas de sócios individuais, coletivos e mantenedores do IBRACON mais votados foram extraídas as listas dos eleitos para o Conselho Diretor do IBRACON. Essas listas foram apresentadas na Assembleia Geral Ordinária do IBRACON, ocorrida no dia seguinte, no Centrosul.

Confira os eleitos!

CONSELHO DIRETOR – GESTÃO 2023/2025	
Titulares mantenedores e coletivos	Titulares individuais
ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland	Enio José Pazini Figueiredo
ABECE – Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural	Rafael Timerman
ABCIC – Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto	Claudio Sbrighi Neto
EPUSP – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo	César Henrique Sato Daher
Votorantim Cimentos S.A.	Guilherme Aris Parsekian
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo	Bernardo Fonseca Tutikian
TQS Informática Ltda	Alio Ernesto Kimura
ABESC – Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem	Inês Laranjeira da Silva Battagin
PhD Engenharia Ltda	Iria Licia Oliva Doniak
MC Bauchemie Brasil Indústria e Comércio Ltda	Nelson Covas

DIRETORIA – GESTÃO 2023/2025	
Presidente	Julio Timerman
Assessores da Presidência	Enio José Pazini Figueiredo Iria Licia Oliva Doniak Mário William Esper Selmo Chapira Kuperman
1º Vice-presidente	Paulo Helene
2º Vice-presidente	Carlos José Massucato
1º Secretário	Cláudio Sbrighi Neto
2º Secretário	José Vanderlei Abreu
1º Tesoureiro	Nelson Covas
2º Tesoureiro	Paula Lacerda Baillot
Marketing	Alexandre Britez
Publicações	Marco Antonio Carnio
Eventos	Túlio Nogueira Bittencourt
Técnico	Ercio Thomaz
Relações Institucionais	Maurício Bianchini
Cursos	Jessika Mariana Pacheco Misko
Atividades Estudantis	Jessica Andrade Dantas
Certificação de Pessoal	César Henrique Sato Daher
P&D	Leandro Mouta Trautwein

O órgão máximo deliberativo do Instituto Brasileiro do Concreto, o Conselho Diretor é formado pelos 10 associados mais votados na categoria individual e pelos 10 associados mais votados nas categorias “Coletivos” e “Mantenedores”. Também fazem parte do Conselho, os ex-presidentes do IBRACON, como conselheiros permanentes.

O Conselho Diretor reuniu-se no último dia 23 de novembro para eleger entre seus membros seu presidente. Por unanimidade, o vice-presidente, Julio Timerman, foi eleito para uma nova gestão de dois anos frente ao Instituto Brasileiro do Concreto.

Ato contínuo, o Julio Timerman apresentou sua diretoria, referendada pelos conselheiros.

Desafios da produção das bases pré-fabricadas em concreto de elevado módulo de elasticidade do acelerador Sirius – CNPEM

DENER ALTHEMAN - DR. | CONS. TÉCNICO - <https://orcid.org/0000-0002-5232-8505> (sobeia@outlook.com.br) ;

ADRIANA A. A. DE SOUZA - DRA. | CONS. TÉCNICO - <https://orcid.org/0000-0002-6486-2828> | **SOBEA TECNOLOGIA & CONSULTORIA**

FELIPE C. DE CAMARGO - ENG. | GER. INDUSTRIAL - (felipe.camargo@leonardi.com.br) ;

MARCELO C. MARIN - ENG. MESTRE | DIR. DE ENGENHARIA - <https://orcid.org/0000-0001-5727-1571> | **LEONARDI CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA**

RESUMO

O LABORATÓRIO NACIONAL DE LUZ SÍNCROTRON – SIRIUS É A MAIS COMPLEXA INFRAESTRUTURA CIENTÍFICA JÁ CONSTRUÍDA NO PAÍS, PROJETADA PARA GERAR LUZ SÍNCROTRON, SENDO A MAIS BRILHANTE NA SUA FAIXA DE ENERGIA. A ESTABILIDADE NA VELOCIDADE E A TRAJETÓRIA DOS ELÉTRONS É GARANTIDA POR ELETROÍMÃS DE DIFERENTES FUNÇÕES E CARACTERÍSTICAS, INSTALADOS EM BASES, QUE SÃO ELEMENTOS RÍGIDOS ADERIDOS AO PISO DO LABORATÓRIO. ALÉM DE SUPORTAR A REDE, AS BASES CONTRIBUEM PARA EVITAR A PROPAGAÇÃO DE RESSONÂNCIAS MECÂNICAS ENTRE AS ESTRUTURAS DO ANEL E O PISO ESPECIAL. OS REQUISITOS INICIAIS DA EQUIPE DE PROJETO DO CNPEM (CENTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENERGIA E MATERIAIS) DETERMINAVAM BASES EM CONCRETO PRÉ-FABRICADO PARA ATENDER AO MÓDULO DE ELASTICIDADE DA ORDEM DE 60 GPa E VARIAÇÃO DIMENSIONAL

MICROMÉTRICA MÁXIMA DE 2 MM (0,2%) EM TODAS AS DIMENSÕES: PLANICIDADE, PARALELISMO E PERPENDICULARIDADE, ENTRE AS FACES. ESTE ARTIGO APRESENTA OS DESAFIOS SUPERADOS PARA QUE TODOS OS REQUISITOS FOSSEM ATENDIDOS COM A QUALIDADE E A PRECISÃO REQUERIDAS.

PALAVRAS-CHAVE: CONCRETO PRÉ-FABRICADO, PRECISÃO DIMENSIONAL, CONTROLE E PRODUÇÃO.

1. INTRODUÇÃO

O Projeto do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron - Sirius é uma complexa infraestrutura científica capaz de gerar Luz Síncrotron. Esta luz é alcançada a partir da aceleração de um feixe de partículas (elétrons) em velocidades próximas a

da luz. Por meio de uma estrutura laboratorial, é possível converter estas partículas aceleradas em um tipo de radiação de amplo espectro (Infravermelho, Ultravioleta e Raio X) (CNPEM, 2014).

No Brasil, o primeiro acelerador Síncrotron foi instalado em 1997 nas dependências do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM) em Campinas, possui alta confiabilidade e estabilidade (BRUM & MENEHNI, 2002). Contudo, o número de estações de pesquisa atingiu seu limite e suas máquinas e equipamentos não permitem mais a realização de experimentos avançados. Por isso, foi



FIGURA 1

LABORATÓRIO NACIONAL DE LUZ SÍNCROTRON – INAUGURAÇÃO DO LNLS – SIRIUS

FONTE: CNPEM (2018)

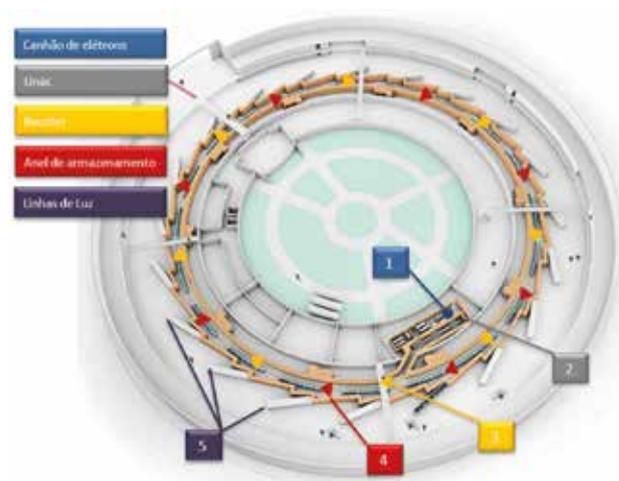


FIGURA 2

ESQUEMA DE COMPOSIÇÃO DA GERAÇÃO DE LUZ SÍNCROTRON – PROJETO SIRIUS

FONTE: CNPEM (2014)

construído o LNLS – Sirius (Figura 1), que é uma complexa e moderna instalação, um dos quatro maiores do mundo, sendo a fonte de luz síncrotron brasileira de 4ª geração (GERAISSATE *et al.*, 2021).

O Sirius gera luz a partir da seguinte composição dos equipamentos que compõem a estrutura básica necessária para gerar a luz: Canhão de elétrons, *Linac*, *Booster*, Anel de armazenamento e Linhas de luz (Figura 2).

O Canhão de elétrons é o equipamento que inicia o processo, emitindo um feixe de elétrons que serão acelerados. O feixe é enviado para o *Linac*, um conjunto de instrumentos eletromagnéticos que aceleram os elétrons até uma velocidade próxima à da luz. Quando são aceleradas, as partículas passam ao *Booster*, uma estrutura circular com 165 m de diâmetro e 518 m de circunferência, responsável por aumentar a energia dos elétrons acelerados pelo *Linac* (CNPEM, 2014). Estes instrumentos estão localizados em posições tangentes à circunferência, e quando acionados, desviam a trajetória dos elétrons. A energia incorporada ao feixe de elétrons recém-desviado produz um tipo de radiação de alto brilho, a Luz Síncrotron.

A infraestrutura física necessária para amparar esses equipamentos, provendo-os de todas as especificações e parâmetros de operação, demandou um projeto de física e engenharia com características singulares e inéditas na engenharia brasileira. Desde a tecnologia dos componentes elétricos e mecânicos, até a construção da edificação, exigia-se alta estabilidade com relação a vibrações mecânicas e variações de temperatura. A área onde o prédio foi construído passou por diversos estudos de subsolo, bem como várias análises e protótipos das fundações, pisos e da estrutura. Todo este esforço visou garantir o mínimo de propagação de vibrações aos componentes do laboratório. A estrutura do prédio em concreto armado, o conjunto da cobertura e os sistemas elétricos e de refrigeração foram projetados para minimizar ao máximo as deformações da ação do vento e variações de temperatura. Todas estas especificações e desenvolvimentos tecnológicos, sem precedentes na engenharia nacional, foram realizados com a equipe do próprio Sirius e empresas nacionais (CNPEM, 2014).

2. DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

Um dos maiores desafios da geração da Luz Síncrotron é a estabilidade. O feixe de elétrons que permanece girando dentro do anel de armazenamento em velocidade próxima à da luz possui em alguns trechos 1,5 micrômetros de tamanho. Como comparação, as células vermelhas do sangue humano têm de 6 a 7 micrômetros de diâmetro. Este feixe de partículas precisa percorrer uma trajetória de 518 metros de circunferência, a uma velocidade de 600.000 voltas por segundo. Durante uma volta, o feixe de elétrons não pode variar sua trajetória em mais de 10% de seu tamanho (CNPEM, 2014).

A estabilidade na velocidade e trajetória dos elétrons é garantida por um conjunto de eletroímãs de diferentes características e funções que gera uma rede magnética. É de extrema importância que haja uma conformidade entre a rede projetada e a realizada, o que resulta em tolerâncias rígidas de construção, pois quaisquer variações dimensionais ou deformações nos elementos de suporte da estrutura podem afetar sobremaneira a qualidade da luz. Esta necessidade de grande estabilidade remete a uma preocupação extrema com as características dos elementos de suporte da rede magnética, as chamadas Bases.

Estas Bases são elementos rígidos que são instalados e aderidos ao piso do laboratório e são responsáveis por dar suporte ao conjunto de eletroímãs e equipamentos que compõem o Anel de armazenamento. Além da responsabilidade de suportar a rede, as bases devem contribuir para evitar propagação de ressonâncias mecânicas entre as estruturas do anel e o piso.

Para o Projeto Sirius, a equipe de projeto optou pela produção de bases de concreto pré-fabricado, em razão de sua elevada resistência

mecânica e baixo custo. Porém, para mitigar a ressonância (vibração) houve a restrição em relação ao elevado módulo de elasticidade e a precisão dimensional, entre outras características especificadas. Foi necessário o estabelecimento de rigorosos controles de fabricação e validação dos resultados, visto que quaisquer variações nos resultados pretendidos poderiam afetar o desempenho do projeto, tanto nas etapas de montagem quanto na etapa de funcionamento do laboratório.

2.1 Projeto e produção da fôrma para as bases

Para dar suporte à linha do anel foram necessárias 84 bases com dimensões de 350 x 90 x 63 [cm], 42 bases de 260 x 90 x 63 [cm] e 7 bases de 400 x 90 x 63 [cm], que foram posicionadas sobre o piso em concreto armado com 90 cm de espessura e tolerância dimensional de ± 2 mm – base de concreto pré-fabricado sob o modelo já utilizado pelo CNPEM (Figura 3), sendo que esse conjunto faz parte do acelerador de elétron e não poderia intensificar vibrações no mesmo.

O primeiro desafio foi desenvolver o projeto da fôrma das bases que atingisse ao final da produção variação dimensional ≤ 2 mm em todas as direções. O projeto foi desenvolvido pela equipe técnica de uma



FIGURA 3

PROJETO SIRIUS – SEGMENTOS DE IMÃS E APOIO METÁLICO SOBRE A BASE MODELO CNPEM DE CONCRETO PRÉ-FABRICADO DE ELEVADO MÓDULO DE ELASTICIDADE

FONTE: CNPEM (2014)

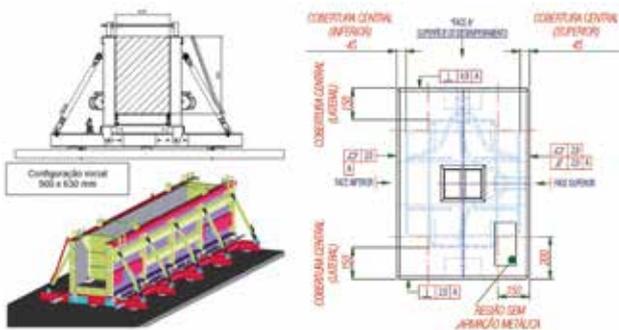


FIGURA 4
PROJETO DAS FÔRMAS METÁLICAS PARA AS BASES

FONTE: PRÓPRIO AUTOR (2017)

indústria brasileira, junto a uma empresa italiana com fábrica no Brasil, para concepção de fôrma metálica (Figura 4).

O principal aspecto de uma fôrma é atender às necessidades de produção, sejam elas: capacidade produtiva, produtividade, precisão geométrica, aspecto estético e até mesmo a versatilidade dimensional e geométrica. Neste projeto, o principal desafio foi o de possibilitar o emprego de uma fôrma que pudesse garantir a produção de 3 vigas por dia, com uma exclusiva tolerância dimensional, facilidade de uso e emprego de vibradores fixos à fôrma.

2.2 Concreto e controle tecnológico

A premissa do projeto, apresentado pela equipe do CNPEM (2014), era a de desenvolver o concreto pré-fabricado para as bases com resistência à compressão acima de 100 MPa e a condição de contorno principal foi restrita ao módulo de elasticidade tangente inicial. Era desejável o maior valor possível, objetivando inicialmente 60 GPa necessários para o amortecimento de ondas (vibração) *versus* o ponto de ressonância, pois quanto maior o módulo de elasticidade, mais alta a faixa de frequência natural e o seu amortecimento (MEZZOMO & MORAES, 2020).

Para atingir esses valores, optou-se por desenvolver o traço para UHPC (*Ultra High Performance Concrete*). O UHPC é um compósito otimizado no seu empacotamento, podendo atingir resistências acima de 150 MPa (ACI 239: 2018). Com relação água/cimento extremamente baixa, pôde-se obter um concreto livre de macroporos, o que possibilitou obter resultados de

módulo acima de 45 GPa (ENAMI, 2017), buscando a otimização do volume de pasta para gerar o maior desempenho de módulo, a partir da abordagem conceitual desta em ser a pasta o elemento de menor desempenho no tema (AÏTICIN, 2000).

Para obter esses parâmetros,

utilizou-se a técnica de empacotamento do método de *Puntke* para definir a fração de finos. Esse método consiste em uma sequência experimental que otimiza a configuração de preenchimento de partículas finas de diferentes diâmetros, ou seja, diminuindo os vazios das composições de partículas de agregados miúdos. Com a variação desta composição dos agregados miúdos é possível avaliar qual a composição com a menor demanda de água, refletindo o maior empacotamento (PORTELLA, RO-

TABELA 1
DOSAGEM E CARACTERÍSTICAS DO CONCRETO PARA AS BASES

Insumos	kg/m ³
Aglomerantes	483
Fração de filler e areias	684
Agregados graúdos Brita 0 e Brita 1	1388
Teor de água e Superplastificantes	≤ 125
Massa teórica (kg/m ³)	2680
Relação água/aglomerantes	≤ 0,25
Teor volumétrico de argamassa	47,1%
Teor de ar aprisionado	≤ 0,5%
Consistência: autoadensável	Classe SF1

FONTE: PRÓPRIO AUTOR (2017)

DRIGUES & PEREIRA, 2019; ZAVICKIS *et al.*, 2020; GAUR, ATTRI & SHUKLA, 2017).

No projeto, foram realizados dezenas de ensaios com diversos materiais finos elencados para determinar o melhor desempenho quanto ao atendimento da resistência, da trabalhabilidade, da disponibilidade regional e da viabilidade financeira.



FIGURA 5
ASPECTO DO CONCRETO AUTOADENSÁVEL SF 1

FONTE: PRÓPRIO AUTOR (2017)

Como aglomerantes, foram empregados cimento CPV ARI, trivial na produção dos elementos pré-fabricados e sílica ativa.

Para a fração de agregados graúdos, foi avaliada e projetada a maior compacidade, com fração de agregados miúdos e materiais finos, empregando o Modelo de Funk e Dinger. Definiu-se, então, o emprego de diabásio da região de Campinas/SP, que apresentam alto módulo de elasticidade, para agregados britados: brita 1 e *filler*. Para a fração de areia britada e de pedrisco, foi empregado rocha granítica da região de Itatiba/SP, além de areia fina eólica natural de quartzo da região de Anhembi/SP.

O objetivo inicial da dosagem empregando os diferentes métodos foi obter concreto com menor volume possível, visando o maior desempenho para o módulo de elasticidade e no contraponto à sua aplicação e adensamento para redução dos vazios. Os dados da dosagem definida a partir das sequências de desenvolvimento são expostos na Tabela 1.

Com o emprego de superplastificantes à base de éteres policarboxilatos de alto poder de dispersão, foi possível produzir as remessas de concreto com espalhamento no limite superior da classe SF1 da ABNT NBR 15823-1 (2018), com bom aspecto, sem segregações ou exsudações, atendendo a classe *IEVO* do Índice de Estabilidade Visual indicada na referida Norma Técnica, ressaltando a baixa quantidade de pasta da mistura.

Ainda, o fator da escala de produção, do ambiente de laboratório para a energia de homogeneização do misturador planetário, ao passo das diferentes sequências de produção do concreto (Figura 5) — sequência de entrada dos materiais com o controle do tempo de homogeneização, entre outros procedimentos — possibilitou que o teor efetivo de água, seguindo as especificações da ABNT NBR 12655 (2022) ficasse igual ou menor que 100 litros por m³.

Os resultados do controle tecnológico atenderam às premissas da equipe do CNPEM e, referem-se à média para idade de 28 dias do controle tecnológico de produção, para amostras submetidas à cura úmida e retificadas, ensaiadas no laboratório da fábrica da própria indústria que produziu as bases com resistência à compressão de 123,1 MPa (ABNT NBR 5739: 2018).

Em relação à caracterização mecânica, o alvo especificado foi o módulo de elasti-



A



B



C

FIGURA 6

(A) USO DE BALANÇA RODOVIÁRIA PARA DETERMINAÇÃO DA MASSA DAS BASES; (B) POSICIONAMENTO DAS PEÇAS PARA LEITURA; (C) ENSAIO DO MÓDULO FLEXIONAL EM EXECUÇÃO

FONTE: PRÓPRIO AUTOR (2017)

cidade vibracional, determinado em peças (bases) amostradas de cada lote das 126 bases (elementos) pela técnica de excitação por impulso da ASTM E1876 (2015), pelos métodos dinâmico longitudinal e dinâmico flexional, sendo que os resultados foram $56,6 \pm 0,74$ GPa e $55,8 \pm 1,32$ GPa, respectivamente. Para a determinação das massas das bases, foi empregado balança rodoviária da empresa — com



FIGURA 7

ENSAIO DOS CORPOS DE PROVA PARA DETERMINAÇÃO DO MÓDULO DE ELASTICIDADE PELO MÉTODO FLEXIONAL DA ASTM E1876 (2015)

FONTE: PRÓPRIO AUTOR (2017)

certificação INMETRO (Figura 6a, 6b e 6c), sendo indicado então a média e desvio padrão dos resultados a seguir.

O módulo de elasticidade também foi determinado em corpos de prova dos concretos dos lotes das bases amostradas pelo método flexional da ASTM E1876 (2015), apresentando como resultado valor igual a $56,4 \pm 1,09$ GPa (Figura 7).

2.3 Produção das fôrmas, concretagem, desforma e cura

Para a liberação das fôrmas à produção, as faces foram submetidas à leitura por *laser scanner* para a validação e correção (quando necessárias) do alinhamento e planicidade, como demonstram as leituras da Figura 8.

No passo de produção sistêmica, mostra-se, na Figura 9, o preparo das fôrmas e locação dos inserts para, na sequência, realizar a inspeção de geometria da forma das mesmas.

A inspeção inicial das fôrmas era realizada através de esquadros metálicos e trena a laser (Figura 10).

Após as inspeções e a liberação da conformidade das fôrmas, eram posicionadas as armações e reconferido o posicionamento das alças de içamento (Figura 11).

Na sequência, o concreto era lançado por caçamba e o adensamento feito com os vibradores elétricos de imersão e os pneumáticos de forma. Após a concretagem, realizou-se o acabamento da face de enchimento (Figura 12).

Após a idade de dois dias, eram realizadas as desformas e os saques das peças com auxílio de ponte rolante, sendo neces-



FIGURA 9
PREPARO DAS FÔRMAS E LOCAÇÃO DOS GABARITOS
FONTE: PRÓPRIO AUTOR (2017)



FIGURA 10
INSPEÇÃO DA GEOMETRIA E DIMENSÃO DAS FÔRMAS
FONTE: PRÓPRIO AUTOR (2017)



FIGURA 11
POSICIONAMENTO DA ARMAÇÃO

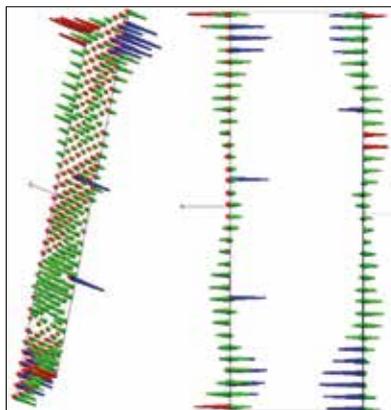


FIGURA 8
EXEMPLO DAS LEITURAS POR LASER SCANNER NAS FACES DAS FÔRMAS ANTE A LIBERAÇÃO PARA A PRODUÇÃO
FONTE: PRÓPRIO AUTOR (2017)



FIGURA 12
ARMADURA POSICIONADA E LANÇAMENTO E ADENSAMENTO DO CONCRETO
FONTE: PRÓPRIO AUTOR (2017)

sários cuidados especiais de proteção no ponto de saque para não danificar as peças, utilizando-se de madeira e borrachas para a movimentação (Figura 13).

O processo de cura foi realizado, inicialmente, com manta geotêxtil úmida. Na sequência, as bases eram armazenadas em local protegido até a etapa de preparo para embalagem e transporte (Figura 14).

2.4 Acabamento e validação tridimensional das bases

Após o saque e a cura das bases, estas foram lixadas manualmente para limpeza superficial com lixa d'água 220 e os chanfros também tratados. Todas as peças foram inspecionadas e validadas. Para as dimensões, realizou-se leitura tridimensional a *laser track*, controle desenvolvido pela indústria de pré-fabricados, para atender à criticidade exigida pelo projeto (Figura 15).

As leituras realizadas mostram que os requisitos dimensionais solicitados pelo CNPEM, com tolerância máxima de 2 mm em todas as dimensões, foram atendidos (Figura 16a e 16b).

Além do controle e exposição por área, a técnica empregada possibilitava a visualização em pontos - tipo malha, e a sua comparação aos limites (tolerâncias) dimensionais (Figura 17).

A Tabela 2 apresenta os desvios e valores medidos para uma base. Para o controle dimensional, utilizou-se malha retangular de pontos do tipo 100 x 100 mm, em cada face. Para minimizar o número de saltos (leituras), foram utilizadas duas estações de *laser tracker*, em no mínimo cinco pontos de referência.

2.5 Pintura de resina especial, embalagem, transporte e instalação

Como requisito, a equipe do CNPEM solicitou pintura com resina especial, para fixação das bases dos ímãs com emprego de adesivos (sem fixação mecânica), necessários para redução do potencial de ressonância.

Outro requisito do CNPEM para o projeto foi que, para o transporte e a armazenagem no canteiro de obras, as bases deveriam estar embaladas e sobre *pallets* para melhor preservar a resina e a limpeza da peça (Figura 18).

A Figura 19 mostra as bases instaladas no laboratório e recebendo os equipamentos para montagem do conjunto de eletroímãs e demais equipamentos que compõem o sistema.



FIGURA 13

DESFORMA E DETALHE DE PROTEÇÃO DE MADEIRA E BORRACHA PARA SAQUE

FONTE: PRÓPRIO AUTOR (2017)



FIGURA 14

ARMAZENAMENTO DAS BASES (À ESQUERDA) E CABINE DE ACABAMENTO E APLICAÇÃO DE RESINA (À DIREITA)

FONTE: PRÓPRIO AUTOR (2017)



FIGURA 15

CONFERÊNCIA TRIDIMENSIONAL DAS BASES COM APARELHO DE LEITURA 3D

FONTE: PRÓPRIO AUTOR (2017)

3. CONCLUSÕES

Os requisitos iniciais demandados pela equipe do CNPEM para o projeto do LNLS Sirius envolviam o desenvolvimento das bases em concreto pré-fabricado, com resistência à compressão acima de 100 MPa, módulo de elasticidade próximo a 60 GPa e elevado controle dimensional. As rotinas e ferramentas adotadas demonstraram

o atendimento aos requisitos solicitados.

O desafio deste projeto, que consistiu em desenvolver e produzir em ampla escala, com controle rigoroso, concreto com baixíssimo teor de água e adequada coesão, foi superado com as análises de materiais disponíveis e dezenas de estudos experimentais. Adotou-se o emprego do Método de *Punkte* para o empacotamento granular da mistura da fração

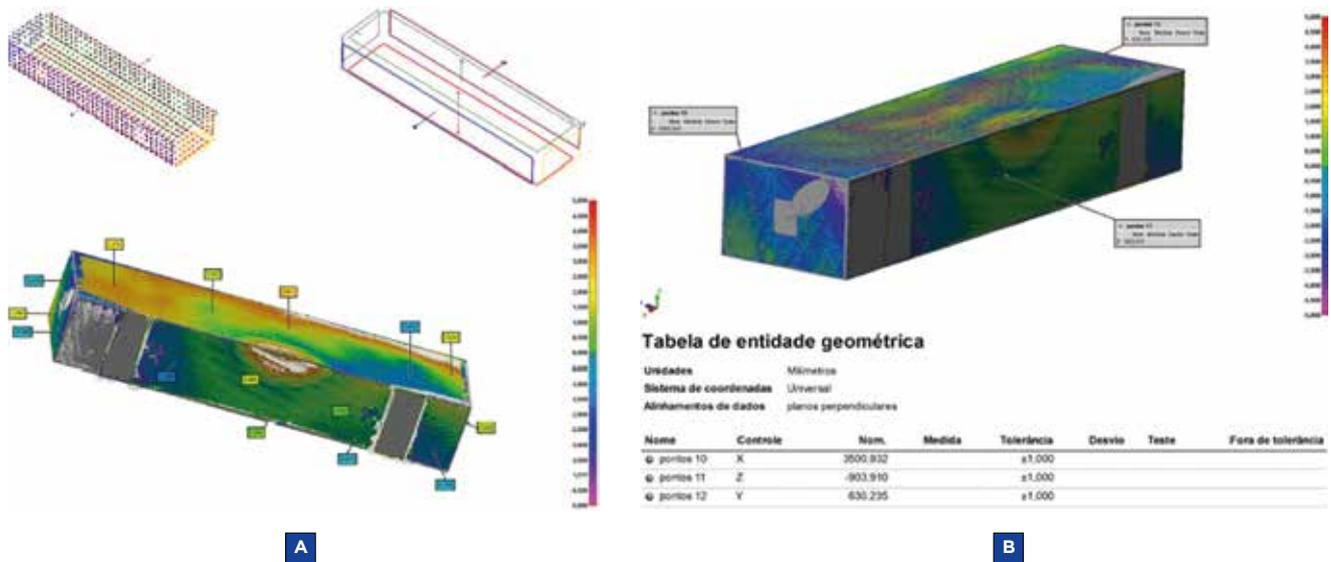


FIGURA 16

COLETA DE PONTOS TIPO MALHA EM TODAS AS FACES; B) TABELA DE ENTIDADE GEOMÉTRICA DOS PONTOS CENTRAIS DAS FACES

FONTE: PRÓPRIO AUTOR (2017)

de finos, resultando em significativa redução da relação água/cimento que é uma característica de concretos de alto desempenho,

conforme pesquisas realizadas (PORTELLA, RODRIGUES & PEREIRA, 2019; ZAVICKIS *et al.*, 2020; GAUR, ATTRI & SHUKLA, 2017).

Inicialmente foi desenvolvida dosagem para obter UHPC, no entanto, a resistência à compressão não foi superior a 150 MPa, requisito mínimo de acordo com o ACI 239:2018 (Enami, 2017; AÏTICIN, 2000), obtendo valor médio aos 28 dias igual a 123 MPa em razão da baixa quantidade de pasta adotada para maximizar o módulo de elasticidade. Enfatiza-se, entretanto, que o requisito do projeto de resistência à compressão acima de 100 MPa foi cumprido.

Ponto referencial para o projeto foi a possibilidade de determinar o módulo de elasticidade pelo método pulsônico diretamente nas peças em produção seguindo as especificações da ASTM E1876:2015, com valor médio obtido de $56,6 \pm 0,74$ GPa, comprovando que essa determinação pela excitação vibracional é a mais assertiva quanto à faixa de ressonância do elemento concreto, segundo Mezzomo & Moraes (2020).

Em relação às validações dimensionais, a aplicação da técnica de escaneamento por *laser track* em todas as faces das fôrmas, previamente à concretagem e posteriormente em todas as bases, permitiu avaliar as medidas e demonstrar atendimento às exigências de tolerância mínima de 2 mm para planicidade, paralelismo e perpendicularismo, feito este até então desconhecido para a engenharia nacional de pré-fabricados de concreto.

Importante salientar que a necessidade desta verificação dimensional é incomum na pré-fabricação atual e demandou uso de tecnologia e equipamentos de medição comum à indústria automobilística e aeronáutica. Com os resultados obtidos, o desenvolvimento deste projeto demonstrou a capacidade de se alcançar nível inédito de

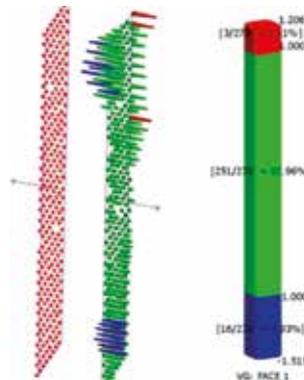


FIGURA 17

COLETA DE PONTOS TIPO MALHA

FONTE: PRÓPRIO AUTOR (2017)



FIGURA 18

BASES EMBALADAS COM LONA DE ALTA GRAMATURA E TRANSPORTE PALETIZADO INDIVIDUAL

FONTE: PRÓPRIO AUTOR (2017)



FIGURA 19

BASES INSTALADAS NO LABORATÓRIO SIRIUS PARA MONTAGEM DO CONJUNTO DE ELETRÓIMÃS

FONTE: PRÓPRIO AUTOR (2017)

qualidade e precisão em elementos pré-fabricados, gerando assim uma oportunidade de se obter novo patamar de inovação tecnológica e produtos especiais dentro da indústria da construção civil.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos aos fornecedores MC BAUCHEMIE, aos Engenheiros Renato Lopes (*in memoriam*), José Emanuel e Doutor Holger Schmidt, pelo apoio no desenvolvimento dos traços de concreto. Agradecimentos a Bianchi Formas, pelo desenvolvimento das fôrmas utilizadas no projeto e à ATCP Engenharia Física pelos ensaios tecnológicos realizados.

TABELA 2

VALIDAÇÃO DIMENSIONAL DE UMA BASE, ADAPTADA DO RELATÓRIO DE LEITURA

Descrição da cota dimensionada	Especificação	Medido	Desvio
1 - Planicidade Plano Datum A	2,000	0,698	0,698
2 - Perpendicularidade	2,000	1,468	1,468
3 - Planicidade	2,000	1,664	1,664
4 - Paralelismo	2,000	1,385	1,385

FONTE: PRÓPRIO AUTOR (2017)

Agradecimentos aos diretores da Leonardi, Eng. João Carlos Leonardi e Eng. Carlos

Alberto Gennari, pelo apoio e incentivos nas pesquisas e recursos aplicados no projeto. ☺

▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AÍTCIN, P. C.. Concreto de Alto Desempenho. Editora PINI. São Paulo, SP. 2000.
- [2] AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. ACI 239: Ultra-High Performance Concrete: An Emerging Technology Report, 2018.
- [3] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM E1876: Standard Test Method for Dynamic Young's Modulus, Shear Modulus, and Poisson's Ratio by Impulse Excitation of Vibration, 2015.
- [4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.
- [5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15823-1: Concreto autoadensável. Parte 1: Classificação, controle e recebimento no estado fresco. Rio de Janeiro, 2017.
- [6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento.
- [7] BRUM, J. A.; MENEHINI, R.. O Laboratório Nacional de Luiz Síncrotron. São Paulo em Perspectiva. SciELO - Scientific Eletronic Library Online. São Paulo, SP. 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/spp/a/dPhyVjPzBrJTgK3CKSgQ4gf/?lang=pt#> . Acesso em: 16 julho 2023.
- [8] CNPEM - CENTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENERGIA E MATERIAIS. Projeto Sirius - a nova fonte de luz síncrotron brasileira. Campinas, out. 2014a. Disponível em: O Projeto Sirius.pdf (ipea.gov.br) . Acesso em: 14 julho 2023.
- [9] ENAMI, R. M.. Reforço de pilares curtos de concreto armado com concreto de Ultra Alto Desempenho. Tese de doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos - EESC/USP, 2017.
- [10] GAUR, T.; ATTRI, R. & SHUKLA, A.. Optimization of Binary Mixes for Ultra High Strength Concrete by Punkte Method. JAYPEE UNIVERSITY OF INFORMATION TECHNOLOGY WAKNAGHAT, SOLAN - 173 234 HIMACHAL PRADESH, INDIA May, 2017.
- [11] GERAISATE, H.; ROVIGATTI, G.; LEÃO, R.. Establishing a metrological reference network for the alignment of Sirius. In: 12th International Particle Accelerator Conference. Campinas/SP. Brazil, 2021.
- [12] MEZZOMO, M. H.; MORAES, A. G.. Determinação do módulo de elasticidade em aço e alumínio através da frequência natural comparado ao ensaio de tração. Revista Matéria. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620200002.1035> . Acesso em: 16 julho 2023.
- [13] PORTELLA, A. C.; RODRIGUES, F.; PEREIRA, R. L.. Avaliação do Método de Punkte para Produção de Concreto de Pós-Reativos. Monografia. Graduação em Engenharia Civil, Campus São José - UNISAL. Campinas/SP, 2019.
- [14] ZAVICKIS, J.; LUKASENOKS, A.; MACANOVSKIS, A., TUPESIS, M.. Optimization of packing of local coarse aggregates for use in UHPC (Ultra-High-Performance Concrete). In: 19th International Scientific Conference Engineering for Rural Development Proceedings. Jelgava, 2020.

A indústria de **ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS NO BRASIL** tem viabilizado inúmeros projetos

AS VANTAGENS DESTE SISTEMA CONSTRUTIVO, PRESENTE NO BRASIL HÁ MAIS DE 60 ANOS:

- Eficiência estrutural;
- Flexibilidade arquitetônica;
- Versatilidade no uso;
- Conformidade com requisitos estabelecidos em Normas Técnicas ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas);
- Velocidade de construção;
- Uso racional de recursos e menor impacto ambiental.

CONHEÇA NOSSAS AÇÕES INSTITUCIONAIS E AS EMPRESAS ASSOCIADAS.



www.abcic.org.br



ABCIC - Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto
Condomínio Villa Lobos Office Park | Avenida Queiroz Filho, nº 1.700
Torre River Tower | Torre B | Sala 403 e 405
Vila Hamburguesa | São Paulo/SP | CEP: 05319-000
E-mail: abcic@abcic.org.br | Tels: (11) 3763-2839 ou 3021-5733

SIGA-NOS EM NOSSAS REDES SOCIAIS





Leia a revista
Industrializar em Concreto



A pré-fabricação no projeto da UERJ: o papel das redes de socialização **na implementação de um processo construtivo**

MONICA AGUIAR - Prof^a. Dr^a. - <https://orcid.org/0000-0003-1205-2740> (monicaaguiar@puc-rio.br) | PUC-Rio

RESUMO

POR MEIO DA ANÁLISE DO DEBATE VEICULADO EM REVISTAS ESPECIALIZADAS, ESSE ARTIGO PROCURA SITUAR A PRÉ-FABRICAÇÃO NO CONTEXTO DE INTERCONEXÃO DAS IDEIAS QUE PERMEARAM AS DISCUSSÕES TÉCNICAS NO BRASIL A PARTIR DA DÉCADA DE 1960, SOB O IMPACTO DA INAUGURAÇÃO DE BRASÍLIA. ABORDANDO AS DISCUSSÕES SOBRE O CONCRETO E A PRÉ-FABRICAÇÃO DURANTE AS DÉCADAS DE 1960-70 – E TRAZENDO COMO UM DOS EXEMPLOS DE SEU DESDOBRAMENTO O PROJETO DO CAMPUS DA UERJ, UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, ELABORADO PELOS ARQUITETOS FLÁVIO MARINHO REGO E LUIZ PAULO CONDE – É POSSÍVEL PERCEBER QUE A PRÉ-FABRICAÇÃO EM CONCRETO FOI

UM TEMA RECORRENTE NO PERÍODO ANALISADO, TANTO NO MEIO TÉCNICO BRASILEIRO QUANTO INTERNACIONAL. MAIS DO QUE A POTÊNCIA DA TÉCNICA INERENTE À PRÉ-FABRICAÇÃO PROPRIAMENTE DITA, ENFATIZA-SE AQUI SUA VINCULAÇÃO A UM DETERMINADO CONTEXTO HISTÓRICO E SOCIOECONÔMICO, QUE SE MOSTRA CLARAMENTE ARTICULADO EM REDES DE SOCIALIZAÇÃO NO MUNDO DA CONSTRUÇÃO.

PALAVRAS-CHAVE: PRÉ-FABRICAÇÃO, CONCRETO, REDES DE SOCIALIZAÇÃO, REVISTAS ESPECIALIZADAS, UERJ.

1. INTRODUÇÃO

Esse artigo busca situar o contex-

to histórico dos debates em redes de socialização no mundo da construção, particularmente quanto à implementação dos sistemas de pré-fabricação em concreto no Brasil. Como desdobramento desses debates, apresenta aspectos do projeto do Pavilhão João Lyra Filho construído no campus da UERJ, Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Revistas especializadas cumprem papel fundamental nas redes de socialização e é sabido que, a partir da década de 1960, o desenvolvimento tecnológico possibilitou um significativo aumento na sua velocidade de circulação. Em 1966, na edição nº 09 da revista *Progressive Architecture*, C. Ray Smith constatava:

E distâncias no mundo da arquitetura estão encolhendo muito rapidamente – talvez tão rapidamente porque a circulação de revistas carrega descobertas estruturantes para novas áreas e leva o mundo do estilo a uma noção demasiadamente rápida de conscientização (SMITH, 1966).

As tais “descobertas estruturantes” desdobraram-se internacionalmente em artigos, projetos e até na publicidade, evidenciando a interconexão de ideias em circulação.

Em parte da pesquisa realizada pela autora para a tese de doutorado *Arquitetura Carioca nas décadas de 1960-70: Articulações em redes de socialização*, foram analisadas 15 revistas especializadas, em circulação no Brasil nessas duas décadas, sendo 5 revistas brasileiras – *Módulo*, *Arquitetura IAB*, *CJ Arquitetura*,



FIGURA 1

À ESQUERDA: *PROGRESSIVE ARCHITECTURE*, N. 10, OUT., 1960 - CAPA;
À DIREITA: *PROGRESSIVE ARCHITECTURE*, N. 10, OUT., 1966 - CAPA

FONTE: ACERVO PONTUAL ARQUITETURA



FIGURA 2

PROGRESSIVE ARCHITECTURE, N. 10, OUT., 1960. À ESQUERDA, ÍNDICE. À DIREITA, PÁGINA INICIAL DA SEQUÊNCIA DE ARTIGOS

FONTE: ACERVO PONTUAL ARQUITETURA

Habitat e Acrópole – e 10 revistas estrangeiras – *Arts & Architecture* (EUA), *Progressive Architecture* (EUA), *L'Architecture d'Aujourd'hui* (França), *Bauen+Wohnen* (Suíça), *Architectural Review* (Inglaterra), *Architectural Record* (EUA), *Domus* (Itália), *AC Revue Internationale d'Aménagement* (Suíça), *Techniques & Architecture* (França) e *Casabella* (Itália) – totalizando 1726 exemplares (AGUIAR, 2023). A pesquisa constatou intenso debate sobre temas ligados à construção, dentre eles o protagonismo do concreto como material estrutural e de expressão arquitetônica, e os sistemas de pré-fabricação em concreto, que são de especial relevância para esse artigo.

2. O CONCRETO E A PRÉ-FABRICAÇÃO NAS DÉCADAS DE 1960-70

Apesar de sistemas de pré-fabricação em concreto serem conhecidos desde o início do século XX, a destruição em massa pós-Segunda Guerra Mundial foi o que, de fato, deflagrou o que passou a ser conhecido como *heavy prefabrication*. Em inúmeros países da Europa, a pré-fabricação ganhou força devido à possibilidade intrínseca ao processo. A

velocidade da construção proveniente da otimização do projeto considerado em sua totalidade – da concepção arquitetônica específica para a viabilização do processo até a montagem e finaliza-

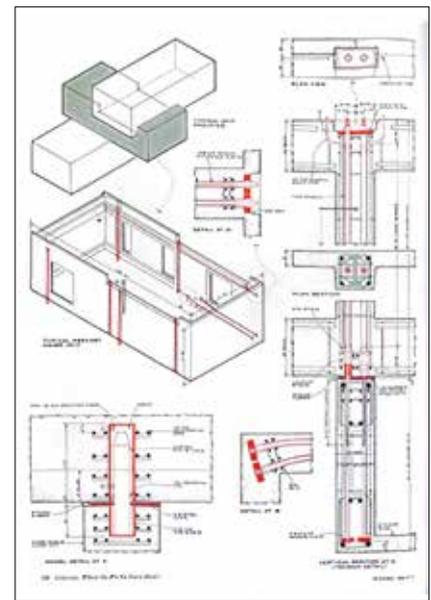
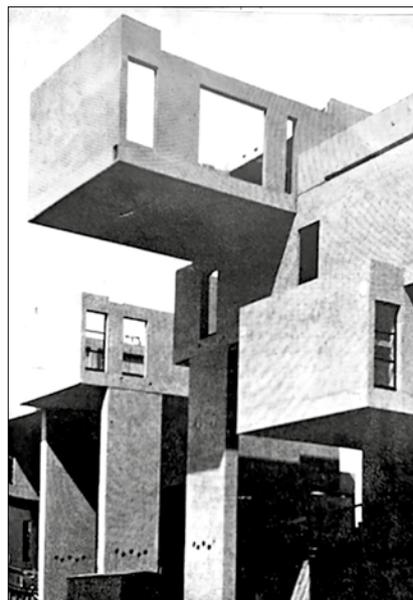


FIGURA 3

PROGRESSIVE ARCHITECTURE, N. 10, OUT., 1966. À ESQUERDA, IMAGEM DA OBRA. À DIREITA, DETALHES DO PROJETO

FONTE: ACERVO PONTUAL ARQUITETURA

ção – foi resultado da intensificação de pesquisas que buscavam a rápida reconstrução das cidades. Alguns países, como a França e a Inglaterra, protagonizaram esse debate técnico.

O termo *debate*, nesse artigo, significa o campo de troca e veiculação de ideias que se dá no âmbito social, em redes de articulação do conhecimento. Nesse sentido, é possível afirmar o potencial de difusão existente nas revistas em circulação, formando uma rede de socialização internacional e cosmopolita, com penetração no Brasil. As ideias postas à prova como pretensões de validade criticáveis em um debate público, compartilhadas intersubjetivamente, conformam o substrato do “mundo da vida” onde se dá o “agir comunicativo” (HABERMAS, 2012). A possibilidade do exercício da crítica no âmbito da formulação e compartilhamento das ideias é o que reelabora o pensamento.

No mundo da construção nas décadas de 1960-70, tratava-se de ideias vinculadas à utilização do concreto em sistemas de pré-fabricação que, de um modo intenso, foram publicadas em inúmeras revistas e debatidas, publicamente, em vários países, inclusive no Brasil.

QUADRO 1

PRÉ-FABRICAÇÃO | INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO — RECORRÊNCIA TEMÁTICA

Tema	Revista	País	Ano	Número
Pré-fabricação Industrialização da construção	Casabella	Itália	1960	241
	Techniques & Architecture	França	1960	5 Julho
	Techniques & Architecture	França	1961	5 Junho
	Casabella	Itália	1962	263
	Architectural Review	Inglaterra	1963	795
	Architectural Record	Eua	1965	3
	Casabella	Itália	1965	298
	Casabella	Itália	1965	299
	Casabella	Itália	1966	301
	Casabella	Itália	1966	303
	Casabella	Itália	1966	304
	Casabella	Itália	1966	305
	Casabella	Itália	1966	310
	Arts & Architecture	Eua	1966	4
	Bauen+Wohnen	Suíça	1966	11
	Casabella	Itália	1967	318
	Techniques & Architecture	França	1969	1 Outubro
	L'architecture D'aujourd'hui	França	1970	148
	Techniques & Architecture	França	1970	4 Outubro
	Domus	Itália	1976	557
Domus	Itália	1976	558	
Domus	Itália	1976	559	
Domus	Itália	1976	560	

FONTE: AGUIAR (2023)

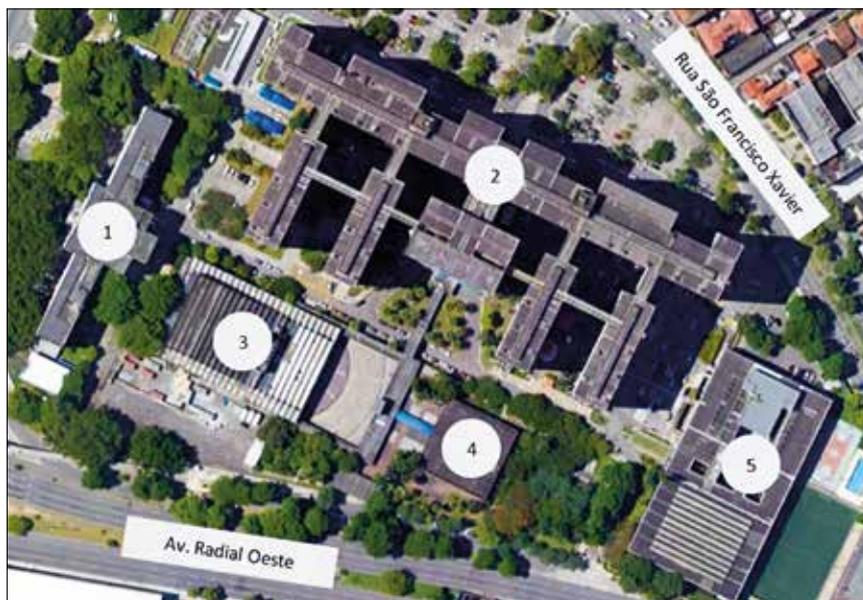


FIGURA 4

UERJ. VISTA AÉREA COM SETORIZAÇÃO DA AUTORA. LEGENDA: 1 – PAVILHÃO HAROLDO LISBOA DA CUNHA, 2 – PAVILHÃO JOÃO LYRA FILHO – CONJUNTO ESCOLAR, 3 – AUDITÓRIO/CONCHA ACÚSTICA, 4 – CAPELA ECUMÊNICA, 5 – GINÁSIO/DA/CULTURAL

FONTE: GOOGLE MAPS. DISPONÍVEL EM: <https://maps.google.com>

De um modo geral, a partir da década de 1960 o concreto protagonizou o debate técnico. O material aparece com frequência nas publicações, sendo que há edições exclusivamente a ele dedicadas, como as de nº 10 de 1960 e nº 10 de 1966 da *Progressive Architecture* (Figura 1).

No nº 10 de 1960, os editores descrevem o tema escolhido, *Concrete Technology in U.S.A.*, como “uma declaração bem documentada sobre a crescente importância do concreto utilizado como um material arquitetônico”. Após o prefácio de Ada Louise Huxtable sobre a história do material, seguem-se textos abordando o potencial expressivo do concreto *in natura* e as técnicas de moldagem *in loco* e de pré-fabricação. Há também um artigo escrito por August E. Komendant, sobre as possibilidades de crescimento futuro da pré-fabricação (Figura 2).

No nº 10 de 1966, entre outros, é publicado o projeto *Habitat '67*, construído em Montreal. Empreendimento composto por 158 casas pré-fabricadas como caixas, que é exemplo relevante do debate sobre pré-fabricação no período em questão (Figura 3).

No conjunto de revistas pesquisadas, o concreto surge em temas que vão da sua utilização na expressão arquitetônica até a aplicação nos processos de pré-fabricação de painéis de vedação e painéis estruturais. Arquitetonicamente, aborda-se a integração forma-estrutura e as possibilidades expressivas de tratamento das superfícies moldadas *in loco*, por jateamento, frisagem, apicoamento e impressão de fôrmas de madeira. Estruturalmente, são analisadas as metodologias dos processos de moldagem *in loco* e de pré-fabricação.

Dentre muitos exemplos, pode-se citar as edições nº 04 de 1965 de *Progressive Architecture*, nº 816 de 1965 de *Architectural Review*, nº 11 de 1966 de *Bauen+Wohnen*, nº 06 de 1970 de *Techniques & Architecture* e nº 02 de 1978 de *Progressive Architecture*. O concreto, e suas possibilidades expressivas, vinha sendo empregado *in natura*, em todos os continentes e ocupou, simultaneamente, as páginas das revistas nacionais e internacionais em circulação. Quanto à pré-fabricação, muitas foram as revistas que trataram do tema. A inglesa *Architectural*

Review contribuiu intensamente para as discussões sobre a reconstrução no pós-guerra, publicando projetos e artigos sobre a necessidade da industrialização da construção e da pré-fabricação. A italiana *Casabella* dedicou várias edições a esses temas. No Brasil, já em 1960, o assunto foi tratado pela revista *Arquitetura*, do IAB (Instituto dos Arquitetos do Brasil), comprovando a contemporaneidade do debate nacional, em conexão com o debate internacional.

No recorte analisado, a pesquisa demonstrou ser evidente que, entre outros temas, o mundo da construção se articulava em torno da pré-fabricação. Nesse período, as construções de grandes conjuntos habitacionais, submetidas à velocidade requerida para sua execução pelos programas sociais, demandaram novas soluções. Contingência que, associada ao desenvolvimento do cimento amianto, mais tarde substituído pelo fibrocimento, ajudou a alavancar os processos de pré-fabricação em concreto. A recorrência do tema nas publicações analisadas pode ser observada no Quadro 1.

Uma revista em particular, a *Ac Revue Internationale d'amiante-ciment*, frequentou intensamente os escritórios de projeto brasileiros. Escrita em alemão, francês e inglês, tinha interesses comerciais direcionados ao consumo de telhas e painéis pré-fabricados. Quando distribuída em países de língua portuguesa, recebia um encarte com a tradução dos textos. Apesar de na capa constar o preço de venda em três moedas - dólar, libra esterlina e francos suíços - no Brasil trazia um carimbo de proibição de venda, indicando distribuição gratuita, cumprindo os objetivos de divulgação e venda dos produtos ETERNIT. Publicava detalhes construtivos de projetos, o que demonstra sua intenção educacional com fins comerciais, pela transmissão de um conhecimento específico ligado ao material e aos processos de pré-fabricação¹.

A industrialização da construção e os processos de pré-fabricação foram temas que mobilizaram um debate simultâneo no mundo da construção, em vários países com diferentes estágios de desenvolvimento, sendo abordado pelas revistas nacionais e internacionais em circulação nas universidades, nas empresas

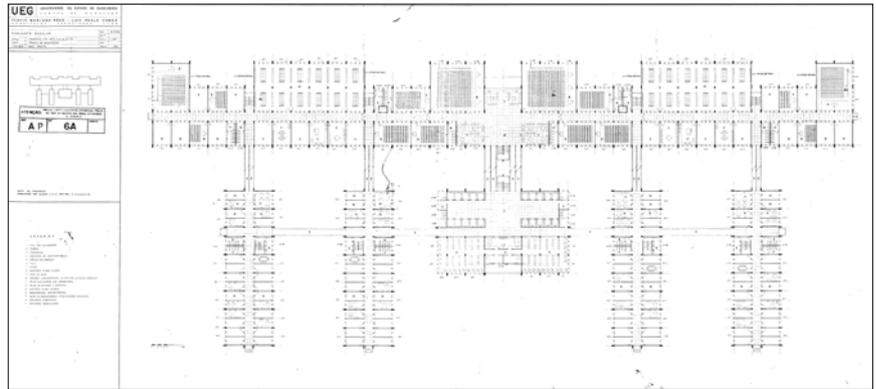


FIGURA 5

UERJ. CONJUNTO ESCOLAR, PAVILHÃO JOÃO LYRA FILHO. PLANTA BAIXA PAVIMENTOS TIPO (2,4,6,8,10 E 12)

FONTE: ACERVO UERJ, PREFEITURA DOS CAMPI

de construção e nos escritórios de Projeto, também no Brasil. É natural que os desdobramentos desse debate se materializassem no patrimônio construído.

3. O PROJETO DA UERJ: DESDOBRAMENTOS DE UM DEBATE

Em 1961, após a inauguração de Brasília, instaurou-se no mundo da arquitetura brasileira um debate público, que buscava discutir os novos rumos da Arquitetura Moderna. Promovido pelo *Jornal do Brasil*, circulou ao longo de várias semanas como respostas ao 1º Inquérito Nacional de Ar-

quitetura, para o qual foram convidados arquitetos de diferentes regiões do Brasil. No que tange à pré-fabricação, chama atenção a resposta de Flávio Marinho Rego à primeira pergunta: “A par de sua expressão formal, teve a arquitetura contemporânea brasileira um desenvolvimento equivalente nas investigações das demais componentes arquitetônicas - soluções funcionais, estruturais e construtivas?”.

Devemos, ou sequer podemos continuar na mesma linha, agora que já nos afirmamos suficientemente, que já temos os olhos

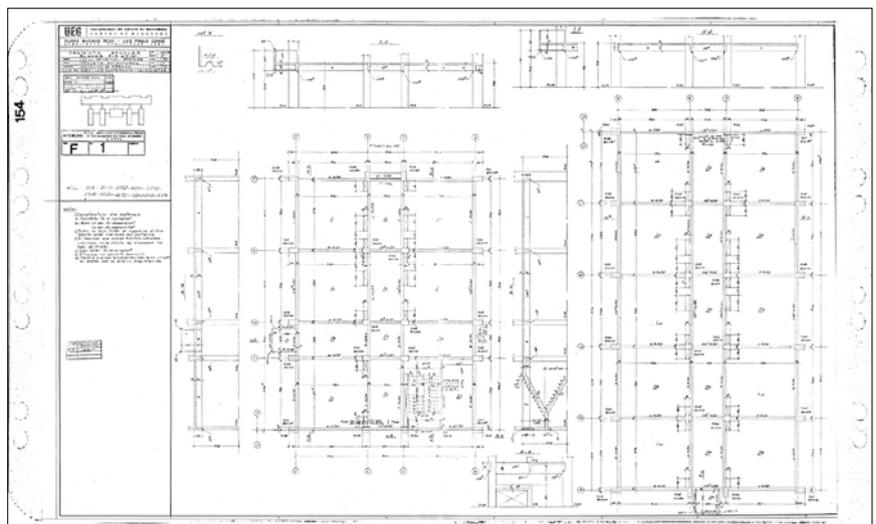


FIGURA 6

UERJ. CONJUNTO ESCOLAR, PAVILHÃO JOÃO LYRA FILHO. PLANTA DE FÔRMAS DO 2º AO 12º TETOS, BLOCOS F, G E F', G'

FONTE: ACERVO UERJ, PREFEITURA DOS CAMPI



FIGURA 7

UERJ. RETICULADO MODULAR ESPACIAL DE REFERÊNCIA

FONTE: DIÁRIO DE RIO. DISPONÍVEL EM: <https://diariodorio.com/historia-da-uerj/>

abertos? Não teremos já atravessado, ou esgotado o ciclo de afirmação apenas plástica? Podemos continuar a caçar apenas a beleza, em detrimento do homem que habita? Não estaremos já liberados para uma pesquisa mais ampla, agora que a nossa industrialização completando-se nos permitirá uma utilização técnica e construtiva com possibilidades mais variadas? [...] Talvez tenha

sido imprescindível que o ciclo de afirmação formal da Arquitetura Brasileira se completasse em Brasília. (REGO, 1961).

A resposta de Rego apontava novos rumos na busca por um diálogo com a industrialização da construção, em uma direção oposta ao que a arquitetura autoral de Brasília comunicava.

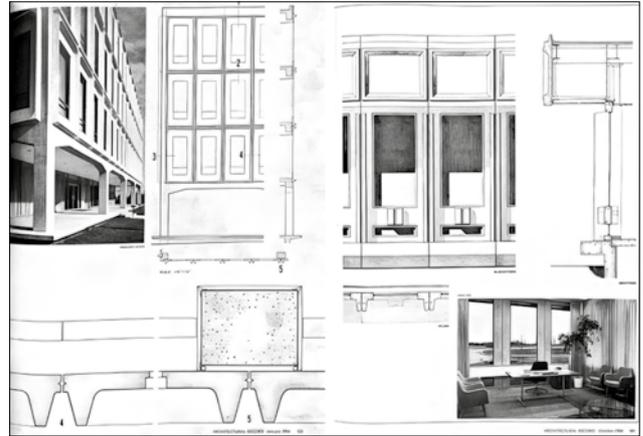


FIGURA 8

À ESQUERDA: A. QUINCEY JONES & FREDERICK EMMONS, IBM BRANCH OFFICE, ARLINGTON, VIRGINIA

FONTE: ARCHITECTURAL RECORD, N. 01, 1966. ACERVO PONTUAL ARQUITETURA

À DIREITA: SMITH, HINCHMAN & GRYLLS ASSOCIATES, THREE BUILDINGS FOR INDUSTRIAL RESEARCH, ANN ARBOR, MICHIGAN

FONTE: ARCHITECTURAL RECORD, N. 10, 1966. ACERVO PONTUAL ARQUITETURA

Em 1968, ao ganharem o concurso para elaboração do projeto do campus da Universidade do Estado da Guanabara (UEG), atual Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rego e seu sócio, Luiz Paulo Conde, materializaram esses rumos.

O terreno, situado próximo ao Estádio do Maracanã, estava ocupado pela Favela do Esqueleto, conjunto composto por casas de alvenaria, de madeira, por espaços construídos dentro da estrutura de concreto existente no terreno e por barracos apoiados em palafitas sobre o Rio dos Cachorros. O esqueleto era uma estrutura de concreto abandonada desde 1930, originalmente destinada à construção do Hospital-Escola da Universidade do Brasil. A proposta para a construção do campus envolvia a polêmica remoção da favela e a demolição do esqueleto. Após a remoção da população, a demolição das residências e a inspeção da estrutura de concreto existente, optou-se por sua manutenção seguida por um processo de recuperação e reforço, transformando o esqueleto no Pavilhão Haroldo Lisboa da Cunha.

O projeto para os novos edifícios do campus concentrava os cursos da universidade em um único prédio. Segundo Rego, essa solução “parecia mais

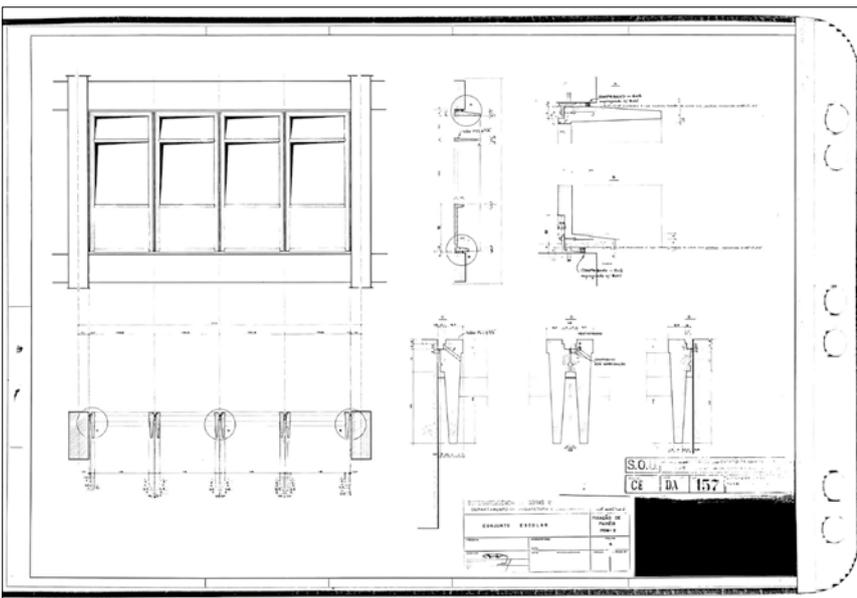


FIGURA 9

UERJ. DESENHO DE DETALHE DE PAINEL PRÉ-MOLDADO DE FACHADA

FONTE: ACERVO UERJ. PREFEITURA DOS CAMPI

racional e acrescentava monumentalidade ao projeto, com o Pavilhão João Lyra Filho, de doze andares, se destacando na paisagem” (REGO, *apud* REZNIK, 2019). Em 1969 foi assinado o contrato e a obra coube à construtora Norberto Odebrecht S/A, com projeto estrutural dos engenheiros Oliveira Góes e Luiz Bustamante. Com área construída de 120.000 m², o campus foi inaugurado em 1976, quando os Estados da Guanabara e do Rio de Janeiro já haviam passado por um processo de fusão, e a universidade foi renomeada para Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Para efeitos desse artigo, o recorte analítico será o edifício do Pavilhão João Lyra Filho (Figuras 4 e 5).

Nesse projeto, as estratégias de racionalização e coordenação modular dão origem ao sistema estrutural portante moldado *in loco*, que interage com os sistemas de vedações, de instalações prediais e com o processo construtivo. Na ocasião, a estrutura portante já conformava um reticulado modular espacial de referência *avant la lettre*, de acordo com o que hoje se conhece como os princípios fundamentais de coordenação modular (GREVEN; BALDAUF, 2007). Essa estratégia deu origem ao posicionamento dos pilares em solução estrutural simples, com vão regulares e repetidos, além de possibilitar a modulação dos painéis de vedação pré-fabricados das fachadas. Os vãos médios de 6,00 m permitiram a adoção de lajes de 12 cm de espessura e vigas de 62 cm de altura. Nos trechos onde, eventualmente, a modulação é duplicada para atender a programas específicos, a solução de grelhas é adotada, mantendo-se as alturas das vigas. A resistência à compressão do concreto foi especificada em 140 Kgf/cm² (Figuras 6 e 7).

As configurações dos painéis pré-fabricados de concreto aplicados nas fachadas variam conforme o tipo e função de cada painel, sendo alguns com janelas e outros sem. Essa estratégia projetual estava em total sintonia com a arquitetura internacional e isso se pode constatar pela quantidade de projetos publicados nas revistas em circulação. É notória a semelhança de estratégias

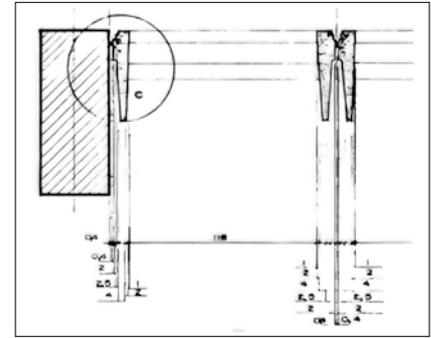


FIGURA 10

UERJ. À ESQUERDA: UERJ, PAINÉIS DE FACHADA

FONTE: ACERVO DA AUTORA

À DIREITA, AMPLIAÇÃO DO DESENHO DE DETALHE DE PAINEL PRÉ-MOLDADO DE FACHADA

FONTE: ACERVO UERJ. PREFEITURA DOS CAMPI

entre tais projetos e o projeto da UERJ, evidenciando a circulação de ideias nas redes de socialização (Figuras 8, 9 e 10).

A fabricação dos painéis de fachada

de se deu no próprio canteiro de obras, segundo detalhamento fornecido nos projetos de arquitetura e estrutura (Figura 11).



FIGURA 11

UERJ. CONJUNTO ESCOLAR. CONCRETAGEM E ESTOCAGEM DE ELEMENTO PRÉ-MOLDADO NO CANTEIRO DE OBRAS, DURANTE A CONSTRUÇÃO ENTRE 1969 E 1976

FONTE: YOUTUBE. DISPONÍVEL EM: <https://www.youtube.com/watch?v=4czvMkrkWrU>

Mesmo que nesse projeto o processo de pré-fabricação tenha sido específico para uma demanda e, portanto, desvinculado do que se entende como industrialização da construção como um todo – até porque o parque industrial brasileiro naquele momento não se encontrava no mesmo estágio dos EUA ou de países da Europa – o que merece atenção é a proposta nele contida. Trata-se de mudança de mentalidade em um período de transformações culturais. Mesmo que a industrialização no Brasil, na década de 1960, não estivesse preparada para atender a essa demanda e a cultura arquitetônica e construtiva ainda privilegiasse processos semi-industrializados e até mesmo artesanais da construção, a semente havia sido plantada e daria frutos nos anos vindouros. Foi

dessa forma que, em 1976, a maior obra em concreto aparente da América Latina materializou-se como fruto da tenacidade de arquitetos e engenheiros em sintonia com sua contemporaneidade e com os debates realizados nas redes de socialização do mundo da construção (Figura 12).

4. CONCLUSÕES

A técnica não existe isolada de um contexto histórico. O projeto do novo campus da UERJ teve início em 1968, com inauguração em 1976. Desde então, os edifícios servem à universidade com suas características originais, configurando um patrimônio edificado de grande impacto na paisagem do Rio de Janeiro. No Pavilhão João Lyra Filho a legibilidade do sistema estrutural moldado *in loco* em

diálogo com os painéis pré-fabricados de vedações evidencia um momento na história da construção no Brasil, em conexão com o debate internacional. É quase impossível pensar esse projeto sem compreender que, ali, tudo é estrutura. Da concepção dos espaços vinculados à estrutura portante a partir de um re-

ticulado modular espacial de referência, passando pela escolha do concreto aparente como material predominante, por seu processo construtivo e pela materialidade daí advinda, surge uma estrutura holística que transformou o que Flávio Marinho Rego e Luiz Paulo Conde projetaram em ícone da arquitetura brutalista das décadas de 1960-70 no Rio de Janeiro. Projeto em sintonia com sua contemporaneidade e com características cosmopolitas em diálogo com a arquitetura internacional. Nesse sentido, o que esse artigo procura demonstrar é que o campo do conhecimento é fruto de articulações em redes que envolvem diversas disciplinas e personagens em um dado momento no curso da história.

A pré-fabricação no Brasil não é resultado apenas do fortalecimento de seu parque industrial. Trata-se de uma metodologia que, em seu desenvolvimento, contou com o brilhantismo do meio técnico brasileiro, mas também está vinculada ao movimento europeu de reconstrução no pós-Segunda Guerra Mundial, às discussões sobre a Arquitetura Moderna e os novos rumos que foram propostos após a inauguração de Brasília, bem como à veiculação das ideias publicadas em revistas nacionais e internacionais especializadas que circulavam nos meios técnico e acadêmico no país. Deve-se também, sobretudo, à tenacidade do meio técnico brasileiro que, mesmo na adversidade de um processo de industrialização ainda em desenvolvimento, insistiu na busca por melhorias e novas soluções no campo da construção. ©



FIGURA 12

UERJ, PAVILHÃO JOÃO LYRA FILHO. CONJUNTO ESCOLAR

FONTE: https://pt.wikipedia.org/wiki/Universidade_do_Estado_do_Rio_de_Janeiro#/media/Ficheiro:Predio-Uerj.jpg

▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AGUIAR, M. Arquitetura Carioca nas décadas de 1960-70: Articulações em redes de socialização. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2023. Tese de Doutorado.
- [2] GOOGLE, INC. Google Maps. Disponível em: <<https://maps.google.com>>.
- [3] GREVEN, H.; BALDAUF, A. Introdução à coordenação modular da construção no Brasil: Uma abordagem atualizada. Porto Alegre: ANTAC, 2007.
- [4] HABERMAS, J. Teoria do Agir Comunicativo. 1: Racionalidade da ação e racionalização social. São Paulo: Martins Fontes, 2012, 40,141,228.
- [5] HABERMAS, J. Teoria do Agir Comunicativo. 2: Sobre a crítica da razão funcionalista. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2012, 225, 228,721.
- [6] REGO, F. M. Respostas ao Inquérito Nacional de Arquitetura. In: JORNAL DO BRASIL. Inquérito Nacional de Arquitetura. Janeiro a março de 1961. Biblioteca Nacional, Hemeroteca Digital. Disponível em: <<http://memoria.bn.br/DocReader/docreader.aspx?bib=030015-08&pasta=ano%20196&pesq=Inqu%C3%A9rito%20Nacional%20de%20Arquitetura&pagfis=14763>>.
- [7] REZNIK, L. et al. 70 anos UERJ: 1950|2020. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2019. Disponível em: <<https://www.uerj.br/wp-content/uploads/2019/12/Book-UERJ-70-anos.pdf>>.
- [8] SMITH, C. R. In South America: After Corbu, what's happening? Progressive Architecture. New York, Ed. 09, September, p. 140-161, 1966.

Primeiro campus no Brasil da WPP: edificação sustentável na esfera da transformação criativa

DANIELA GUTSTEIN – Dr^a. Prof^a. – <https://orcid.org/0009-0009-7519-9177> (danielag@utfpr.edu.br) | UTFPR

LARISSA QUEIROZ HENZ – ENG. | CASSOL PRÉ-FABRICADOS

LUIS ANDRÉ TOMAZONI – DIR. | CASSOL PRÉ-FABRICADOS/ABCIC

RESUMO

O EMPREGO DE SISTEMAS ESTRUTURAIS DE CONCRETO PRÉ-FABRICADO TEM SIDO CADA VEZ MAIOR NOS EMPREENDIMENTOS ONDE A RAPIDEZ CONSTRUTIVA, QUALIDADE E RACIONALIZAÇÃO DOS PROCESSOS SÃO PREMISSAS PRINCIPAIS. A OBRA DO PRIMEIRO CAMPUS NO BRASIL DA WPP CONCILIA UM PROJETO DE ARQUITETURA COM SISTEMAS CONSTRUTIVOS E ESTRUTURAIS PRÉ-FABRICADOS EM CONCRETO, ALIADOS ÀS NECESSIDADES DE SUSTENTABILIDADE E DE INOVAÇÕES FUNCIONAIS E ESTÉTICAS IDEALIZADOS PELOS PROJETISTAS E PROPRIETÁRIO. ESTE ARTIGO TEM COMO OBJETIVO APRESENTAR AS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO EMPREENDIMENTO, BEM COMO OS PRINCIPAIS DESAFIOS SOLUCIONADOS DURANTE AS FASES DA OBRA, COM A FINALIDADE DE ATENDER AOS REQUISITOS DE SEGURANÇA E ARQUITETURA. TAMBÉM SÃO APRESENTADOS A SOLUÇÃO DE FACHADAS ARQUITETÔNICAS EM PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS E OS USOS DO BIM DURANTE AS FASES DA OBRA. DENTRE OUTRAS CONCLUSÕES, EVIDENCIA-SE AO FINAL DO TRABALHO A APLICABILIDADE DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS PRÉ-FABRICADOS EM CONCEPÇÕES ESTRUTURAIS DE GRANDE VERSATILIDADE, FUNCIONALIDADE E APELO ARQUITETÔNICO.

PALAVRAS-CHAVE: ESTRUTURA PRÉ-FABRICADA, BIM, PAINEL, PAINEL ARQUITETÔNICO, CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA.

1. INTRODUÇÃO

O projeto de arquitetura do primeiro Campus do Brasil da WPP, em São Paulo, pertencente a uma das maiores empresas de publicidade do mundo, utilizou conceitos para atingir objetivos de maior sustentabilidade e funcionalidade, materializados com o emprego de sistemas de concreto pré-fabricados. Segundo Rob Reilly, Diretor Executivo Global de Criação da WPP,



FIGURA 1

EDIFÍCIO CAMPUS WPP — PERSPECTIVA DE PROJETO DA OBRA ACABADA EM SISTEMA PRÉ-FABRICADO

FONTE: WWW.WPP.COM

“A transformação criativa é alimentada por ideias que nascem de um poderoso senso de propósito e são executadas de forma massivamente disruptiva”.

Segundo Sugahara e Lacourarie (2022), o projeto deste Campus foi lançado com uma competição aberta para criar um espaço de trabalho verdadeiramente inédito para a cidade. Com área total construída de 68.731 m², o projeto de arquitetura foi idealizado com cinco pavimentos, conectados por passarelas e escadas, envolvendo grandes áreas e galerias de acesso às áreas externas e espaços de trabalho colaborativos.

Segundo Doniak e Gutstein (2022), o paradigma no qual a utilização de sistemas construtivos pré-fabricados estaria associado a obras com pouca liberdade arquitetônica foi quebrado no Brasil no final da década de 1990 com a introdução de novas concepções arquitetônicas e inovações tecnológicas. Desde então, as aplicações em soluções arquitetônicas diferenciadas

vêm evoluindo, utilizando-se também de inovações tecnológicas em ferramentas computacionais de projeto e evoluções normativas. Segundo as autoras, isso vem ocorrendo de forma mais acentuada nesta última década no Brasil, promovendo a evolução das ferramentas computacionais e sua utilização na integração com os demais sistemas dentro da metodologia em BIM, propiciando antecipação de interfaces com outras áreas, para todas as etapas, fundamentais para garantir o sucesso de cada projeto.

É nesse contexto que a obra do Campus WPP se insere, pois compreende um estudo de caso relevante de concepção arquitetônica diferenciada e viabilizada em estrutura pré-fabricada, bem como de utilização de novas tecnologias de pré-construção e de modelagem BIM.

Este artigo tem como objetivo apresentar as principais características, inovações e etapas de projeto e construção



A



B

FIGURA 2

(A) PEÇAS DE TESTE INICIAL CONFECCIONADAS EM FÁBRICA PARA APROVAÇÃO DO ACABAMENTO TEXTURIZADO PELA ARQUITETURA E (B) PEÇAS DE TESTE DE MAIORES DIMENSÕES

deste empreendimento, dando maior ênfase nos desafios solucionados pela construção pré-fabricada durante as fases da obra, de forma a atender à arquitetura e ao cliente. São discutidos ao longo do trabalho as características de projeto e produção dos painéis arquitetônicos de concreto armado, dos pilares e vigas paramétricos modelados em ambiente BIM, plano de ataque e metodologia de controle da obra em BIM 4D, dentre outros.

2. ESTRUTURA PRÉ-FABRICADA

O projeto da superestrutura do Campus WPP foi idealizado pela arquitetura com elementos compondo a estrutura se integrando perfeitamente à arquitetura (Figura 1). Foram utilizados na concepção elementos lineares pré-fabricados (vigas e pilares), elementos bidimensionais pré-fabricados na fachada (painéis arquitetônicos em concreto armado) e no sistema de pisos dos pavimentos. Os sistemas de pisos foram compostos por lajes alveolares pré-fabricadas protendidas e capa estrutural executada na obra. As lajes alveolares foram projetadas de forma a vencer vãos de até 11m, resistir aos carregamentos nas fases transitórias de produção à montagem por meio de sua seção transversal e resistir aos carregamentos de vida útil com a seção transversal final composta (laje alveolar + capa estrutural). As vigas, em sua maioria com vãos de até 11m (exceto as vigas das rampas de estacionamentos), bem como também os pilares, foram dimensionadas para as situações transitórias

e fase final de vida útil, atendendo demais recomendações normativas e critérios de projetos usuais (conforme indicado em IBRACON, 2022).

2.1 Viabilidade técnica-econômica

Segundo Barth e Vefago (2007), como principais vantagens de utilização de elementos pré-fabricados nas fachadas de edificações, destacam-se: a possibilidade de redução significativa dos prazos de execução e da obtenção de fachadas com grande complexidade formal, que através dos meios convencionais seriam de difícil execução e exigiriam mão de obra especializada. Para viabilizar a solução de fachada requerida pela arquitetura foram selecionados detalhes construtivos com a utilização de pilares acoplados nos painéis de fachada, pilares do sistema reticulado com seção transversal em cruz, vigas com seções variáveis para promover a ligação entre os demais elementos (lajes e painéis), além de diversos dispositivos de fixação e ligações entre estes elementos. O estudo de viabilidade técnica-eco-

nômica proporcionou a seleção da solução construtiva e estrutural pré-fabricada em concreto, levando-se em consideração o conjunto de vários aspectos de engenharia aliados aos princípios de sustentabilidade e inovação idealizados pelos projetistas e proprietários. Os sistemas construtivos pré-fabricados foram assim adotados por permitirem maior agilidade construtiva, aliada à qualidade e racionalidade, além de garantir o planejamento inicialmente traçado, os custos orçados na ocasião da contratação da estrutura e atendimento aos prazos pactuados entre as partes.

2.2 Pré-construção

As vigas, pilares, painéis e lajes alveolares foram produzidos na fábrica da Cassol

MOCK-UPS EMPENA

Forma feita pelo Gustavo Utrabo + Cassol | 2ª concretagem

Arquitetura solicitou mais uma amostra para a Cassol, com uma mistura de brita zero + brita já utilizada. As britas foram salpicadas na forma laboratorialmente antes da concretagem, aproveitando a forma moldada pelo Gustavo. Amostra foi apresentada por fotos e agradeu a Arquitetura. Fotos abaixo (23.03.22).

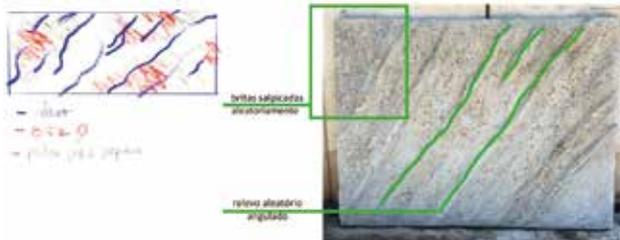


FIGURA 3

ESQUEMA DE ACEITAÇÃO E CONFECCÃO DOS MOCK-UPS EMPENA, COM ORIENTAÇÕES PARA A TEXTURA DOS PAINÉIS DE FACHADA

FONTE: IMAGENS CEDIDAS PELO ARQUITETO GUSTAVO ÚTRABO



FIGURA 4

PAINÉIS DE FACHADA TEXTURIZADOS CONFECCIONADOS EM ESCALA REAL NA FÁBRICA

Pré-fabricados, localizada em Monte Mor/SP. Entre estes elementos, merece especial atenção os painéis de fachada (empenas), que foram projetados com função estrutural, de vedação e de acabamento diferenciado. Para atingir os objetivos, inicialmente foram confeccionadas peças em escala reduzida (Figura 2) para apreciação da arquitetura, que desejava obter um acabamento texturizado similar entre os painéis (porém, não padronizados) e ao mesmo tempo natural, conforme pode ser visualizado nos *mock-ups* na Figura 3. Em seguida, os painéis foram confeccionados em escala real em fábrica (Figura 4) para posterior montagem e solidarização na obra.

Além do apelo arquitetônico da face

dos painéis, o projeto da estrutura pré-fabricada concebeu a integração dos painéis com pilares, com consolos de apoios às vigas e lajes e com aberturas (Figuras 5 e 6), em complexidades variadas conforme o posicionamento do painel no contexto da estrutura da obra. Estas tipologias de painéis, idealizadas para atender às necessidades da estrutura e da arquitetura, implicaram o desenvolvimento e inovação de soluções para fabricação e concretagem, bem como estudos específicos para montagem e solidarização dos mesmos em obra. As etapas de concretagem e detalhamento de armadura dos painéis foram minuciosamente estudadas para garantir a viabilidade de execução, sendo que a garantia final do pro-

duto foi dada por ensaios de arrancamento que atestaram a ligação da interface entre as concretagens do painel.

2.3 Montagem dos painéis

Os painéis projetados com grandes dimensões (2,70 x 16,40 m²) e peso de aproximadamente 28 toneladas apresentaram, também, grandes desafios de montagem, estudados por meio de plano de *rigging*. Nos casos dos painéis com pilares acoplados, para a execução das ligações de continuidade dos pilares (Figura 7), foi necessário realizar uma acoplagem de armaduras de pilares através de bainhas metálicas concretadas ligadas por armaduras de continuidade com as bainhas do painel superior. Isso demandou elevado rigor de fabricação e montagem através de gabaritos metálicos, demandando que a execução da fôrma e produto fossem bastante precisos e a montagem tivesse o mesmo grau de acerto. A Figura 8 apresenta um detalhe do aspecto da fachada finalizada. Caso as tolerâncias pré-estabelecidas não fossem atendidas, o acabamento ficaria comprometido, ou ainda, a montagem das peças poderia ser impossibilitada, ocasionando perdas.

3. USOS DO BIM

3.1 Concepção da estrutura: compatibilização e estudo de fôrmas

A modelagem BIM da estrutura foi desenvolvida desde a fase de orçamentação



FIGURA 5

FACE DE ACABAMENTO DO PAINEL ARQUITETÔNICO TEXTURIZADO COM PILAR ACOPLADO, CONSOLO DE APOIO PARA VIGA E ABERTURA



FIGURA 6

FACE INTERNA DO PAINEL ARQUITETÔNICO TEXTURIZADO COM PILAR ACOPLADO, CONSOLOS DE APOIO (PARA LAJES E VIGAS) E ABERTURA



A



B

FIGURA 7

MONTAGEM DOS PAINÉIS ARQUITETÔNICOS: (A) COLOCAÇÃO DA ARMADURA DE CONTINUIDADE DOS PILARES ACOPLADOS AOS PAINÉIS E (B) POSICIONAMENTO DOS PAINÉIS NA FACHADA



FIGURA 8

MONTAGEM DOS PAINÉIS ARQUITETÔNICOS: DETALHE DO ACABAMENTO TEXTURIZADO NATURAL (NÃO PADRONIZADO) NA FACHADA

do projeto. O modelo permitiu a visualização e compreensão das soluções adotadas para a estrutura pré-fabricada, facilitando a análise visual da interface entre a arquitetura e a estrutura (Figura 9), principais disciplinas envolvidas no empreendimento.

Neste sentido, os modelos proporcionaram a visualização e estudo de interfaces de elementos que apresentaram soluções inovadoras no projeto de pilares e vigas (Figura 10). Os pilares em cruz, cuja seção transversal foi predominante no empreendimento, impactaram o apelo estético da obra e a diminuição do vão real das vigas. A produção foi desafiadora não apenas pela complexidade da fôrma, mas também devido às emendas empregadas nos pilares com mais de 21 metros

de altura, sendo necessário um conjunto de emendas em cada vértice da seção (totalizando oito conjuntos de emendas por pilar). Com relação às vigas, o estudo da estrutura apresentou um número significativo de seções especiais, que surgiram em função das condicionantes do projeto, tais como: continuidades na estrutura, desníveis entre regiões do mesmo pavimento, variação de espessuras das lajes e detalhes arquitetônicos de fachada.

A solução dos painéis arquitetônicos também foi um ponto crucial, visto o alto nível de exigência em relação à aparência e desempenho estrutural. O desafio foi subdividir as prumadas de painéis em peças pré-fabricadas (Figura 11), respeitando-se dimensões máximas e grau de

complexidade dos elementos que tornassem viáveis a produção, içamento, transporte, montagem e solidarização em obra.

O modelo em BIM da estrutura foi idealizado com o emprego de objetos paramétricos e possibilitou a extração das informações dimensionais de todas as peças do projeto. Esses dados foram base para estudo de padronização e recorrência das seções, resultando na definição das formas metálicas a serem produzidas para a obra.



A



B

FIGURA 9

(A) MODELO EM BIM — SOBREPOSIÇÃO DAS DISCIPLINAS DE ARQUITETURA (EM CINZA) E ESTRUTURA (EM LARANJA) E (B) VISUALIZAÇÃO NA OBRA (INTERFACE COM AS ESQUADRIAS)

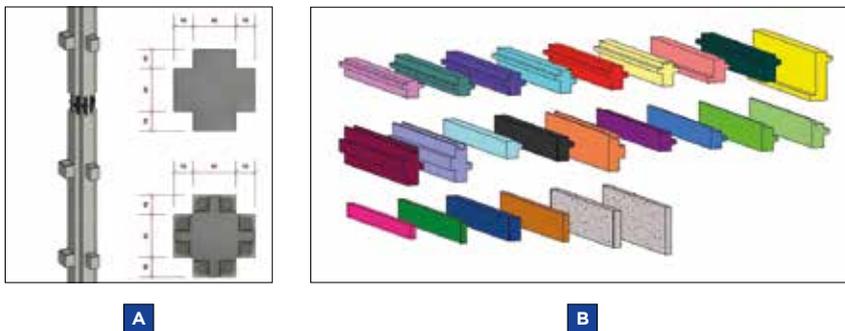


FIGURA 10

(A) EXEMPLO DE PROJETO DE PILAR EM CRUZ E (B) AMOSTRAGEM VISUAL DAS TIPOLOGIAS DE VIGAS

3.2 Análise crítica das soluções

Na etapa de liberação das peças para a produção, foi realizado um processo de construção virtual para revisão e análise crítica de fôrma de todos os componentes pré-fabricados do projeto. Cada elemento foi modelado de acordo com seu projeto detalhado específico, respeitando suas dimensões, especificação de materiais e detalhes de encaixes, como esperas e neoprene. Cada peça foi disposta em uma região do modelo BIM que simulava o pátio de fábrica. A locação das peças em sua posição final no empreendimento foi feita posteriormente, de acordo com o projeto de montagem e sequência de quadrantes. O objetivo foi mitigar qualquer falta de informação nas pranchas de detalhamento ou incompatibilidade na obra que poderiam causar retrabalhos, custos adicionais e atrasos na montagem ou produção. O item mais relevante durante essa etapa foi

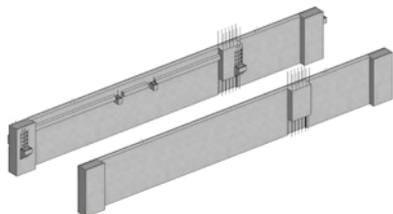


FIGURA 11

ESTUDO PRELIMINAR DE TIPOLOGIAS DOS PAINÉIS ARQUITETÔNICOS DE CONCRETO PRÉ-FABRICADO COM PILARES ACOPLADOS

o de *Clash*, ou seja, conflito físico entre peças, podendo ser elementos sobrepostos ou falta de componentes que impossibilitariam ou dificultariam a execução. Além da análise visual no modelo e checklists de verificação, foi utilizado como apoio a ferramenta *Clash Detection* no software *Navisworks*. Os principais *clash tests* foram relacionados às interferências entre apoios das peças, envolvendo posicionamento, alinhamento e níveis de consolos, vigas e lajes (Figura 12).

3.3 Plano de ataque

3.3.1 PLANEJAMENTO PRELIMINAR

O plano de ataque teve como premis-

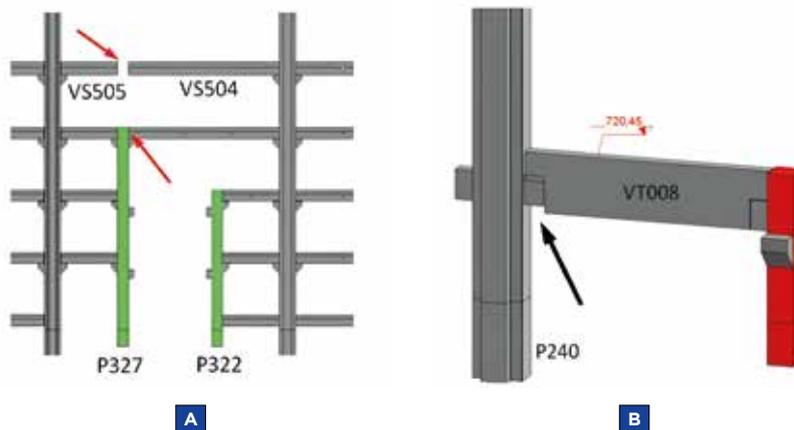


FIGURA 12

INCOMPATIBILIDADES (A) NO NÍVEL DE TOPO DO PILAR P327 E (B) NO NÍVEL DO CONSOLO DO PILAR P240

sa inicial a montagem de toda a estrutura pré-fabricada em 148 dias úteis. Com a informação das quantidades e características das peças do estudo em BIM, junto de seus índices de fabricação e montagem, foram definidas as equipes de montagem necessárias para cumprimento do prazo. Também foram estabelecidas as quantidades de produção de fábrica para atendimento às equipes. A partir da definição dos acessos no software *Infraworks*, foi determinado o sentido de montagem e a subdivisão da estrutura em 18 quadrantes, que foram associados às equipes de montagem (Figura 13).

Foi analisada a distribuição de peças por tipologia, por volumes e por equipe (Figura 14), visando manter as necessidades em obra compatíveis com a fabricação. Ou seja, como o plano de ataque considerava todas as equipes de montagem trabalhando simultaneamente, variações bruscas na demanda por tipologia de peças poderiam sobrecarregar ou tornar ociosa uma linha de produção.

Foram desenvolvidas animações em BIM 4D no software *Navisworks* e *Fuzor* (Figura 15). As datas de montagem de cada peça foram estipuladas com base no centro de gravidade dos sólidos, hierarquia de tipologia de peças e na ordem de montagem definida. O objetivo das simulações foi visualizar e apresentar o plano de ataque, facilitando o entendimento dos envolvidos na negociação do empreendimento.

3.3.2 LOGÍSTICA DE TRANSPORTE E MONTAGEM

A fim de garantir a exequibilidade da operação, foram realizados estudos de logística para viabilidade da chegada de equipamentos e caminhões ao canteiro de montagem. Para reduzir o impacto no entorno da obra, foi feito um estudo de vizinhança compatibilizando horários e fluxos de trânsito. Ao todo, foram utilizadas na obra 1.784 cargas transportadas por carretas normais (de 12 m) e 153 cargas por carretas extensivas (acima de 12 m), entregando 15 a 20 cargas por dia para quatro frentes de montagem. Foram utilizados quatro guindastes de capacidade entre 75 e 140 t, máquinas treliçadas sob pneus e sob esteira e 10 plataformas para montagem e acabamento da estrutura pré-fabricada.

Os quantitativos para desenvolvimento do planejamento peça-a-peça foram

extraídos com automações em *Dynamo*, envolvendo parâmetros como pavimento,



FIGURA 13

(A) POSICIONAMENTO DO MODELO BIM NO TERRENO E (B) DISTRIBUIÇÃO PRELIMINAR DE QUADRANTES E SENTIDO DE MONTAGEM

3.3.3 PLANEJAMENTO FINAL PEÇA A PEÇA

A partir da validação da estratégia de execução, iniciou-se o detalhamento do plano de ataque peça a peça. Os quadrantes de montagem iniciais foram subdivididos em regiões menores, resultando em 73 quadrantes, com o objetivo de aumentar o número de marcos de controle de projeto. As equipes de montagem foram responsáveis por um conjunto de quadrantes, cada um com prazos de projeto, fabricação e montagem (Figura 16). A estrutura pré-fabricada executada foi composta por 402 pilares, 124 painéis, 1932 vigas, 5855 lajes alveolares e 87 escadas.

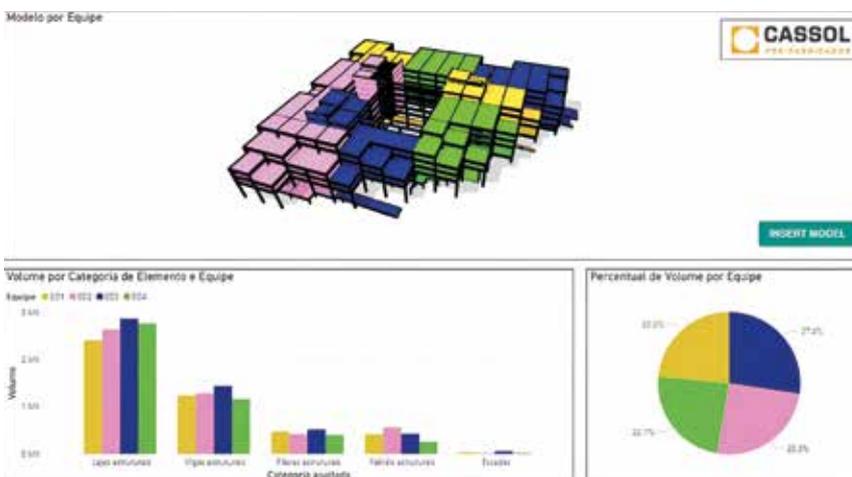


FIGURA 14

DISTRIBUIÇÃO PRELIMINAR DE PEÇAS POR TIPOLOGIA, VOLUMES E EQUIPES

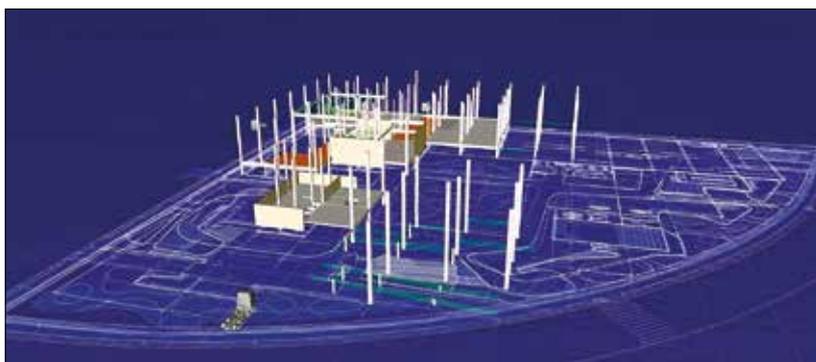


FIGURA 15

SIMULAÇÃO BIM 4D NOS SOFTWARES NAVISWORKS (A) E FUZOR (B)

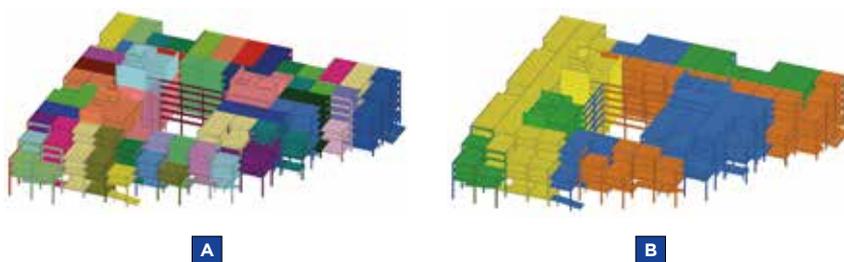


FIGURA 16

DISTRIBUIÇÃO FINAL DA ESTRUTURA, SENDO (A) DOS QUADRANTES E (B) DAS EQUIPES DE MONTAGEM

tipologia de forma e nomenclatura de peças. Foi necessário compreender e adaptar as informações importantes para cada fase executiva, para que a base de dados gerada fosse útil e confiável. Sendo assim, o único parâmetro incluído manualmente no modelo (que não era nativo do processo de projeto) foram os quadrantes de montagem. Para simulações 4D eram feitas associações automáticas com base no parâmetro de ID das peças no modelo BIM. Com a setorização peça a peça, a análise crítica e adaptabilidade do cronograma tende a ser mais

simples. Isso ocorre em função do equilíbrio entre a base de dados robusta e o planejamento ágil, pois encara-se inicialmente a complexidade do número de quadrantes e não do número de peças.

3.3.4 ACOMPANHAMENTO DA OBRA

O acompanhamento do avanço físico do empreendimento foi feito com auxílio do modelo BIM. Foi utilizado a plataforma *Nimble* para navegação e atualização em tempo real dos status das peças por

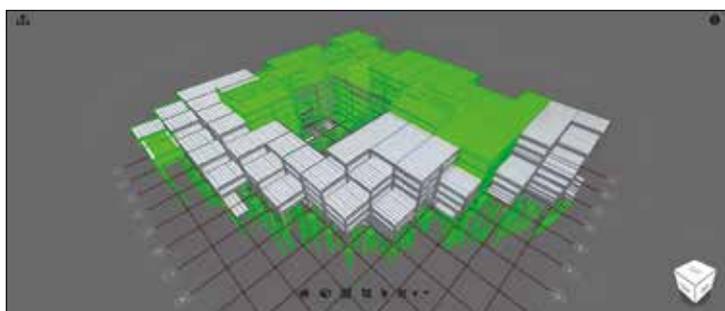
meio de dispositivos móveis no campo (Figura 17). A partir desse controle, *dashboards* de análise de produtividade e conformidade de prazos também foram feitos em *PowerBI*.

4. CONCLUSÕES

O presente artigo trouxe um *case* relevante evidenciando a aplicabilidade de sistemas construtivos pré-fabricados em concepções estruturais de grande versatilidade, funcionalidade e apelo arquitetônico, conforme abordado pela literatura de referência. O uso do BIM permitiu a finalização da obra dentro do prazo e premissas acordadas com sucesso, promovendo uma integração detalhada e antecipada à obra de todas as partes envolvidas (detalhamento da arquitetura e de projeto estrutural, plantas de produção, projeto de montagem e planejamento da obra).

AGRADECIMENTOS

À Rocontec Construção e Tecnologia, à Brookfield Properties, ao Arquiteto Gustavo Utrabo, à CMA Engenharia e à Cassol Pré-fabricados pelas informações fornecidas. ☺



A



B

FIGURA 17

MODELAGEM NA PLATAFORMA NIMBLE: (A) VISUALIZAÇÃO DE PEÇAS MONTADAS (EM VERDE) E (B) ATUALIZAÇÃO DO STATUS DAS PEÇAS (SELEÇÃO DO PILAR)

FONTE: ROCONTEC

▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BARTH, F.; VEFAGO, L.H.M. Tecnologia de fachadas pré-fabricadas. Ed. Letras Contemporâneas, 2007.
- [2] DONIAK, I.L.O.; GUTSTEIN, D. Concreto Pré-fabricado. In: TUTIKIAN B., PACHECO F., ISAÍÁ G. e BATAGIN I. (editor). Concreto: Ciência e Tecnologia, 3ª ed. São Paulo: Editora Ibracon, 2022.
- [3] ABNT NBR 9062:2017 - Comentários e Exemplos. Editores NURNBERG, R. e DONIAK, I.L.O., 1ªed. São Paulo: Editora Ibracon, 2022.
- [4] SUGAHARA, J.; LACOURARIE, L. WPP Anuncia seu primeiro Campus no Brasil. Disponível em: <https://www.wpp.com/en/news/2022/11/wpp-announces-its-first-campus-in-brazil-portuguese>.

Os desafios da Construção Civil e a importância da pré-fabricação em concreto

IRIA LÍCIA OLIVA DONIAK – Pres. Executiva | **Abcic** ;
ANA MARIA CASTELO – Coord. de Projetos | **IBRE/FGV**

Aumentar a produtividade e traçar o caminho rumo à neutralidade de carbono até 2050 são dois grandes desafios para a construção civil no país.

Dados recentes publicados no blog do IBRE, “Construção: produtividade e modernização”, trazem um perfil bastante negativo da produtividade setorial.

De acordo com o estudo, “entre 2007 e 2021, a produtividade das empresas da construção diminuiu cerca de 0,37% a.a., sendo o pior resultado observado no segmento de Serviços Especializados (- 1,22% a.a.); na Infraestrutura, a perda de produtividade foi de 0,72% a.a. Apenas no segmento de Edificações houve melhora ao ritmo de 0,92% a.a.”

Como o estudo menciona, a baixa produtividade do setor tem muitas causas, mas há uma relação importante da questão com os baixos níveis de utilização de sistemas construtivos industrializados. Nesse sentido, a Sondagem realizada pelo FGV IBRE em abril junto às empresas de construção do país corroborou a percepção corrente: apenas 34,6% das empresas fazem uso de sistemas pré-fabricados em suas obras. As empresas de Edificações Não Residenciais ficam acima da média, com 47,7%, mas na infraestrutura apenas 33,2% usam sistemas pré-fabricados (Gráfico 1).

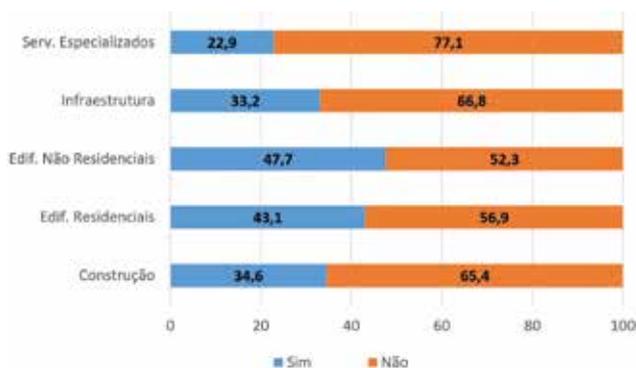


GRÁFICO 1
SONDAGEM DA CONSTRUÇÃO — USO DE SISTEMAS PRÉ-FABRICADOS
(ABRIL 2023)
FONTE: FGV IBRE

A menor utilização de sistemas construtivos industrializados pelas empresas de infraestrutura possivelmente está relacionada à quebra de grandes empresas e redução drástica do investimento na área. Entre 2014 e 2021, o valor das incorporações, obras ou serviços da construção como um todo caiu 38%. No segmento de infraestrutura, a queda foi 48% (considerando correção pelo INCC).

Vale destacar que poucas usam sistemas industrializados em mais de 50% de suas obras: apenas 24,5% das empresas.

De fato, o resultado não surpreende, mas se torna um ponto de referência que dá uma clara mensagem a toda a cadeia: é preciso aumentar a industrialização da construção civil no país.

Hoje a tributação é um desestímulo à utilização de sistemas industrializados. Assim, a

reforma tributária pode contribuir para a isonomia tributária dos processos, mas esse é apenas um dos fatores a se transpor. Há a questão da escala e, principalmente, de gestão e qualificação da mão de obra.

Nesse quesito, além da qualificação, tem sido cada vez mais desafiador reter os jovens que buscam por empregos com menor esforço físico e mais tecnologia agregada, tendo ainda em vista os recentes dados do IBGE que verificou que o Brasil registrou, em 2022, o maior salto de envelhecimento entre dois censos desde 1940. Em 2010, a cada

30,7 idosos (65 anos ou mais), o país tinha 100 jovens de até 14 anos. Agora, são 55 idosos para cada 100 jovens.

Essas questões já haviam sido levantadas na introdução do Manual da Construção Industrializada², lançado pela ABDI em 2015. “Como apontado em estudo da Fundação Getúlio Vargas — FGV (2012), o setor precisa elevar a sua produtividade, face à escassez de mão de obra e demanda crescente para construções habitacionais e de infraestrutura. Conseqüentemente, a indústria da construção no Brasil tem grande potencial para a industrialização, que permite melhores soluções de custos versus benefícios, reduzindo o ciclo da construção e seus custos, melhorando a qualidade e potencializando o controle de desempenho ambiental.”

¹ DISPONÍVEL EM <https://blogdoibre.fgv.br/posts/construcao-productividade-e-modernizacao>

² DISPONÍVEL EM https://api.abdi.com.br/file-manager/upload/files/Manual_construcao_industrializada_versao_digital.pdf

Sendo ainda importante considerar o conceito da industrialização adotado na mesma publicação: “A industrialização, representa o mais elevado estágio de racionalização dos processos construtivos e, independente da origem de seu material, está associada à produção dos componentes em ambiente industrial e posteriormente montados nos canteiros de obras, assemelhando-se às montadoras de veículos, possibilitando melhores condições de controle favoráveis e a adoção de novas tecnologias.”

NEUTRALIDADE DO CARBONO

Ao mesmo tempo em que o aumento da produtividade é essencial para a competitividade das empresas, outro tema integra a agenda de todas as entidades setoriais: a sustentabilidade e as metas para 2030 e 2050 em relação a neutralidade de carbono. Este é outro contexto no qual a industrialização da construção civil é fundamental.

Considerando em especial o tema desta edição dedicada a pré-fabricação em concreto, um dos caminhos que a indústria no mundo e no Brasil tem pautado é o da desmaterialização, possibilitada pela inovação oriunda de tecnologia de novos materiais, aditivos e outras adições, incluindo as fibras, que podem culminar no uso de concretos com maior consumo de cimento, porém em menores volumes. A tecnologia do concreto associada à digitalização são de fundamental importância para a competitividade da indústria, cujo DNA tem as características propícias para este desenvolvimento. Na outra ponta, cimenteiras e siderúrgicas têm feito o seu papel em relação à descarbonização, o que implicará um processo de transformação e ajustes, considerando as necessidades inerentes aos processos produtivos que requerem cuidadosa avaliação dentro de todo este ecossistema e também envolvem normalização, regulação e políticas públicas.

A pré-fabricação em concreto traz outras importantes questões, como a adoção dos misturadores de alta eficiência na produção do concreto, o uso de formas metálicas reutilizáveis, consumo de energia renovável, redução de escoramentos no processo construtivo, integração de projetos com produção e montagem, mais digitalização em suas interfaces com resultados mais assertivos, e possibilidades



Montagem de estrutura pré-fabricada com peças produzidas na indústria (off-site)

de integração de outros subsistemas já na indústria, menor impacto no entorno do local da obra, menor geração de resíduos, quer seja pela produção no ambiente industrial, que possibilita um maior controle, quer na precisão dimensional, que corrobora com etapas posteriores possibilitando a redução do consumo de argamassas de revestimento, além da redução de passivos trabalhistas.

O uso inteligente do concreto, com menos material e mais tecnologia, pode ser visto em uma laje alveolar, que possui reduzido consumo devido aos alvéolos ao que pese o seu concreto ter um consumo em kg/m^3 maior em função da necessidade de desforma com baixa idade (usual até 24 horas) com 21,0 MPa, atendendo à prescrição normativa. Numa sala de aula, por exemplo, o fato de ser protendida possibilita com menos pilares um número maior de vagas na mesma sala de aula, ou seja, mais alunos atendidos no mesmo espaço. Também é uma questão da dimensão social da sustentabilidade.

Devido à sua eficiência construtiva e durabilidade, a pré-fabricação em concreto é apontada como parte relevante das soluções de mitigação das emissões CO_2 em todo o mundo. O controle realizado na fábrica contribui para que no final do ciclo de vida, haja ainda possibilidade de reciclar

os componentes usados em sua construção. A declaração da *fib* – *International Federation for Structural Concrete* para a sustentabilidade indica, por exemplo, além de outros importantes aspectos, que a industrialização e a pré-fabricação em concreto são caminhos a serem tomados.

O trabalho com a sustentabilidade na pré-fabricação em concreto tem sido impulsionado pelo Selo de Excelência ABCIC, programa de certificação evolutivo, cujas auditorias são realizadas pelo IFBQ – Instituto Falcão Bauer para Qualidade, que atesta a conformidade aos padrões de qualidade, tecnologia, desempenho, segurança e sustentabilidade das empresas e plantas industriais no país desde 2003. Em seu nível III, o escopo das questões ambientais é considerado com a inclusão de requisitos da norma ISO 14001 de Gestão Ambiental. Esses requisitos eram correlacionados à avaliação e monitoramento dos impactos ambientais na indústria: resíduos sólidos e líquidos, consumo de energia e água, uso racional dos materiais envolvidos no processo e a emissão de CO_2 .

O Selo de Excelência Abcic é reconhecido no Brasil e no exterior por sua abrangência e poder de indução da qualidade e sustentabilidade setorial e empresarial. Por ser um indutor de desenvolvimento tecnológico, sua adoção possibilita às

empresas se organizarem de uma forma tal que implementar novas tecnologias com base em dados existentes se torna muito mais fácil. O Selo se transformou não apenas num importante diferencial de competitividade para as empresas do setor, mas também em um guia das melhores práticas em termos de normas técnicas, de segurança no fornecimento de produtos e serviços, além de uma garantia de contínuo aprimoramento nas diversas áreas das organizações. Ele assegura o estímulo para essa constante evolução rumo à excelência das empresas.

O setor, representado pela Abcic, através de seu planejamento estratégico 2022-2027, tem monitorado as tendências internacionais, adotado uma postura colaborativa e de integração na interface com outras ações da cadeia produtiva do concreto e da construção civil. Destacando a plataforma *CECarbon* – Calculadora de Consumo Energético e Emissões de Carbono na Construção Civil, ferramenta desenvolvida pelo Comitê de Meio Ambiente do SindusCon-SP (Comasp), em

parceria com a Secretaria Nacional de Habitação (SNH) e com a Agência de Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável (GIZ), que tem o objetivo de contribuir com a gestão climática e energética do setor da construção civil, a partir da padronização de métricas e consistência de dados entre empresas e os atores da cadeia produtiva.

Outra iniciativa é a plataforma web *Sidac* – Sistema de Informação do Desempenho Ambiental da Construção, desenvolvida no âmbito do CBCS – Conselho Brasileiro da Construção Sustentável, que permite o cálculo da pegada de energia e de carbono de produtos de construção fabricados no Brasil, e está baseado em uma abordagem simplificada da ACV – Avaliação do Ciclo de Vida, focada nas questões ambientais mais importantes para a cadeia de valor da construção. Recentemente como uma das entidades integrantes do SINAPROCI – Sindicato Nacional da Indústria de Produtos de Cimento, foi uma das signatárias do acordo de cooperação técnica com o CBCS.

Integra também o CT 101 – Comitê Técnico IBRACON/ABECE/ABICIC de Sustentabilidade do Concreto, no âmbito do IBRACON, promovendo sua interface com as ações do CT 304 – Comitê Técnico IBRACON/ABICIC de Pré-Fabricados de Concreto, sob sua integração promovendo sua integração com as pautas propostas. Entende que o instituto, como núcleo de inteligência do material concreto, assume um protagonismo relevante neste contexto.

O próximo passo já foi dado pela entidade e diz respeito à estratégia de implementação das DAPs – Declarações Ambientais de Produto, de fundamental importância para fornecer dados precisos à comunidade técnica e a sociedade.

É fundamental que todas essas ações converjam para atender às metas de redução das emissões de carbono, até porque o concreto é e continuará sendo um grande protagonista nas próximas décadas, sendo utilizado cada vez mais de formas mais inteligentes. ☺

PRÁTICA RECOMENDADA IBRACON/ABECE

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

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

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

AQUISIÇÃO

www.ibracon.org.br (Loja Virtual)

DADOS TÉCNICOS

ISBN: 978-85-98576-29-9

Edição: 1ª edição

Formato: eletrônico

Páginas: 37

Acabamento: digital

Ano da publicação: 2017

Coordenador: Eng. Marco Antonio Carnio

PRÁTICA RECOMENDADA IBRACON/ABECE

MACROFIBRAS POLIMÉRICAS PARA CONCRETO
DESTINADO A APLICAÇÕES ESTRUTURAIS



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

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

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

Patrocínio



Aplicações do UHPC nas ligações de tabuleiros de pontes em concreto pré-moldado

MARCOS ANTONIO DO ROSARIO DA SILVA – MESTR. – <https://orcid.org/0000-0002-5626-3876>;

ALEX M. DANTAS DE SOUSA – PÓS-DOUT. – <https://orcid.org/0000-0003-0424-4080> | EESC | USP

YGOR MORIEL NEUBERGER – AL. DE DOUT. – <https://orcid.org/0000-0003-4001-7248> | UFSCAR

RAFAEL ANDRÉS SANABRIA DÍAZ – PÓS-DOUT. – <https://orcid.org/0000-0002-6907-7159> | TECHNISCHE UNIVERSITEIT DELFT

MOUNIR KHALIL EL DEBS – PROF. – <https://orcid.org/0000-0001-5955-7936> | EESC | USP

RESUMO

A CONSTRUÇÃO DE PONTES COM ELEMENTOS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO E LIGAÇÕES PREENCHIDAS POR CONCRETO DE ALTÍSSIMO DESEMPENHO (UHPC) TÊM SE TORNADO MAIS FREQUENTES AO REDOR DO MUNDO VISANDO A CONSTRUÇÃO ACELERADA DE PONTES. ENTRETANTO, O NÚMERO DE ESTUDOS NACIONAIS SOBRE O TEMA AINDA É INCIPIENTE E AS NORMAS DE PROJETO NACIONAIS E INTERNACIONAIS NÃO ABORDAM EM DETALHE ESSE TIPO DE SISTEMA E SUAS LIGAÇÕES. ESTE ESTUDO VISA APRESENTAR AS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS LIGAÇÕES COMPOSTAS POR LAJES PRÉ-FABRICADAS E LIGAÇÕES PREENCHIDAS COM UHPC. ALÉM DISSO, O ESTUDO TAMBÉM COMPREENDE A APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS DE ESTUDOS INTERNACIONAIS E NACIONAIS SOBRE O TEMA QUE VISAM SUBSIDIAR O DESENVOLVIMENTO DE RECOMENDAÇÕES DE PROJETO PARA A SUA IMPLEMENTAÇÃO NA PRÁTICA PROFISSIONAL. NO TOCANTE AO MATERIAL DE PREENCHIMENTO DA LIGAÇÃO, TAMBÉM SÃO APONTADAS AS VANTAGENS DO USO DE UHPC EM COMPARAÇÃO COM O USO DE CONCRETOS CONVENCIONAIS OU ARGAMASSAS, COMO, POR EXEMPLO, UM COMPRIMENTO DE EMENDA DAS ARMADURAS CONSIDERAVELMENTE MENOR EM VIRTUDE DA MAIOR RESISTÊNCIA AO ARRANCAMENTO DAS MESMAS. ENTRETANTO, OBSERVA-SE QUE A MAIORIA DOS ESTUDOS NUMÉRICOS DESENVOLVIDOS SOBRE O TEMA TEM CONSIDERADO OPÇÕES DE MODELAGEM NUMÉRICA QUE PODEM LIMITAR O DESENVOLVIMENTO DE CONCLUSÕES MAIS ASSERTIVAS SOBRE O COMPRIMENTO MÍNIMO DE EMENDA NECESSÁRIO NESTE TIPO DE LIGAÇÃO. POR ESTÃO RAZÃO, FORAM APRESENTADAS RECOMENDAÇÕES A SEREM SEGUIDAS EM FUTUROS ESTUDOS NUMÉRICOS SOBRE O TEMA.

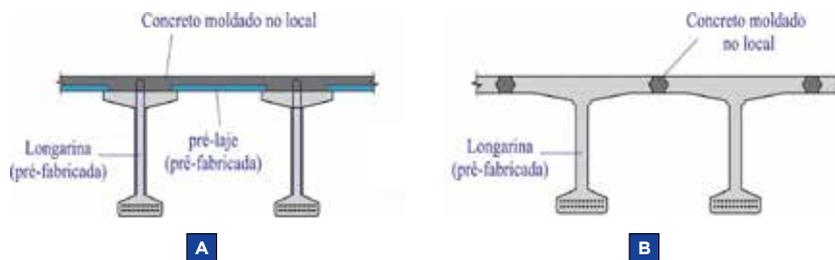


FIGURA 1

A) TABULEIRO DE PONTE COMPOSTO POR VIGA E PRÉ-LAJE PRÉ-FABRICADAS E CAPA DE CONCRETO MOLDADA NO LOCAL; B) SISTEMA COMPOSTO POR VIGAS PRÉ-FABRICADAS COM TABULEIRO INTEGRADO E LIGAÇÃO DE CONCRETO MOLDADO NO LOCAL COM EMENDA DE ARMADURAS

PALAVRAS-CHAVE: LAJES DE CONCRETO, PRÉ-MOLDADO, LIGAÇÕES, CONCRETO DE ALTÍSSIMO DESEMPENHO, UHPC, INTERFACE.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de elementos de concreto pré-moldado (CPM) em estruturas de pontes tem crescido nas últimas décadas em virtude de suas vantagens em relação às estruturas de concreto moldadas no local (CML), tais como: (i) maior velocidade de execução, (ii) maior controle de qualidade dos elementos estruturais, (iii) redução do impacto no trânsito, (iv) uso mais racional de recursos naturais (sustentabilidade) e (v) minimização das perturbações ao meio ambiente. No caso de lajes compostas por vigas pré-fabricadas e pré-laje (Figura 1a), sistema bastante utilizado no Brasil, o volume de CML ainda é relativamente elevado. Visando reduzir o consumo

do CML, outros sistemas têm crescido ao redor do mundo baseados na combinação de elementos pré-fabricados, como vigas com laje integrada (*bulb tee girders*, de uso comum nos EUA e na China – Figura 1b) ou lajes justapostas, ligadas entre si com emenda das armaduras e concreto moldado no local. Entretanto, o desempenho desse tipo de sistema depende sobretudo do projeto e detalhamento da região de ligação entre esses elementos.

Essas ligações têm como objetivo tentar reproduzir o comportamento das estruturas de concreto monolíticas através da transmissão adequada de momentos fletores e demais esforços internos entre os elementos. Conforme Wang *et al.* [1], a capacidade resistente dessas ligações é influenciada por variáveis de projeto como dimensões mínimas da ligação, do tipo de interface na ligação entre o

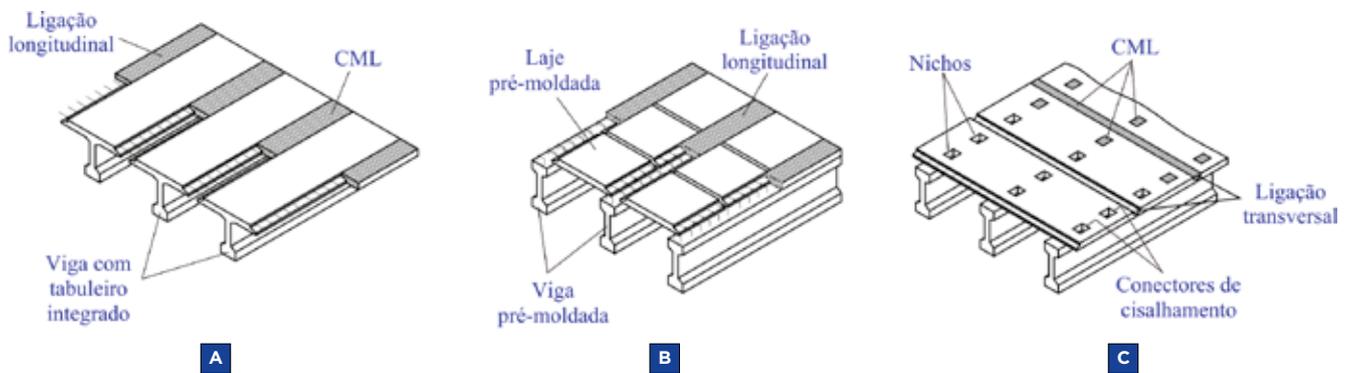


FIGURA 2

SISTEMAS DE PAINÉIS DE SEÇÃO COMPLETA. A) VIGAS COM TABULEIRO INTEGRADO (DECK BULB TEE GIRDERS - DBT). B) LAJES COM LIGAÇÃO PRINCIPAL NA DIREÇÃO DO EIXO LONGITUDINAL C) LAJES COM LIGAÇÃO PRINCIPAL NA DIREÇÃO DO EIXO TRANSVERSAL DA PONTE E NICHOS

FONTE: ADAPTADO DE EL DEBS [2]

concreto pré-moldado e o concreto moldado no local, a configuração de emenda/ ancoragem das armaduras (tipo de emenda, quantidade de barras transversais e comprimento de emenda) e as propriedades do concreto usado na ligação.

Na prática, o concreto de altíssimo desempenho (*Ultra-High Performance Concrete – UHPC*) tem surgido como uma opção interessante ao preenchimento dessas ligações, uma vez que apresenta características como maior resistência à tração/fissuração, melhor aderência ao concreto pré-moldado e uma menor porosidade (o que melhora a durabilidade e vida útil da ligação). Entretanto, o número de estudos nacionais sobre a aplicação do UHPC em ligações deste tipo ainda é limitado.

Por esta razão, este estudo visa (i) apresentar uma revisão breve dos principais estudos e aplicações do UHPC nas ligações de lajes pré-moldadas de pontes e (ii) descrever um dos estudos na-

cionais que têm sido desenvolvidos sobre o tema na Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC/USP). Com isto, pretende-se estimular a discussão e o desenvolvimento de recomendações normativas para este tipo de aplicação nas pontes nacionais.

2. PROJETOS DE LIGAÇÕES ENTRE TABULEIROS PRÉ-MOLDADOS

De acordo com El Debs [2], a associação de elementos pré-moldados com concreto moldado no local é uma das aplicações mais comuns da pré-fabricação, sendo bastante utilizados na construção de pontes. O sistema de tabuleiro de ponte sem capa de concreto moldada no local é denominado de painéis de seção completa, ou pelo termo em inglês *full depth panels* (Figura 1b).

Na Figura 2, são apresentados os principais tipos de painéis de seção completa. O primeiro deles é o sistema de vigas de concreto com tabuleiro integrado,

geralmente em forma de T (Figura 2a – menos usual no Brasil) e ligação longitudinal no eixo da ponte. O segundo tipo corresponde ao sistema de lajes apoiadas entre longarinas conectadas por ligações longitudinais (Figura 2b – já empregado em alguns casos no Brasil). Por fim, temos o terceiro tipo, representado pelo sistema de lajes conectadas por ligações transversais, normalmente adotando nichos com concreto moldado no local (Figura 2c).

Quando o tabuleiro não é integrado à viga, são utilizados conectores de cisalhamento na região da interface entre as vigas e as lajes pré-moldadas. Esses conectores têm como finalidade garantir a transferência adequada das tensões de cisalhamento entre a viga e a laje.

Quando a solicitação principal transferida entre as lajes é o momento fletor, três mecanismos de ruptura podem ocorrer neste tipo de ligação (Figura 3): (i) escoamento excessivo da armadura longitudinal na região de interface; (ii)

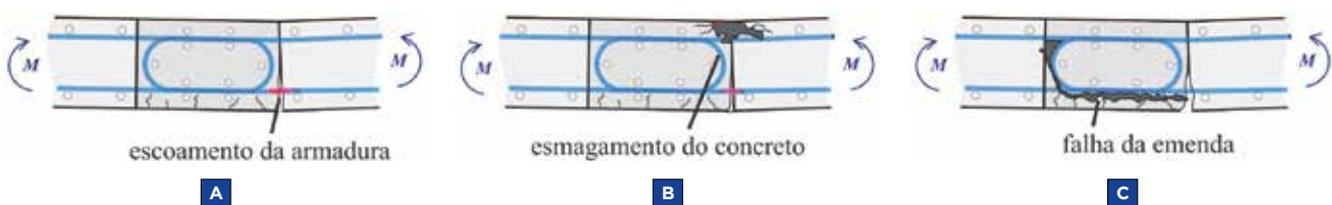


FIGURA 3

TIPOS DE RUPTURA POSSÍVEIS PARA A LIGAÇÃO: A) ESCOAMENTO EXCESSIVO DA ARMADURA; B) ESMAGAMENTO DO CONCRETO; C) FALHA DA EMENDA

FONTE: ADAPTADO DE WANG *et al.* [1]

esmagamento do concreto por compressão na região de interface; e (iii) falha da emenda das armaduras (aqui sendo representada a emenda por laço, mas existem também as emendas por traspasse de barras retas e ancoragem mecânica). Na prática, estes mecanismos de ruptura guiaram o desenvolvimento de modelos de cálculo para verificação da resistência neste tipo de ligação, que serão discutidos nas próximas seções. Embora a ruptura por esmagamento do concreto seja a mais crítica por sua característica frágil, a mesma geralmente é evitada com facilidade com base no dimensionamento à flexão tradicional. Por esta razão, o aspecto que requer maior atenção neste tipo de ligação é garantir a adequada resistência de emenda das armaduras.

Nas próximas seções serão apresentados detalhes de projeto para ligações entre lajes pré-moldadas. Alguns desses aspectos são: (i) tipos de ligações entre os elementos pré-moldados, (ii) forma da ligação; (iii) tipo de armadura na ligação e (iv) material de preenchimento utilizado na ligação.

2.1 Tipos de ligações

Garber e Shahronhinasab [3] descrevem duas situações de ligações de *full depth panels*. Na ligação longitudinal, a conexão entre as lajes pré-moldadas ocorre sobre a viga (Figura 2b), sendo geralmente aplicadas para pontes com tabuleiros de largura maior que 15 m.

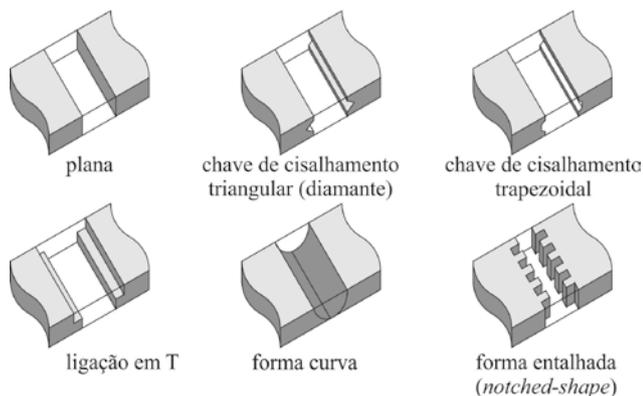


FIGURA 4
TIPOS DE FORMA DA LIGAÇÃO

FONTE: ADAPTADO DE WANG *et al.* [1]

Quando a largura do tabuleiro da ponte é inferior à 15 m, utiliza-se apenas a ligação transversal entre os painéis de lajes pré-moldado (Figura 2c). Neste caso, o comprimento do painel medido na direção do tráfego deve variar entre 2,5 m a 3,7 m. Essas dimensões devem ser determinadas levando em consideração as etapas de transporte e içamento.

2.2 Forma da ligação ou geometria da ligação

Sobre os tipos de forma utilizados nas ligações entre elementos de concreto pré-moldado, estes devem ser projetados de modo a facilitar a colocação do material de preenchimento da ligação. Exemplos de forma da ligação são apresentados na Figura 4. Nesse sentido, a forma mais utilizada para a ligação é a plana. No entanto, esta forma produz uma área de contato menor entre o concreto pré-moldado e o CML, o que pode resultar em um desempenho prejudicado, caso a superfície do concreto pré-moldado não seja devidamente preparada para receber o CML. Diante disso, outras formas para a região de ligação têm sido estudadas, como chaves de cisalhamento triangular, chave de cisalhamento trapezoidal, forma de curva, em forma de T e chave de cisalhamento no plano da laje.

2.3 Arranjos de emenda das armaduras

Além da geometria da ligação, outro fator importante que afeta a capacidade

resistente das ligações é o detalhamento da emenda das armaduras. O arranjo da armadura ideal deve ser de simples fabricação, fácil montagem na obra e garantir durabilidade e resistência da ligação. Normalmente, são utilizadas barras de armadura sem contato emendadas por sobreposição com diferentes detalhes (Figura 5): a) barras retas; b) barras com “cabeça” (ancoragem mecânica) e c) barras em laço.

Entre os tipos de arranjo, o mais usado é com barras retas, que resulta em emenda das armaduras por traspasse. Nessa situação, a emenda das armaduras é produzida pela aderência das barras com o concreto da ligação. Haber e Graybeal [4,5] recomendam que as dimensões das emendas das barras retas de aço sejam no mínimo $8d_b$ (considerando um cobrimento das armaduras de $3d_b$), onde d_b é o diâmetro da barra de aço. Entretanto, esta dimensão pode variar em função das propriedades do UHPC e do cobrimento das armaduras.

Nesse sentido, outros pesquisadores realizaram estudos com diferentes detalhes de armadura de modo a tentar reduzir o comprimento de emenda de traspasse e consequentemente reduzir a largura da ligação [6,7]. Uma alternativa às barras retas nas ligações é a utilização de barras com “cabeça” (que corresponde a uma ancoragem mecânica) ou barras dobradas em formato de U (laço) [8]. No caso de barras em laço, para garantir o raio mínimo de dobra exigido nas normas, a espessura mínima das lajes deve ser de 180 mm [9].

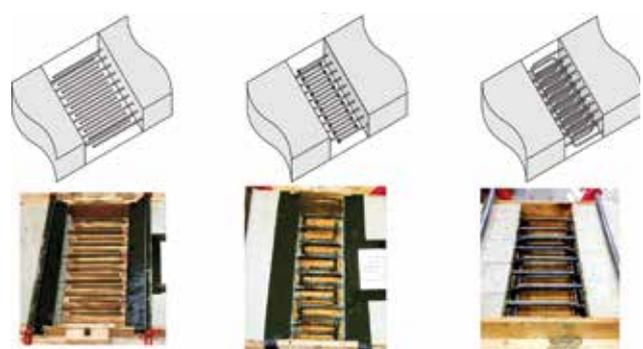


FIGURA 5
TIPOS DE EMENDA DAS ARMADURAS NA LIGAÇÃO: A) BARRAS RETAS; B) BARRAS COM “CABEÇA”; C) BARRAS EM LAÇO

FONTE: ADAPTADO DE WANG *et al.* [1] E HABER E GRAYBEAL [4]

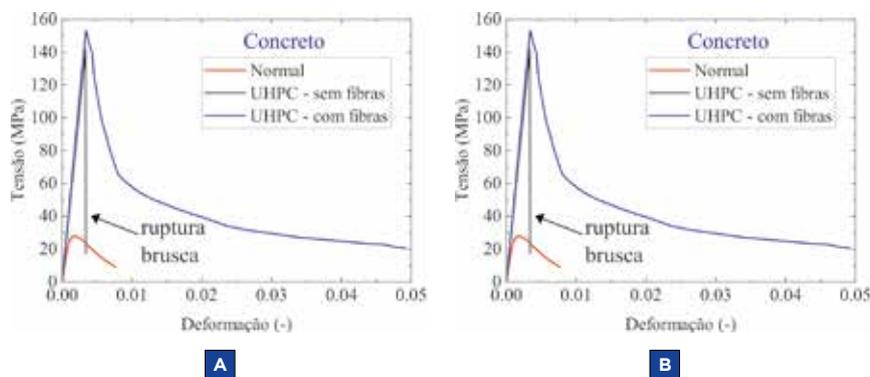


FIGURA 6

EXEMPLO DE COMPORTAMENTO TENSÃO X DEFORMAÇÃO PARA OS CONCRETOS CONVENCIONAIS (NORMAL), CONCRETO DE ALTÍSSIMO DESEMPENHO SEM FIBRAS (UHPC – SEM FIBRAS) E CONCRETO DE ALTÍSSIMO DESEMPENHO COM FIBRAS (UHPC – COM FIBRAS): A) À COMPRESSÃO; B) TRAÇÃO

2.4 Material de preenchimento utilizado nas ligações

O concreto moldado no local utilizado no preenchimento das ligações deve possuir algumas propriedades, tais como: boa aderência com o concreto pré-moldado, alta resistência nas idades iniciais, fluidez adequada para preencher a ligação, baixa retração e durabilidade às intempéries. Neste sentido, o emprego de materiais de alto desempenho (UHPC) tem grande potencial devido às suas melhores propriedades mecânicas em relação ao concreto convencional ou normal (sem fibras). Por exemplo, o UHPC oferece maior resistência à tração, maior resistência residual pós-fissuração (com fibras) e melhores propriedades de aderência entre concretos com diferentes idades.

3. MODELOS DE ANÁLISE

Diversos estudos voltados para a análise deste tipo de ligação têm sido realizados por diversos pesquisadores nos últimos anos [6-8,10]. O principal método empregado para avaliar a capacidade resistente das ligações é o ensaio experimental em laboratório, no qual diferentes configurações de projeto são testadas e investigadas. A Figura 7 mostra um exemplo de ensaio experimental realizado por Haber e Graybeal [7].

Em um destes estudos, Yuan e Graybeal [11] indicam que o comprimento de $8 d_b$ para barras com diâmetro de 12.5 mm seria suficiente para garantir a

ancoragem das armaduras, considerando um cobrimento maior que $3 d_b$. Neste exemplo, foi utilizado UHPC com volume de fibras de 2%, e a resistência à tração mínima foi 5,5 MPa. Entretanto, recomendações para outras bitolas de armadura e outras propriedades do UHPC geralmente são escassas, em virtude do número ainda limitado de estudos experimentais sobre o tema.

Além disso, a grande maioria dos estudos experimentais sobre este tema tem simulado apenas o caso da flexão pura (sem influência da força cortante), o que não representa as condições reais de uso. Nesta vertente, são necessários maiores estudos experimentais sob condições de contorno mais representativas de suas aplicações (combinando a flexão com a força cortante).

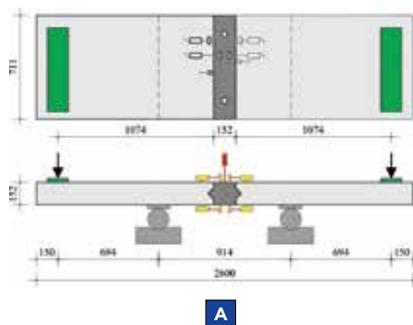


FIGURA 7

EXEMPLO DE ENSAIO EXPERIMENTAL DE LIGAÇÃO ENTRE LAJES PRÉ-MOLDADAS: A) ESQUEMA DO ENSAIO. B) FOTO DO MODELO

FONTE: ADAPTADO DE HABER E GRAYBEAL [7] (DIMENSÕES EM MM)

Por esta razão, tem havido um crescimento na quantidade de estudos numéricos dedicados a esse tema [12-15]. Neste tipo de análise, os modelos numéricos são geralmente calibrados com base em resultados experimentais da literatura e, posteriormente, modificados para avaliar a influência de outros parâmetros de projeto no comportamento da ligação, como a forma da ligação, detalhamento da armadura ou condições de contorno/carregamento. Um destes estudos tem sido desenvolvido na EESC/USP, ainda em estágio preliminar [12]. Um dos ensaios escolhidos para modelagem foi o de Deng *et al.* [6] (Figura 8). Na comparação entre resultados experimentais e numéricos, observou-se uma boa concordância entre em termos do padrão de fissuração (Figura 9a) e da resistência prevista (Figura 9b, com mais detalhes sobre a modelagem podendo ser consultados em [12]).

Entretanto, um dos principais desafios deste tipo de modelagem é a adequada representação das propriedades da interface entre os concretos de diferentes idades, bem como as propriedades de deslizamento entre o UHPC e as armaduras (*bond-slip*). A grande maioria dos estudos numéricos disponíveis na literatura consideram aderência perfeita entre as armaduras e o UHPC [12-15], o que pode resultar em conclusões errôneas nas análises, uma vez que essas opções de modelagem não permitem representar possíveis rupturas da ancoragem por comprimento insuficiente do traspasse.

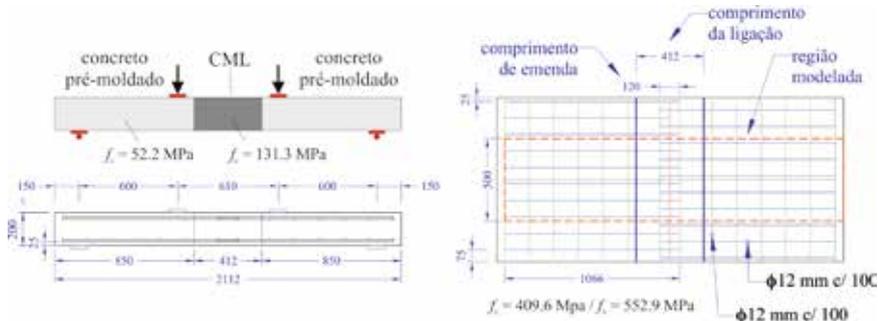


FIGURA 8

ESQUEMA DE ENSAIO, GEOMETRIA E DETALHAMENTO DAS ARMADURAS DO ENSAIO MODELADO

FONTE: ADAPTADO DE DENG *et al.* [6] (DIMENSÕES EM MM)

Ainda não existem normas técnicas nacionais e internacionais que abordem especificamente este tipo de ligação. Por esse motivo, são adotadas especificações de trabalhos experimentais e de publicações técnicas que considerem as principais variáveis do problema [4,7]. Entretanto, a fim de promover uma maior difusão do uso dessas ligações na prática profissional, é necessário que sejam desenvolvidos modelos analíticos capazes de estimar o comportamento e a resistência das ligações por meio de cálculos simplificados. Neste sentido, merece destacar o modelo de bielas e tirantes na (Figura 10), apropriado para as emendas de barras com “cabeça” e com laços.

4. RECOMENDAÇÕES PARA MODELAGEM NUMÉRICA COM LIGAÇÕES DE UHPC

Nos estudos apresentados na literatura, observou-se que todos eles consideravam a armadura perfeitamente aderida ao UHPC ou concretos normais [12-15]. Na prática, esta escolha de modelagem evita a representação ou captura de possíveis rupturas da emenda na medida em que o comprimento de traspasse é reduzido para valores muito pequenos (da ordem de $2.5d_b$, por exemplo), o que não parece consistente, conforme identificado por Silva *et al.* [12]. Por esta razão, novos estudos sobre o tema são recomendados considerando-se as seguintes recomendações:

- ▶ Considerar o comportamento de deslizamento relativo entre as armaduras e o concreto (*bond-slip*) em estudos numéricos, de forma a per-

mitir representar possíveis rupturas da emenda por falta de ancoragem das barras;

- ▶ Desenvolver estudos experimentais com ênfase no deslizamento relativo entre as armaduras e o UHPC, de modo a estimar melhor os parâmetros que caracterizam a curva de *bond-slip* necessárias em modelos numéricos;
- ▶ Desenvolver ou identificar opções de modelagem para o comportamento não-linear à tração (em termos de tensão-abertura de fissura) para o UHPC, de modo a não bloquear possíveis rupturas de emenda neste tipo de ligação e representar adequadamente o comportamento do UHPC em modelos modelagens numéricas; em outras palavras, a consideração do *bond-slip* por si só não garante

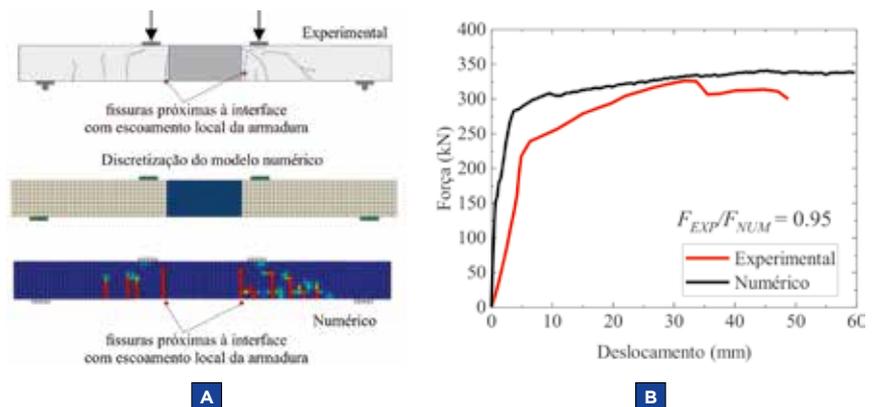


FIGURA 9

COMPARAÇÃO ENTRE RESULTADOS EXPERIMENTAIS E NUMÉRICOS DE SILVA *et al.* [12]:

A) PADRÃO DE FISSURAÇÃO; B) CURVA FORÇA × DESLOCAMENTO DO ATUADOR CENTRAL

representar adequadamente possíveis falhas de emenda neste tipo de ligação;

- ▶ Representar de forma mais adequada os parâmetros da interface entre o UHPC e concreto pré-moldado na interface da ligação em modelos numéricos, de modo a melhorar a representação do comportamento no caso de combinação de esforços de flexão e força cortante; na prática, a maioria dos estudos numéricos sobre o tema ainda tem considerando aderência perfeita entre estes concretos, o que pode não ser representativo de todas as formas de tratamento da interface.

5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A busca por soluções de projeto que acelerem as construções de pontes e minimizem impactos ambientais, sociais e desperdícios de materiais tem sido um tópico de frequente investigação ao redor do mundo no intuito de aumentar a sustentabilidade na indústria da construção. Neste contexto, o uso de tabuleiros de pontes compostas por painéis de lajes pré-moldadas e ligações preenchidas com UHPC apresentam um grande potencial quando comparado às soluções de preenchimento com concreto convencional.

Conforme apresentado, as ligações são o aspecto mais importante deste sistema. Por esta razão, surgiram diversas formas de detalhamento possíveis que

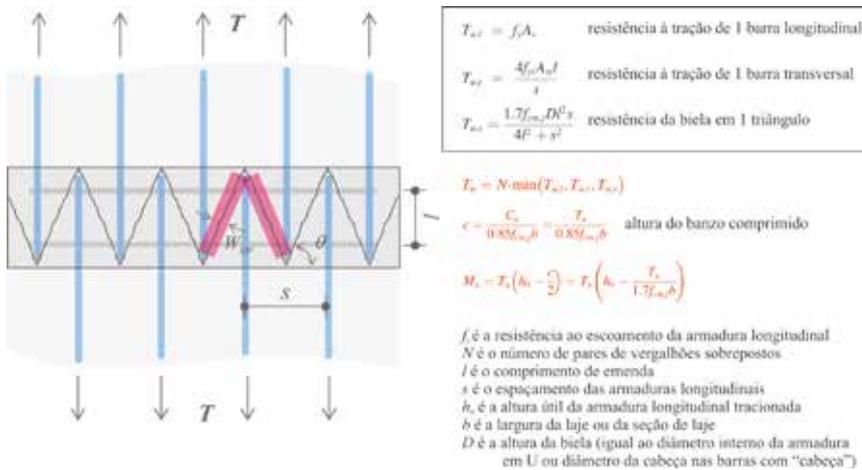


FIGURA 10

MODELO DE CÁLCULO DA RESISTÊNCIA À FLEXÃO COM BASE NA TEORIA DE BIELAS E TIRANTES

FONTE: ADAPTADO DE WANG et al. [1]

têm sido objeto de investigações experimentais, numéricas e analíticas. Os modelos de verificação da resistência deste tipo de ligação existentes são relativamente simples, mas não levam em consideração

aspectos como o tratamento da interface na região de ligação, forma da ligação, comprimento de emenda e comportamento *bond-slip* das armaduras no UHPC. Por esta razão, são necessários maiores

estudos nacionais e internacionais para subsidiar a formalização de recomendações práticas acerca do detalhamento necessário para este tipo de ligação.

No tocante aos estudos numéricos desenvolvidos sobre o tema na literatura, observou-se que a grande maioria deles apresenta algumas opções de modelagem que podem conduzir a conclusões errôneas sobre o comprimento mínimo necessário de emenda das armaduras (devido à consideração de aderência perfeita entre a armadura e o UHPC). Por esta razão, novos estudos têm sido desenvolvidos na EESC/USP com vistas a apresentar contribuições sobre a modelagem numérica deste tipo de ligação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro concedido pela CAPES (Código 001) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP, processo N° 2021/13916-0). ☺

▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Wang X, Liu Y, Chen A, Ruan X. Flexural capacity assessment of precast deck joints based on deep forest. Structures 2022;41:270-86. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2022.05.009>.
- [2] EL DEBS MK. Pontes de Concreto: com ênfase na Aplicação de Elementos Pré-moldados. vol. 1. 1st ed. São Paulo: Oficina de Textos; 2021.
- [3] Garber D, Shahrokhinasab E. Performance Comparison of In-Service, Full-Depth Precast Concrete Deck Panels to Cast-in-Place Decks. Report ABC-UTC-2013-C3-FIU03-Final, Accelerated Bridge Construction, Transportation Center Florida International University 2019.
- [4] Haber ZB, Graybeal BA. Lap-Spliced Rebar Connections with UHPC Closures. Journal of Bridge Engineering 2018;23:04018028. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)BE.1943-5592.0001239](https://doi.org/10.1061/(ASCE)BE.1943-5592.0001239).
- [5] Graybeal BA. Design and Construction of Field-Cast UHPC Connections. Report FHWA-HRT-14-084, Federal Highway Administration (FHWA) 2014.
- [6] Deng E-F, Zhang Z, Zhang C-X, Tang Y, Wang W, Du Z-J, et al. Experimental study on flexural behavior of UHPC wet joint in prefabricated multi-girder bridge. Eng Struct 2023;275:115314. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2022.115314>.
- [7] Haber ZB, Graybeal BA. Performance of Grouted Connections for Prefabricated Bridge Deck Elements. Report FHWA-HIF-19-003, Federal Highway Administration (FHWA) 2018.
- [8] Ma ZJ, Lewis S, Cao Q, He Z, Burdette EG, French CEW. Transverse Joint Details with Tight Bend Diameter U-Bars for Accelerated Bridge Construction. Journal of Structural Engineering 2012;138:697-707. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)st.1943-541x.0000518](https://doi.org/10.1061/(asce)st.1943-541x.0000518).
- [9] AASHTO. AASHTO LRFD Bridge Design Specifications. 8th Editio. Washington D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO); 2017.
- [10] Nguyen Q-T, Maki T, Mutsuyoshi H, Ishihara Y. Flexural Behavior of Precast Concrete Slab Connections using Loop Steel Bars and Mortar. Journal of Advanced Concrete Technology 2023;21:436-49. <https://doi.org/10.3151/jact.21.436>.
- [11] Yuan J, Graybeal BA. Bond Behavior of Reinforcing Steel in Ultra-High Performance Concrete. Report No FHWA-HRT-14-090, Federal Highway Administration (FHWA) 2014.
- [12] Silva MA do R da, de Sousa AMD, El Debs MK. Análise do comportamento à flexão de ligações em UHPC de lajes pré-moldadas de tabuleiro de pontes. Anais do XIV Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas, 2023., Rio de Janeiro: 2023.
- [13] Huang D, Nie X, Zeng J, Jiang Y. Experimental and numerical analysis on flexural behavior of improved U-bar joint details for accelerated bridge construction. Eng Struct 2023;289. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2023.116328>.
- [14] Zhang Z, Zhang Y, Zhu P. Flexural Behavior of Precast RC Deck Panels with Cast-in-Place UHPFRC Connection. Coatings 2022;12. <https://doi.org/10.3390/coatings12081183>.
- [15] Di J, Han B, Qin F. Investigation of U-bar joints between precast bridge decks loaded in combined bending and shear. Structures 2020;27:37-45. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2020.05.041>.

Construção industrializada: perspectivas e **desafios para sua disseminação**

YORKI ESTEFAN - Pres. | **SINDUSCON-SP** ; Vice-Pres. | **CBIC**

São indiscutíveis os ganhos na industrialização da construção residencial, já adotada com sucesso em obras institucionais e de infraestrutura. Para avançar na industrialização da edificação residencial, o SindusCon-SP e a AsBEA-SP (Associação Regional dos Escritórios de Arquitetura de São Paulo) lançaram em 2022 um manifesto e realizaram um seminário.

Destacamos que a construção industrializada, se aplicada desde a fase de incorporação, reduz prazos, otimiza o retorno do investimento, clareia custos de construção, gera menos aditivos, reduz desperdícios de mão de obra e materiais. Oferece mais opções de terrenos, por viabilizar canteiros com pouco espaço. Adota sistemas esbeltos que possibilitam maior área útil das unidades habitacionais, layouts mais flexíveis e facilidade em manutenção e reformas.

Atuando dessa forma, desde o início da fase de projeto, entre outras vantagens figuram maior interação entre as equipes de projeto e obra, claro entendimento dos sistemas e suas interfaces, uso de sistemas modulares com dimensionamento adequado, otimização das soluções de interferências, melhora da garantia e do desempenho dos sistemas já testados e comprovados pela indústria, maior detalhamento de projetos evitando erros na construção, otimização do uso de ferramentas avançadas aplicadas ao projeto e gestão de obras como BIM e IoT (siglas em inglês para Modelagem da Informação da Construção e Internet das Coisas), e possibilidade de carga menor nas estruturas e fundações.

Na obra, serão alcançados maior produtividade, redução de prazos e custos, utilização de trabalhadores mais qualificados, ganhos de gestão pela quantidade menor de fornecedores e de contratos. Haverá maior assertividade nos quantitativos e recursos necessários, montagens prévias fora dos can-

teiros, redução de patologias, otimização da logística e do planejamento da obra.

A industrialização também contribuirá para intensificar as ações em favor da sustentabilidade ambiental. Possibilitará ganhos para o meio ambiente e os futuros usuários da edificação, tais como: menor geração de resíduos, uso mais eficiente de água e energia, redução da pegada de carbono e utilização de materiais de construção alternativos.

De sua parte, os consumidores se beneficiarão. O custo final diminuirá, as patologias e custos de manutenção se reduzirão, layouts serão mais flexíveis facilitando adaptações e reformas. O mercado imobiliário se desenvolverá, ganhando escala e reduzindo custos, o que atrairá novos fornecedores e trabalhadores qualificados.

Também recomendamos boas práticas para industrializar a construção residencial, tais como:

- ▶ Considerar construção modular, produtos padronizados e repetitividade como premissas de projeto;
- ▶ Definir os sistemas no início, antes do projeto de fundações e estrutura, para a correta especificação e possibilitando soluções mais esbeltas;
- ▶ Analisar o custo global, considerando as economias ao longo de toda a vida do empreendimento;
- ▶ Contratar os fornecedores dos sistemas



Dynamic Faria Lima, edifício construído com pré-fabricados de concreto

- no início do projeto;
- ▶ Analisar o cronograma de desembolso antecipado em caso de entregas mais rápidas, ou a postergação de desembolsos para o início das obras, em entregas usuais;
- ▶ Verificar a necessidade de sistemas específicos de transporte no canteiro e entorno;
- ▶ Contratar mão de obra treinada pelo fornecedor do sistema;

- ▶ Privilegiar fornecedores de sistemas com bom histórico;
- ▶ Adquirir sistemas completos e sem adaptações, testados e certificados.

Destacamos ainda o aspecto social que tem relevância significativa na industrialização da construção, começando pela maior capacitação e segurança para os colaboradores no canteiro de obra, e finalizando com ambientes dotados de maior conforto aos usuários pela sua qualificada construção. Tanto consumidores finais, como todos os profissionais envolvidos na cadeia produtiva, beneficiam-se deste processo.

Ao promover a industrialização nas construções de edifícios seremos capazes de incentivar a inovação de forma sustentável com incremento da produtividade, dando maior pujança à produção de habitação no país. Assim, teremos incorporações mais assertivas, projetos mais precisos, execução de obras otimizadas com mais sustentabilidade e maior satisfação dos adquirentes.

VANTAGENS EM PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO

Em relação ao emprego de pré-fabricados de concreto, os estudos existentes indicam ganhos expressivos, tais como:

- ▶ Ganho de produtividade, que pode chegar a algo entre 50% e 60% em horas/homem/trabalho;
- ▶ Diminuição substancial de desperdícios e, conseqüentemente, menor geração de resíduos;
- ▶ Eliminação da quase totalidade de retrabalhos;
- ▶ Ajuda na descarbonização da construção, mediante menor geração de resíduos e menor consumo de cimento e aço ;
- ▶ Facilitação no uso de componentes de alta performance UHPC (*Ultra High Performance Concrete*) – as estruturas demandarão menor quantidade de cimento e aço para atingir a mesma performance;
- ▶ Ganho de renda para os colaboradores envolvidos, que terão melhor qualificação e, como consequência, melhor remuneração.

OBSTÁCULOS A SUPERAR

Entretanto, a indústria da construção ainda enfrenta obstáculos para fazer realizar a almejada industrialização em larga escala.

Entre estes obstáculos, figuram: ausência de programas de governo estruturados voltados à industrialização; aumento dos preços dos insumos em descompasso com a evolução da renda das famílias; elevada tributação; insegurança jurídica; burocracia; códigos de obras com exigências construtivas diferentes a cada município; oferta limitada de financiamentos; ausência de divulgação das tecnologias nas universidades e reformas estruturais.

Para fazer enfrentar esses desafios, formaram-se diversas frentes. Nossa entidade atua fortemente na divulgação das tecnologias e na qualificação dos colaboradores das construtoras, por meio dos Seminários de Tecnologia de Estruturas e de Sistemas Prediais, e de nossa área educacional liderada pela Universidade Corporativa SindusCon-SP.

Entendemos que a industrialização da construção conseguirá dar conta da meta de redução do déficit habitacional, pelo aumento da rapidez na construção e do aumento da produtividade. A Fiesp, por meio do Construbusiness de 2021, da Fiesp, elencou propostas para impulsionar essa industrialização, como um regime tributário que estimule essa industrialização e opere mudanças no processo licitatório.

Superado o obstáculo tributário, outro desafio será realizar a transição da construção tradicional para a industrializada, com a contribuição de tecnologias como o BIM (Modelagem da Informação da Construção) e a integração com startups. Para ampliar a utilização dos produtos fabricados fora do canteiro, será relevante adotar módulos e a construção modular. Ao mesmo tempo, os projetistas devem ser estimulados, os fabricantes dos módulos se especializarem, e os cursos universitários se atualizarem.

O SindusCon-SP está coordenando a Comissão de Estudos instalada em agosto na ABNT para atualizar a NBR 15873 - Coordenação Modular para Edificações, elaborada em 2010 com base em seis normas internacionais com a participação do Comitê de Tecnologia e Qualidade (CTQ) de nossa entidade.



Painéis Pré-Fabricados auto-portantes de fechamento

Em outra frente, volta a avançar o Projeto Construa Brasil, impulsionado pelo governo federal com a participação das entidades da cadeia produtiva do setor.

Este projeto pretende melhorar o ambiente de negócio do setor da construção, incentivando as empresas a se modernizarem. Para tanto, foram estabelecidas metas, as quais estão relacionadas ao incentivo à coordenação modular e à construção industrializada, à convergência dos Códigos de Obras e Edificações, à melhoria do processo de concessão de alvará para construção, à difusão do BIM no Brasil e aos desdobramentos da Estratégia BIM BR.

No site do programa <https://www.gov.br/produktividade-e-comercio-exterior/pt-br/ambiente-de-negocios/competitividade-industrial/construa-brasil> já constam alguns resultados do Construa Brasil. Por exemplo, estão disponíveis para download um Mapa Relacional das Normas de Coordenação Modular e Relatório dos Itens das Normas de Revisão e um Planejamento Estratégico para a Difusão da Construção Industrializada no Brasil. Os profissionais envolvidos nos estudos de coordenação modular agora participam da Comissão de Estudos instalada na ABNT.

No momento em que redigimos este artigo, o site do programa prometia para breve os seguintes downloads: Mapeamento das Principais Normas e Regulamentos Técnicos, Estudos de Equalização Tributária na Construção Civil e Estudo de Modelos de Financiamento para Construção Industrializada.

Com esses e outros avanços, estamos otimistas em tornar efetiva a industrialização da construção residencial com a participação de toda a cadeia produtiva do setor e esperamos que a reforma tributária também possa contribuir nessa direção. ☺

Processo produtivo de painéis arquitetônicos pré-fabricados de concreto

RAFAEL VAZ LEONARDI – Grad. – (rafael.leonardi@mackenzista.com.br)

LIGIA VITORIA REAL – Prof. | ESCOLA DE ENGENHARIA, UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE – UPM

FELIPE CAMARGO – Ger. de Produção

MARCELO CUADRADO MARIN – Dir. de Engenharia | LEONARDI CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA

RESUMO

AINDA HÁ NO BRASIL DESAFIOS AO SE UTILIZAR PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS, TAIS COMO CUSTO INICIAL ELEVADO, FALTA DE PROFISSIONAIS QUALIFICADOS E RESISTÊNCIA À ADOÇÃO POR FALTA DE DOMÍNIO DOS PROCESSOS. NORMAS TÉCNICAS, COMO A ABNT NBR 16475 E A ABNT NBR 9062, E O SELO DE EXCELÊNCIA ABCIC ESTABELECEM REQUISITOS DE QUALIDADE E DURABILIDADE PARA ESSES ELEMENTOS PRÉ-FABRICADOS. COM O INTUITO DE DISSEMINAR A TÉCNICA CONSTRUTIVA, ESSE ARTIGO TEVE COMO OBJETIVO APRESENTAR O PROCESSO PRODUTIVO DE PAINÉIS ARQUITETÔNICOS NÃO ESTRUTURAIS PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO, IDENTIFICANDO OS PONTOS DE CONTROLE, A FIM DE GARANTIR A QUALIDADE DAS PEÇAS FABRICADAS. A COLABORAÇÃO ENTRE SETOR PÚBLICO, PRIVADO E INSTITUIÇÕES DE PESQUISA É FUNDAMENTAL PARA AVANÇAR TECNOLOGICAMENTE E TORNAR O CONCRETO PRÉ-MOLDADO MAIS ATRATIVO. A CRESCENTE ADOÇÃO DO SISTEMA IMPULSIONARÁ A INDUSTRIALIZAÇÃO E RACIONALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO, TORNANDO-A MAIS EFICIENTE E PRODUTIVA.

PALAVRAS-CHAVE: PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO, PROCESSO PRODUTIVO, QUALIDADE.

1. INTRODUÇÃO

Após o final da Segunda Guerra Mundial, ocorreu um grande impulso das aplicações do concreto pré-moldado na Europa, principalmente em habitações, galpões e pontes, devido à necessidade de construção em larga escala, à crescente demanda por habitação (KANAI, 2019).

A primeira grande obra que utilizou elementos pré-fabricados no Brasil foi o Hipódromo da Gávea, no Rio de Janeiro, em 1926, nas fundações e no muro que contorna o perímetro da construção

(DONIAK *et al*, 2011). Entretanto, a preocupação com a industrialização e racionalização da construção nacional teve início no final da década de 1960. Nessa época, em meio a um mercado em expansão, surgiram os primeiros painéis de concreto com apelo arquitetônico (ABCIC, 1980 *apud* SERRA; FERREIRA; PIGOZZO, 2005).

Os painéis pré-fabricados de concreto incorporam as vantagens da industrialização na construção civil, como rapidez no processo construtivo, maior qualidade e uma redução de resíduos. Além disso, podem ser projetados e produzidos de acordo com demandas específicas, sejam elas estruturais ou arquitetônicas, o que contribui para aumentar o valor agregado e aprimorar a estética da obra.

Ainda, o uso de elementos pré-fabricados de concreto é mais eficiente em termos de recursos e energia, colaborando com a redução de resíduos, do tempo dedicado a retrabalhos e das emissões de carbono. Tal eficiência é alcançada pelos recursos disponíveis em instalações fabris definitivas e pela racionalização da construção. Segundo Trindade (2018), as principais causas do desperdício de materiais e da consequente geração de resíduos se deve à escolha da técnica

construtiva, sendo que a pouca industrialização dos sistemas construtivos é uma das principais barreiras da sustentabilidade na construção civil.

Apesar das vantagens, a utilização ainda limitada de elementos pré-fabricados na construção civil brasileira inclui o custo inicial mais elevado em comparação ao método tradicional de assentamento de blocos, a escassez de profissionais qualificados, a necessidade de maior precisão dimensional na estrutura e a falta de conhecimento sobre a técnica (EL DEBS; FERREIRA, 2014).

Com o intuito de disseminar a técnica construtiva, o presente artigo tem como objetivo apresentar o processo produtivo de painéis arquitetônicos não estruturais pré-fabricados de concreto da empresa Leonardi Construção Industrializada, identificando os pontos de controle, a fim de garantir a qualidade das peças fabricadas.

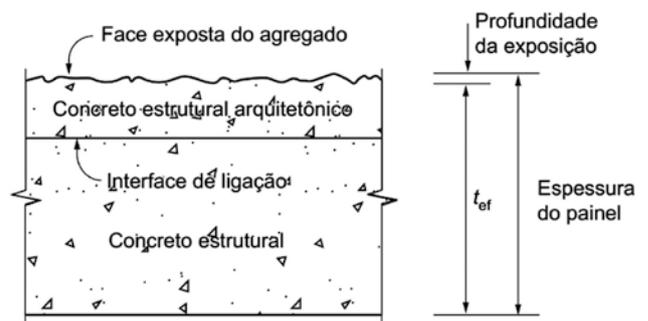


FIGURA 1

ESPESURA EFETIVA DO PAINEL COM REVESTIMENTO ARQUITETÔNICO

Fonte: NBR 16475 (ABNT, 2017)

TABELA 1

TOLERÂNCIAS DIMENSIONAIS DE PRODUÇÃO DOS PAINÉIS PRÉ-MOLDADOS

Elementos pré-moldados	Seção ou dimensão	Tolerância	
Painéis	Comprimento	$L \leq 5 \text{ m}$	$\pm 10 \text{ mm}$
		$5 \text{ m} \leq L < 10 \text{ m}$	$\pm 15 \text{ mm}$
		$L > 10 \text{ m}$	$\pm 20 \text{ mm}$
		Espessura	- 5 mm + 10 mm
	Planicidade	$L \leq 5 \text{ m}$	$\pm 3 \text{ mm}$
		$L > 5 \text{ m}$	$\pm L / 1000 \text{ mm}$
	Distorção	Largura ou altura $\leq 1 \text{ m}$	$\pm 3 \text{ mm}$ cada 30 cm
		Largura ou altura $> 1 \text{ m}$	$\pm 10 \text{ mm}$
		Linearidade	$\pm L / 1000 \text{ mm}$

FONTE: NBR 9062 (ABNT, 2017) e NBR 16475 (ABNT, 2017)

forma, estoque, transporte e montagem das peças.

Além das normas técnicas brasileiras, há o guia técnico para paredes pré-fabricadas de concreto do *American Concrete Institute (ACI)*, o documento *ACI 533R-11 – Guide for Precast Concrete Wall Panels* (2012), que apresenta prescrições de projeto, tolerâncias executivas e construtivas, materiais componentes, critérios de fabricação e transporte, montagem, ensaios de controle tecnológico e requisitos de qualidade.

De acordo com *ACI 533R-11* (ACI, 2012), são consideradas falhas inaceitáveis: defeitos de moldagem, como excesso de bolhas na superfície exposta, marcas indesejadas das formas, armaduras aparentes; manchas de ferrugem ou de ácido; bordas ou juntas irregulares; cor ou textura não uniformes ou diferentes das amostras aprovadas pelos clientes; fissuras ou reparos visíveis a uma distância igual ou maior a 9 metros após a instalação e acabamento na obra.

Ainda, há o Selo Excelência da Associação Brasileira da Construção Industrializada (ABCIC), que apresenta requisitos de qualidade para peças pré-fabricadas. Criado em 2003, o Selo de Excelência é um programa de qualidade, integrando sustentabilidade e segurança. Por ser direcionado e elaborado para a indústria de pré-fabricados, avalia não somente a gestão de qualidade, mas também o efetivo atendimento da ABNT NBR 9062 (2017). É um programa evolutivo, que busca a

2. REQUISITOS TÉCNICOS DOS PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS

A norma técnica ABNT NBR 16475 – Painéis de parede de concreto pré-moldado – Requisitos e procedimentos (2017) classifica esses elementos quanto à: seção transversal (maciço, alveolar não estrutural, nervurado, sanduíche sem ligação rígida, parede dupla ou reticulado misto, sem função estrutural); uso (residencial, comercial ou industrial); acabamento (bruto ou arquitetônico); comportamento estrutural (estrutural ou não estrutural). A ABNT NBR 16475 também apresenta prescrições específicas para garantia da durabilidade e requisitos de qualidade, separando os critérios entre produção e projeto.

Em relação aos requisitos de qualidade da estrutura, devem ser consideradas as ações durante as fases de construção e sua vida útil, bem como as condições de agressividade ambiental nas quais a peça

será exposta. Por exemplo, em casos de painéis com revestimento arquitetônico, tais como agregados aparentes, a camada de cobertura da armadura desconsidera a espessura do acabamento da superfície. Ou seja, deve-se considerar a espessura efetiva (t_{ef}) do painel, tanto no dimensionamento quanto para determinação do cobrimento (Figura 1).

Em relação aos requisitos de qualidade de projeto, cabe salientar que devem ser atendidos os critérios referentes à situação de incêndio conforme prescreve a ABNT NBR 9062 - Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Dois pontos fundamentais abordados pelas normas ABNT NBR 16475 (2017) e ABNT NBR 9062 (2017) são os dimensionamentos de apoios, ligações e conectores, bem como as fases transitórias de des-

**FIGURA 2**

PAINÉIS NÃO ESTRUTURAIS COM ACABAMENTO LISO

FONTE: ACERVO LEONARDI CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA (2023)

**FIGURA 3**

PAINÉIS NÃO ESTRUTURAIS PIGMENTADOS

FONTE: ACERVO LEONARDI CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA (2023)



FIGURA 4

PROTÓTIPOS DE FORMAS DE PAINÉIS LISOS COM APLICAÇÃO DE RESINA

FONTE: ACERVO LEONARDI CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA (2023)

melhoria das empresas, possuindo três níveis a serem alcançados:

- ▶ **Nível I:** atendimento das normas técnicas básicas e ensaios dos principais materiais, controle inicial dos processos da empresa, qualidade do produto e montagem; regulamentação de funcionamento e de funcionários; aspectos de gestão da segurança;
- ▶ **Nível II:** ampliação dos aspectos de gestão da qualidade e registros de controle de processos; atendimento de normas técnicas complementares e ensaios de outros materiais; atendimento

das normas regulamentadoras; avaliação de satisfação do cliente.

- ▶ **Nível III:** aspectos ambientais; monitoramento e medição de resultados.

Tanto o Selo de Excelência ABCIC quanto as normas ABNT NBR 16475 (2017) e ABNT NBR 9062 (2017) apresentam valores específicos de tolerâncias construtivas e de montagem, tais como os apresentados na Tabela 1. Também apresentam requisitos específicos em relação ao aço, ao concreto e seus materiais componentes. Aspectos mais detalhados sobre o controle tecnológico na indústria de concreto pré-fabricado foram apresentados por Mizumoto, Marin e Moreira (2013).

Cabe ressaltar que o controle de qualidade vai além da verificação de projeto e de um controle tecnológico e dimensional efetivo, estendendo-se à qualificação e comprometimento dos envolvidos no processo e na gestão das suas interfaces (DONIAK; GUTSTEIN, 2011).

3. PROCESSO PRODUTIVO DOS PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS

Na Leonardi Construção Industrializada, objeto deste estudo de caso, são produzidos painéis não estruturais e arquitetônicos. Ou seja, após a montagem não necessitam de acabamento ou revestimento (ABNT NBR 16475, 2017). Internamente, são denominados como lisos (Figura 2) ou arquitetônicos, quando apresentam relevo, pigmentação ou textura (Figura 3). As peças são produzidas sob demanda, confor-

me projetos específicos. Ainda que sejam elementos não estruturais, são necessários dimensionamento e verificações que considerem os esforços de içamento, transporte, montagem, peso próprio e ação do vento.

Os painéis lisos são produzidos em mesas horizontais de compensado naval, com resina aplicada para obter um acabamento de melhor qualidade (Figura 4). Antes da preparação da forma, inspetores de qualidade verificam a integridade da mesa, identificando pontos danificados que serão instantaneamente reparados por meio da aplicação de massa plástica ou lixas de gramaturas específicas.

No caso de painéis com agregados expostos, uma camada de aditivo retardador de pega é aplicada à forma juntamente com o desmoldante. Dessa forma, no momento do içamento, a camada superficial da pasta de cimento não está solidificada junto ao restante do painel, podendo ser removida na fase de acabamento, revelando os agregados. Painéis arquitetônicos com relevo ou textura são produzidos por meio de um fundo de forma específico, como na Figura 5. A preparação da forma para painéis arquitetônicos, independentemente da solução, é inspecionada junto com a situação da mesa pelo controle de qualidade.

Com a qualidade da mesa em conformidade, são posicionadas divisórias metálicas delimitando as dimensões do painel conforme projeto. A fim de garantir a estanqueidade da forma, aplica-se



FIGURA 5

FUNDO DAS FORMAS DE PAINÉIS COM RELEVO OU TEXTURA

FONTE: ACERVO LEONARDI CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA (2023)



FIGURA 6

POSICIONAMENTO DA ARMAÇÃO E INSERTOS NA FORMA

Fonte: ACERVO LEONARDI CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA (2023)

silicone nas juntas entre a mesa e as divisórias. Após essa etapa, os colaboradores inserem espaçadores na armação, que já foi inspecionada, e posicionam-na na forma, junto aos insertos, conforme especificado no projeto (Figura 6). Com o aval dos inspetores de qualidade, o encarregado do setor solicita concreto à central.

O concreto é despejado do misturador em caçambas sobre trens elétricos, os quais transportam o concreto até a área de alcance da ponte rolante. Enquanto o operador da ponte rolante movimenta o concreto em direção à forma, o trem leva outra caçamba para ser recarregada. O concreto autoadensável é despejado inicialmente em uma das extremidades do painel e este é preenchido até alcançar a extremidade oposta, evitando juntas de concretagem (Figura 7).

O acabamento da superfície superior do painel é realizado por meio de grandes

desempenadeiras, denominadas *floats*, 30 minutos após o lançamento do concreto. Uma vez finalizado o acabamento, placas de isopor são colocadas sobre o painel para garantir a cura adequada e uniformidade de tonalidade do elemento.

Após rece-

ber a aprovação do laboratório próprio da empresa, indicando que os corpos de prova atingiram resistência necessária para o içamento dos painéis, estes são retirados das formas (Figura 8) e submetidos a uma inspeção final pelo controle da qualidade, liberando-os ou não para o estoque (Figura 9) e posterior transporte à obra (Figura 10).

4. GARANTIA DA QUALIDADE DOS PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS

Durante a inspeção dos elementos pré-fabricados pelos inspetores de qualidade, são aplicados protocolos rigorosos com o propósito de assegurar a excelência dos produtos. Os procedimentos adotados visam não apenas à garantia da qualidade, mas à manutenção da produtividade com prevenção contra retrabalhos. A Figura 11 ilustra o processo produtivo de pai-



FIGURA 7

APLICAÇÃO DO CONCRETO

AUTOADENSÁVEL

Fonte: ACERVO LEONARDI CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA (2023)

néis, incluindo os momentos de verificações de qualidade.

Todos os elementos produzidos são devidamente identificados através de etiquetas. Os inspetores de qualidade utilizam um software especializado para efetuar a leitura e registro das avaliações, que são realizadas em diferentes etapas: armação, após a armação ser posicionada na forma junto aos insertos, após a concretagem e, quando aplicável, após o acabamento. Em situações particulares, como nos painéis arquitetônicos, os inspetores são



FIGURA 8

IÇAMENTO DE PAINEL COM RELEVO

Fonte: ACERVO LEONARDI CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA (2023)



FIGURA 9

PAINEL ARQUITETÔNICO NO ESTOQUE

Fonte: ACERVO LEONARDI CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA (2023)



FIGURA 10

PAINÉIS LISOS SOBRE CARRETA PRONTOS PARA TRANSPORTE

FONTE: ACERVO LEONARDI CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA (2023)

requeridos para outras verificações, incluindo a verificação do fundo de forma especial. A obtenção da resistência mínima para o içamento dos elementos é crucial para garantir a qualidade estética e prevenir fissuras, sendo essa verificação realizada pelo laboratorista na própria empresa.

O software utilizado disponibiliza as verificações pertinentes a serem realizadas em um elemento quando o código correspondente é lido. Além disso, registra as observações do inspetor, permitindo que inspeções subsequentes sejam informadas sobre quaisquer constatações feitas nas inspeções anteriores. Esse procedimento visa mitigar os erros decorrentes de possíveis omissões.

A verificação realizada pelos inspetores de qualidade nos elementos pré-fabricados tem como objetivo identificar erros de execução e notificar a equipe de produção para que esses erros sejam corrigidos. Caso os inspetores encontrem um erro que não possa ser facilmente corrigido pelos colaboradores do setor, é necessário pre-

encher um relatório de não conformidade. Esse relatório é encaminhado diretamente à equipe de engenharia, que fornecerá um parecer técnico com as instruções para efetuar a correção necessária.

Elementos que apresentam erros de execução inviáveis de serem corrigidos são categorizados como segregados ou refugados. Elementos refugados são os que a não conformidade inviabiliza seu uso. Elementos segregados são os que a não conformidade inviabiliza seu uso original, mas ainda podem ser aproveitados caso sejam incorporados em projetos futuros. Nesse caso, tais elementos são catalogados e direcionados ao estoque de elementos segregados. Caso haja uma obra posterior em que possam ser utilizados, esses elementos são submetidos a uma nova inspeção antes de serem empregados.

5. CONCLUSÕES

O uso de elementos de concreto pré-moldado, incluindo os painéis, na constru-

ção civil oferece vantagens como rapidez, qualidade e padronização do produto acabado, redução de resíduos e menor impacto ambiental e maior previsibilidade de custos. Entretanto, obstáculos como o custo inicial mais elevado, a escassez de profissionais qualificados e a falta de conhecimento limitam a ampla adoção no Brasil.

Investir em capacitação e conscientização é fundamental para superar essas barreiras. A disseminação do conhecimento e a busca por certificações impulsionarão a sustentabilidade e a eficiência no setor. A colaboração entre setor público, privado e instituições de pesquisa é crucial para impulsionar novas tecnologias e tornar o concreto pré-moldado mais utilizado.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a oportunidade cedida pela empresa Leonardi Construção Industrializada em compartilhar sua expertise e processo produtivo. ☺

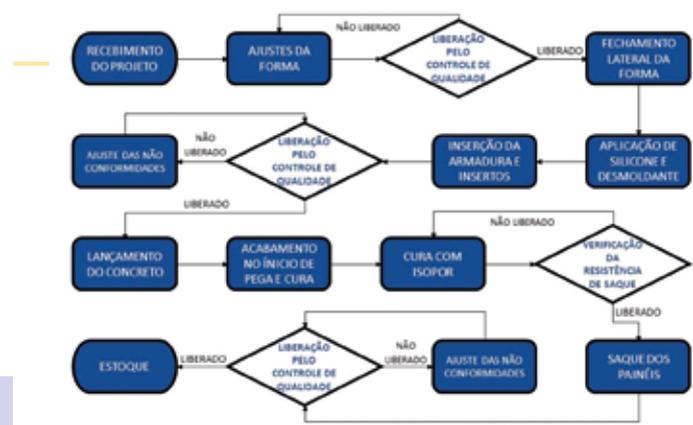


FIGURA 11

FLUXOGRAMA DA PRODUÇÃO DE PAINÉIS

FONTE: AUTORES (2023)

▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Guide for precast concrete walls panels, ACI 533R-11. Farmington Hills, 2014.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16475: Painéis de parede de concreto pré-moldado - requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2017.
- [3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9062: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro, 2017.
- [4] DONIAK, I.L.O.; GUTSTEIN, D. Concreto pré-fabricado. In: ISAIA, G. Concreto Ciência e Tecnologia. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2011. p. 1569-1613.
- [5] EL DEBS, L. de C.; FERREIRA, S.L. Diretrizes para processo de projeto de fachadas com painéis pré-fabricados de concreto em ambiente BIM. Ambiente Construído, Porto Alegre, 2014.
- [6] KANAI, J. Método para fluxo do processo de painéis pré-fabricados baseado em KanBIM. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, 2019.
- [7] MIZUMOTO, C. ; MARIN, M. C. ; MOREIRA, K. A. W. O controle tecnológico na indústria de concreto pré-fabricado. Concreto & Construção, v. 72, p. 50, 2013.
- [8] SERRA, S. M. B.; FERREIRA, M. A.; PIGOZZO, B. N. Evolução dos pré-fabricados de concreto. São Carlos: 1º ENPPPCPM, 2005.
- [9] TRINDADE, E. L. G. Avaliação das barreiras para implementação da sustentabilidade na construção civil. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2018.

Método de construção acelerada de pontes e viadutos: conceitos e aplicações

DANIEL DE LIMA ARAÚJO – Prof. - (dlaraujo@ufg.br)

GLEYSER DINIZ LINHARES – Grad.

MATHEUS VIEIRA ASSUNÇÃO – Grad. | ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL – UFG

RESUMO

NESTE ARTIGO É APRESENTADA A METODOLOGIA *ABC* (*ACCELERATED BRIDGE CONSTRUCTION*, TRADUZIDO DO INGLÊS COMO CONSTRUÇÃO ACELERADA DE PONTE), SENDO DESCRITOS OS CONCEITOS E AS PRINCIPAIS ABORDAGENS E TÉCNICAS UTILIZADAS. ATUALMENTE, ESSA METODOLOGIA É AMPLAMENTE UTILIZADA NA CONSTRUÇÃO DE PONTES E VIADUTOS NOS ESTADOS UNIDOS, SENDO A *FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (FHWA)* UMA DAS PRINCIPAIS AUTORIDADES QUE DISPONIBILIZA VASTA GAMA DE MATERIAIS E ESTUDOS SOBRE A METODOLOGIA *ABC*. UM BREVE LEVANTAMENTO DA TIPOLOGIA DAS PONTES E VIADUTOS NO BRASIL SOB A RESPONSABILIDADE DO DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO (DNIT) TAMBÉM É APRESENTADA. TENDO EM VISTA QUE QUASE METADE DAS PONTES E VIADUTOS SOB RESPONSABILIDADE DO DNIT SÃO CONSTRUÍDAS EM CONCRETO MOLDADO NO LOCAL E, DESSAS ESTRUTURAS, CERCA DE 90% TÊM EXTENSÃO DE ATÉ 50 METROS, A METODOLOGIA *ABC* POSSUI UM AMPLO CAMPO DE APLICAÇÃO AO PROJETO DE PONTES E VIADUTOS NO BRASIL.

PALAVRAS-CHAVE: METODOLOGIA *ABC*, PONTES, VIADUTOS, PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETO, CONSTRUÇÃO RÁPIDA.

1. INTRODUÇÃO

Ponte é o nome que se dá a toda obra elevada que tem o objetivo de vencer obstáculos líquidos, como rios, lagos, vales, braços de mares, entre outros, que impedem a continuidade da via. Quando esse obstáculo não é líquido, a obra recebe o nome de viaduto. Essas subdivisões estão englobadas em um conjunto geral denominado de “Obras de Arte Especiais”.

Na Tabela 1 é mostrada a distribuição das pontes rodoviárias federais no Brasil,

sob jurisdição do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT, em função do sistema construtivo e do material utilizado na construção, levantada na literatura. Observa-se que cerca de 44% das pontes e viadutos desse inventário foram executados em concreto armado moldado no local e, dessas estruturas, a maior parte possui o sistema estrutural baseado em vigas contínuas. Tal metodologia implica grandes movimentações de terra, grande tempo de construção e grandes gastos com estruturas auxiliares. Além disso, cerca de 90% das pontes e viadutos executados em concreto armado moldado no local tem extensão de até 50 m.

Este artigo tem por objetivo apresentar os conceitos do método de Construção Acelerada de Pontes (*Accelerated Bridge Construction – ABC*), apresentando os seus princípios e benefícios.

2. DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA *ABC*

A metodologia *ABC* (*Accelerated Bridge Construction*), ou Construção Acelerada de Pontes, tem se tornado sistema padrão em todas as etapas da construção das pontes e viadutos nos Estados Unidos da América nos últimos 30 anos [1]. Devido às suas vantagens competitivas, essa metodologia tem também sido aplicada em outros países da América do Norte, tendo resultado na publicação de diversos manuais de aplicação da metodologia *ABC* [2]. Os benefícios de se utilizar essa metodologia vão muito além da construção da obra em si, pois há benefícios a curto e longo prazo que devem ser levados em consideração quando da decisão do emprego de

um método de Construção Acelerada de Pontes [3].

Mas por que utilizar a metodologia *ABC*? O sistema construtivo de pontes e viadutos em concreto moldado no local é um dos sistemas construtivos mais simples e utilizados. Tal metodologia implica grandes movimentações de terra e grande tempo de construção. Entretanto, isso não é um grande problema quando se está implantando uma nova via de tráfego. Contudo, quando a malha rodoviária ou urbana está consolidada e há trechos em que são necessários reparos, alterações ou expansão das obras de arte, o método tradicional com concreto moldado no local passa a não ser mais viável, uma vez que demandará muito tempo de construção e, conseqüentemente, interrupção prolongada da via. Isso implica a necessidade de alteração do tráfego ou construção de uma ponte temporária, de modo a permitir a liberação parcial do tráfego enquanto a obra é executada. Essas são soluções que têm impacto negativo no processo geral de construção.

A metodologia *ABC* empregada com elementos pré-fabricados de concreto garante vários benefícios em relação ao sistema convencional em concreto moldado no local, tais como:

- 1) Redução do impacto sofrido pelo usuário da via: construções ou reparos em pontes e viadutos tem um impacto negativo para os usuários de uma via de tráfego. Atrasos causados por congestionamentos e riscos de acidentes são alguns fatores que impactam negativamente os usuários

TABELA 1

SISTEMAS ESTRUTURAIS E MATERIAIS DAS PONTES E VIADUTOS BRASILEIROS

Estrutura	Sistema e material	Quantidade (Unid.)	Porcentagem	
Ponte	Arco inferior de concreto armado	18	0,33%	
	Arco inferior de concreto protendido	1	0,02%	
	Arco inferior metálico	3	0,06%	
	Estaiada com vigamento de concreto protendido	2	0,04%	
	Estaiada com vigamento metálico	1	0,02%	
	Laje de concreto armado	471	8,70%	
	Laje de concreto protendido	5	0,09%	
	Mista (viga metálica e laje de concreto)	185	3,42%	
	Não informado	864	15,96%	
	Treliça metálica	4	0,07%	
	Viga caixão de concreto armado	148	2,73%	
	Viga caixão de concreto protendido	145	2,68%	
	Viga de concreto armado	2907	53,69%	
	Viga de concreto protendido	650	12,01%	
	Viga e laje metálicas	5	0,09%	
	Madeira	5	0,09%	
	Total	5414	100%	
	Viaduto	Arco de alvenaria de pedra	1	0,05%
		Arco inferior de concreto armado	12	0,55%
Arco inferior metálico		2	0,09%	
Arco superior metálico		8	0,37%	
Estaiada com vigamento de concreto protendido		1	0,05%	
Laje de concreto armado		315	14,46%	
Laje de concreto protendido		5	0,23%	
Mista (viga metálica e laje de concreto)		42	1,93%	
Não informado		544	24,98%	
Viga caixão de concreto armado		203	9,32%	
Viga caixão de concreto protendido		119	5,46%	
Viga de concreto armado		455	20,89%	
Viga de concreto protendido		469	21,53%	
Viga e laje metálicas		2	0,09%	
Total	2178	100%		

FONTE: ADAPTADO DE DNIT [4]

das rodovias, por exemplo; de acordo com o manual da *Federal Highway Administration – FHWA*, o tempo de impacto no fluxo de tráfego de uma via é chamado de “*Mobility Impact Time*” e é dividido em 5 níveis: nível 1, com impacto de 1h a 24h; nível 2, com impacto em até 3 dias; nível 3, com impacto até 2 semanas; nível 4, com impacto até 3 meses; e nível 5, com impacto de 3 meses a anos [5]. O objetivo da metodologia ABC está em elevar ao menos 1 nível quando comparado com o método tradicional de construção. Como o usuário

possui um impacto direto na sua receita, esse impacto deve ser contabilizado durante a etapa de planejamento, uma vez que é esse mesmo usuário que paga os impostos que irão financiar a construção;

- Melhoria da segurança do trabalhador e do motorista: construções e reparos na via de tráfego existente podem causar distrações nos motoristas, o que afeta a sua segurança; atrelado a isso, há o fato de o trabalhador desempenhar suas atividades junto a uma via com tráfego ativo - com a redução do tempo de construção ou reparo da

obra, esses impactos negativos podem ser minimizados;

- Redução de impacto ambiental: a metodologia ABC pode ser utilizada, por exemplo, para reduzir em meses o tempo de execução da obra dentro ou ao redor de uma área ambientalmente sensível;
- Qualidade: apesar dos rígidos controles de qualidade exigidos no processo de construção de uma ponte, é um grande desafio atingir tais graus de qualidade ao se utilizar o concreto moldado no local - isso ocorre, por exemplo, por conta do ambiente desfavorável que, muitas vezes, os trabalhadores estão submetidos e pela dificuldade de controlar a qualidade do concreto produzido no local; tais fatores reduzem consideravelmente a durabilidade da estrutura; com a utilização de elementos pré-fabricados de concreto, tais condições indesejadas podem ser reduzidas - o rígido processo de fabricação exigido pelas normas de estruturas pré-fabricadas faz com que esses elementos possuam maior resistência mecânica com menor fissuração e, conseqüentemente, maior vida útil e menores custos de manutenção ao longo do seu ciclo de vida;
- Construtibilidade melhorada: reduz, ou até mesmo elimina, a quantidade de trabalhadores no local de execução da obra;
- Redução de custo para a sociedade: O custo de uma obra de infraestrutura não deve ser medido apenas pelo seu custo direto de construção; outros fatores e custos indiretos devem ser levados em consideração quando da definição do sistema construtivo de uma ponte ou viaduto. O departamento de transportes de Utah, nos EUA, por exemplo, mede rotineiramente a percepção do público em geral sobre as suas construções por meio de questionários. Uma pesquisa realizada sobre um viaduto construído com a metodologia tradicional constatou que 1/3 dos entrevistados estavam satisfeitos, 1/3 não estavam satisfeitos e o restante era indiferente. Outra pesquisa sobre um viaduto executado com o uso da metodologia ABC constatou que 94% dos entrevistados avaliaram positivamente o processo construtivo como um todo,

resultando em uma percepção extremamente positiva da população para com essa metodologia de execução de obras de arte [5].

O processo de planejamento e definição do escopo do projeto de uma ponte utilizando a metodologia ABC consiste em duas fases principais. Primeiro, decidir se o ABC é apropriado para um local. A análise de uma série de variáveis, desvios prováveis, rotas de emergência e taxas de usuários das estradas, deve ser feita como parte desse processo de tomada de decisão. Uma vez tomada a opção de adotar a metodologia ABC, a segunda etapa envolve a escolha de qual tecnologia construtiva é adequada para o local da obra.

Uma justificativa importante para o uso de métodos de construção acelerada de pontes (ABC) é a dificuldade de gerenciar o tráfego. Isso porque os desvios na via de tráfego podem influenciar no custo da estrutura e na economia das cidades próximas. Usando uma abordagem ABC, a construção pode ser concluída em

questão de meses ou mesmo dias, em vez de anos.

Os projetos com a abordagem ABC bem-sucedidos demonstram a viabilidade dessa estratégia ao reduzir a escala de tempo de construção de anos para apenas alguns fins de semana. Por exemplo, o Departamento de Transporte de Massachusetts usou essa estratégia para reduzir o período de construção de um grande projeto com a metodologia ABC na Interestadual I-90, que possuía um fluxo de cem mil veículos por dia. Em apenas oito finais de semanas, foram substituídas oito pontes nessa rodovia, com uma movimentação de 242 elementos pré-fabricados. Mesmo durante os serviços de reparo das pontes, o fluxo de veículos não foi interrompido [6].

3. ELEMENTOS PRÉ-FABRICADOS PARA PONTES

A metodologia ABC não é um método construtivo e nem está relacionada a um único processo construtivo, mas representa um compilado de técnicas e tecnologias de cons-

trução que vem sendo desenvolvido e implementado a fim de promover uma inovação na construção de pontes e viadutos, reduzindo os impactos aos usuários das vias de tráfego.

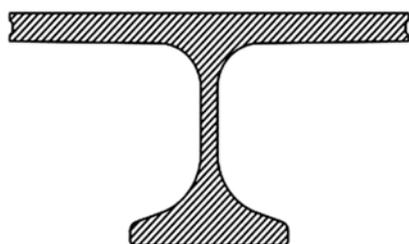
A forma mais comum de aplicar a metodologia ABC é associada com o uso de elementos pré-fabricados. Entretanto, a pré-fabricação de alguns elementos da ponte não é algo exatamente novo. As longarinas pré-fabricadas de concreto estão presentes em vários tipos de pontes e viadutos. A evolução que a metodologia ABC busca trazer reside na pré-fabricação de tabuleiros, pilares, sapatas, paredes de contenção, etc.

Um ponto de atenção nas estruturas pré-moldadas é a ligação entre os elementos e a formação de juntas. A verificação da resistência e durabilidade das ligações e das juntas é um assunto largamente estudado para as edificações pré-moldadas em geral. A FHWA já desenvolveu estudos específicos para as ligações entre elementos pré-fabricados de pontes. Há resultados que mostram que essas ligações são duráveis e estruturalmente resistentes para serem utilizadas em estruturas de pontes e viadutos, inclusive em regiões sujeitas a sismos moderados [7].

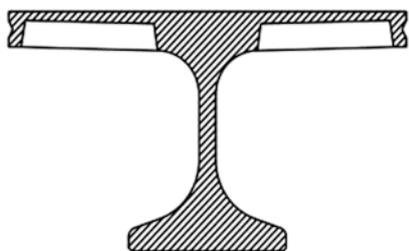
Os elementos pré-fabricados em uma ponte podem ser unitários, como uma longarina, pilar, sapata, etc., ou modulares, sendo formados por elementos unitários já interligados, como, por exemplo, um conjunto de duas vigas ligadas a um tabuleiro de concreto. Elementos modulares representam uma ótima alternativa para a metodologia ABC. Há diversos relatos de obras nos EUA bem-sucedidas utilizando essa tecnologia [8]. Entretanto, a medida em que mais elementos pré-fabricados vão sendo integrados no processo de fabricação, mais complexo se torna o processo de transporte, montagem e ligação desses módulos em seu local definitivo.

3.1 Elementos da superestrutura

Os componentes da superestrutura da ponte utilizados no processo de construção acelerada incluem a pré-fabricação de longarinas, tabuleiros ou módulos formados por mais de um elemento estrutural. As longarinas pré-fabricadas da superestrutura são frequentemente feitas de concreto protendido para possibilitar vencer grandes vãos. A durabilidade e o desempenho das



A Seção com laje maciça



B Seção com laje nervurada



FIGURA 1

LONGARINAS PRÉ-FABRICADAS EM UHPC COM MESA LARGA

FONTE: MORCOUS E TADROS (2023)

longarinas podem ser aprimorados com o emprego do concreto de alto desempenho (UHPC). Vigas em “T” com UHPC podem ser utilizadas de modo a padronizar o projeto das longarinas nas pontes e viadutos. Atuando como vigas e tabuleiros ao mesmo tempo, os sistemas de vigas adjacentes, com seção duplo em “T” ou vigas em “T” com mesas largas (Figura 1), oferecem opções para a construção mais rápida de pontes, pois eliminam a necessidade da execução da laje em concreto moldado no local [9]. O Concreto de Alto Desempenho (UHPC) também pode ser utilizado para unir os elementos pré-fabricados de pontes, permitindo ligações com menor dimensão, de mais rápida execução e com maior capacidade resistente.

Ao trabalhar em projetos rápidos, a ligação entre o tabuleiro e a longarina pode ser demorada e exigir cuidados extras na obra. Isso é mais impactante quando se utiliza o sistema de longarina pré-moldada com tabuleiro em concreto moldado no local. Tal impacto negativo no tempo de construção pode ser reduzido ao se utilizar o tabuleiro totalmente pré-moldado e ligado à laje por meio de nichos preenchidos com concreto de alto desempenho [10], conforme mostrado na Figura 2.

Nos sistemas modulares, a ligação do tabuleiro com as longarinas pode ser realizada na fábrica, eliminando, portanto, essa atividade da obra (Figura 3). Contudo, é necessário verificar se é viável transportar e instalar peças maiores e mais pesadas.



FIGURA 2
TABULEIRO FORMADO POR PAINEL PRÉ-MOLDADO
FONTE: AURIER *et al.* (2023)

A capacidade máxima dos guindastes, bem como as restrições dimensionais e de peso para transporte, deve ser considerada.

3.2 Elementos da mesoestrutura

Os pilares pré-fabricados têm sido utilizados como uma solução para agilizar o processo construtivo da mesoestrutura. Eles possuem a vantagem de se repetirem ao longo da ponte, o que pode reduzir o seu custo de produção. A ligação entre segmentos de pilares e destes com a fundação pode ser realizada com o emprego de luvas grauteadas (Figura 4). Tal modelo de conexão simula a emenda por traspasse comumente conhecida, o que a torna uma opção muito versátil, além de apresentar resistência semelhante à de um pilar moldado no local, atingindo alta ductilidade.

Outra alternativa é o uso de protensão para realizar a ligação dos elementos que irão compor o pilar. Após o tensionamento

dos cabos, é aplicada uma argamassa de alta resistência a fim de garantir a aderência do cabo com o concreto, fornecendo a ductilidade e a resistência necessária para a ligação.

Semelhante a um pilar parede, os encontros em pontes são estruturas utilizadas para sustentar tanto a superestrutura da ponte quanto para conter o solo em suas extremidades. Esse tipo de elemento também pode ser totalmente pré-fabricado em módulos, que são conectados à fundação também utilizando luvas grauteadas (Figura 5). As juntas verticais podem ser deixadas abertas ou preenchidas com espuma expansiva, replicando uma junta de dilatação comumente presente em edificações. O tempo de construção típico para um encontro pré-moldado pode ser de apenas dois dias [5]

4. CONCLUSÃO

A metodologia ABC tem sido amplamente empregada nos projetos de pontes e



FIGURA 3
SUPERESTRUTURA MODULAR SENDO INSTALADA NA PONTE JACQUES-CARTIER
FONTE: AURIER *et al.* (2023)

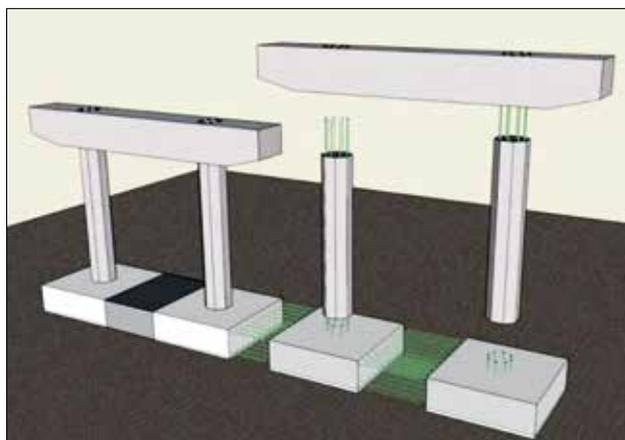


FIGURA 4
LIGAÇÃO DE PILARES PRÉ-MOLDADOS COM LUVAS GRAUTEADAS
FONTE: MICHAEL E CULMO (2011)

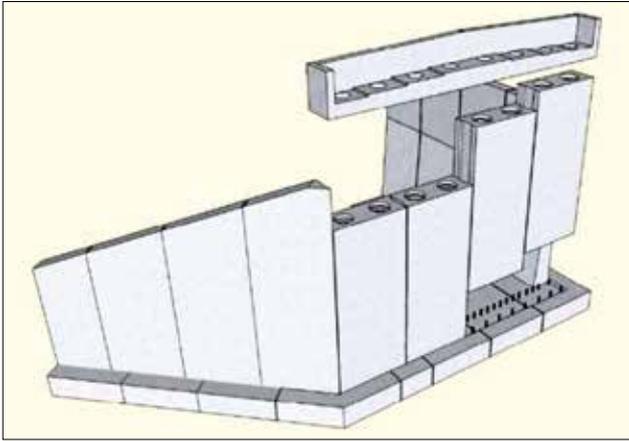


FIGURA 5

ESQUEMA DE MONTAGEM DE UM ENCONTRO DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO

FONTE: MICHAEL E CULMO [5]

viadutos na América do Norte, onde diversas pesquisas têm sido realizadas. Devido ao uso intensivo da pré-fabricação dos elementos estruturais da ponte (superestrutura e mesoestrutura), é possível reduzir o tempo de construção de pontes e viadutos quando comparado ao sistema convencional em concreto moldado no local. Além disso, a qualidade e a durabilidade das estruturas também são melhoradas. No Brasil, há

casos recentes de aplicação dessa metodologia, focados especialmente no uso de tabuleiros totalmente pré-fabricados [11]. Contudo, a implementação da metodologia de Construção Acelerada de Pontes (ABC) não se resume apenas em pré-fabricar os elementos estruturais de uma ponte, em especial as longarinas. Por outro lado, representa uma mudança de filosofia de projeto e construção, que começa pela agência responsável pela obra, mas envolve projetistas, construtoras e empresas de pré-fabricados de concreto. Além disso, implica o desenvolvimento de novas tecnologias de materiais de alto desempenho, de transporte e de realização de ligações entre os elementos pré-fabricados. Nesse sentido, pesquisas necessitam ser desenvolvidas no Brasil para

adaptação das tecnologias existentes em outros países para a realidade brasileira.

Baseado nos dados coletados na literatura sobre as pontes sob responsabilidade do DNIT, observa-se que quase metade dessas pontes e viadutos foram construídas em concreto moldado no local. E dessas estruturas, cerca de 90% têm extensão de até 50 metros. Apesar da metodologia ABC, como descrita, pode ser implementada em qualquer tipo de ponte e viaduto, independente do seu sistema estrutural, acredita-se que o seu emprego mais imediato pode se dar nas pontes com extensões de até 50 m, com dois vãos ou mais. Tendo em vista que este é o tipo de cerca de 40% das pontes sob responsabilidade do DNIT, pode-se concluir que o emprego de uma metodologia de Construção Acelerada de Pontes (ABC) pode ter um impacto relevante na construção das futuras pontes e viadutos no Brasil.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa “Desenvolvimento e melhoria de ligações para pontes rodoviárias em concreto pré-moldado” (processo 405500/2022-0) ao qual este artigo está relacionado. ©

▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AURIER, L.; HASSAN, M.; JAWORSKI, J.; GUIZANI, L. Review of Accelerated Bridge Construction Systems for Bridge Superstructures and Their Adaptability for Cold Weather. *CivilEng*, Vol. 4, pp. 83-104, 2023. <https://doi.org/10.3390/civileng4010007>.
- [2] MELLON, D.; KODSUNTIE, M.; HOLOMBO, J.; GHOSH, K.; ROWE, G. Accelerated Bridge Construction Manual. First Editions. CALTRANS, 2021. Disponível em: https://dot.ca.gov/-/media/dot-media/programs/engineering/documents/abc/ctabc-2021-06-30_a11y.pdf. Acesso em: 13 ago. 2023.
- [3] WANG, Z. Z.; SHI, B. Decision Making and Economic Analysis for Accelerated Bridge Construction. *Applied Mechanics and Materials*, Vols. 423-426, pp. 2196-2201, 2013. Trans Tech Publications, Ltd. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.423-426.2196>.
- [4] DNIT. DNITGeo - Geotecnologias Aplicadas. Disponível em: <<https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/dnit-geo>>. Acesso em: 14 ago. 2023.
- [5] MICHAEL, P.; CULMO, P. E. Accelerated Bridge Construction: Experience in Design, Fabrication and Erection of Prefabricated Bridge Elements and Systems. Report No. FHWA-HIF-12-013. McLean: FHWA, 2011. 346 p. Disponível em: <http://www.fhwa.dot.gov/bridge/abc/docs/abcmanual.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2023.
- [6] PCI. I-90 Acceler-8 MassDOT Bundled Bridges. 2023. Disponível em: https://www.pci.org/PCI/PCI/Project_Resources/Project_Profile/Project_Profile_Details.aspx?ID=241800. Acesso em: 13 ago. 2023.
- [7] MARSH, M. L. et al. Application of Accelerated Bridge Construction Connections in Moderate-to-High Seismic Regions. NCHRP REPORT 698. WASHINGTON, D.C: TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, 2011.
- [8] LESSARD, A. I-84 bridges over Marion Avenue. An accelerated bridge construction success story in Southington, Conn. ASPIRE, pp. 16-19, Summer 2015. Disponível em: <https://www.aspirebridge.com/magazine/2015Summer/Project-I84Bridges.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2023.
- [9] MORCOUS, G.; TADROS, M. K. UHPC Decked I-Beam for Accelerated Bridge Construction. Report No. FY21-005. Lincoln: Nebraska Department of Transportation (NDOT), 2023. 100 p. Disponível em: <https://rosap.nrl.bts.gov/view/dot/67210>. Acesso em: 13 ago. 2023.
- [10] ARAÚJO, D. L. Apêndice AP14 - Tabuleiros com viga e laje pré-moldadas ligadas mediante nichos. In: Mounir Khalil El Debs. (Org.). Pontes de concreto: com ênfase na aplicação de elementos pré-moldados. 1ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2021, p. 367-385.
- [11] ABCIC. Pré-fabricado de concreto contribui para a implantação do sistema ABC no Brasil. *Industrializar em concreto*, Vol. 5, pp. 24-27, 2015. Disponível em: <https://industrializaremconcreto.com.br/Edicoes/Exibir/pre-fabricado-de-concreto-contribui-para-a-implantacao-do-sistema-abc-no-brasil?Pagina=1>. Acesso em: 07 out. 2023.

Execução do reforço estrutural do **barramento principal de usina hidrelétrica**

GUSTAVO MAIA - Dir. - <https://orcid.org/0009-0004-7739-7226> ;

LEANDRO FILGUEIRAS - Ger. Eng. - <https://orcid.org/0009-0002-4525-4672> (leandro.filgueiras@gmaia.com.br) ;

HERALDO XAVIER - Ger. Oper. - <https://orcid.org/0009-0009-4107-7315> ;

LARISSA XAVIER - Aux. Ger. Téc. - <https://orcid.org/0009-0006-6000-7214> (larissa.xavier@gmaia.com.br) ;

BRUNO BARBOSA - Ass. Orç. - <https://orcid.org/0009-0008-8063-7269> | **CONSTRUTORA GMAIA**

MARCELO BOTELHO - Dir. - <https://orcid.org/0009-0003-6249-8115> | **VLB**

RAFAEL HOLANDA - Dir. - <https://orcid.org/0009-0001-6168-2215> | **HOLANDA ENGENHARIA**

RESUMO

O PRESENTE ARTIGO VISA APRESENTAR AS DIRETRIZES GERAIS DE PROJETO, ANÁLISE E EXECUÇÃO UTILIZADOS PARA O REFORÇO DO BARRAMENTO PRINCIPAL DE USINA HIDRELÉTRICA DE GRANDE PORTE.

DESCREVEMOS CONDIÇÕES PARA A CORRETA EXECUÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO, ASSIM COMO O BOM DESEMPENHO E DURABILIDADE DAS ESTRUTURAS, SEMPRE CONSIDERANDO OS ASPECTOS DE SEGURANÇA, CONFIABILIDADE E ECONOMIA.

O BARRAMENTO PRINCIPAL É COMPOSTO POR FECHAMENTOS DAS MARGENS ESQUERDA E DIREITA, VERTEDOURO E TOMADA D'ÁGUA DE CONCRETO COMPACTADO A ROLO (CCR) E CONCRETO CONVENCIONAL (CCV), COM JUNTAS DE CONTRAÇÃO. A METODO-

LOGIA CONSTRUTIVA UTILIZADA SERÁ CONSTITUÍDA POR BLOCOS DE CONCRETO MASSA CONVENCIONAL COM A FINALIDADE DE AUMENTAR O PESO PRÓPRIO DA ESTRUTURA, REFORÇANDO A ESTRUTURA ORIGINAL EXISTENTE PARA ATENDIMENTO AOS COEFICIENTES DE ESTABILIDADE, MOTIVADO PELA PRESENÇA DE SEDIMENTOS ORIUNDOS DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM LOCALIZADA À MONTANTE DA MESMA.

PALAVRAS-CHAVE: BARRAMENTO, REFORÇO DE BARRAGEM, BARRAGEM, UHE.

1. INTRODUÇÃO

No ano de 2010, foi criada a Lei Federal Nº 12.334, que visava aumentar a segurança e as fiscalizações das barragens, criando-se a

Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). A PNSB tem como objetivo garantir os padrões de segurança destinados à barramentos com acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de sedimentos e à acumulação de resíduos industriais (BRASIL, 2010). A PNSB foi criada de maneira a garantir certos padrões de segurança, regulamentar ações e padrões, reduzir a possibilidade de acidentes, aumentar a segurança dentro de ambientes próximos aos barramentos e fomentar informações acerca da segurança de barragens.

Apesar das inúmeras vantagens da construção de barragens, são as suas eventuais falhas estruturais que causam



FIGURA 1

BARRAMENTO PRINCIPAL

FONTE: ACERVO DIGITAL DA GMAIA



FIGURA 2

PRINCIPAIS ACESSOS A UHE

FONTE: ACERVO DIGITAL DA GMAIA



FIGURA 3
 MODELAGEM DO PROJETO UTILIZANDO TECNOLOGIA BIM
 FONTE: ACERVO DIGITAL DA GMAIA

apreensão, uma vez que os acidentes envolvendo essas obras são de gravidade elevada. Não é permissível conviver com tais riscos (Oliveira 2012).

O Barramento principal listado nesse artigo técnico é composto por fechamentos das margens esquerda e direita, vertedouro e tomada de água de Concreto Compactado a Rolo (CCR), e concreto convencional (CCV), com juntas de contração nas extremidades de cada bloco ao longo do barramento, conforme Figura 1.

O Circuito de Geração é composto pelo conjunto Tomadas de Água, Condutos Forçados e Casa de Força, sendo esta projetada em concreto convencional (CCV).

O acesso ao empreendimento se dá por vias não pavimentadas, sendo o acesso à ombreira direita do barramento mais distantes, uma vez que não existe passagem sobre o rio para veículos através do barramento da UHE. Os principais acessos

à UHE estão destacados na Figura 2 em linhas vermelhas.

A UHE foi uma das estruturas atingidas pelos sedimentos oriundos do rompimento da barragem em 2015. Após esse acidente a UHE ficou inoperante, sendo reavaliada e posteriormente reforçada. As análises de estabilidade foram necessárias devido à presença de sedimentos junto ao barramento, carregamento não previsto em projeto, além da atualização dos critérios em virtude da publicação do Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas da Eletrobrás (2003), posterior ao projeto e início de implantação do empreendimento.

As atividades previstas para o barramento da UHE envolvem lançamento de

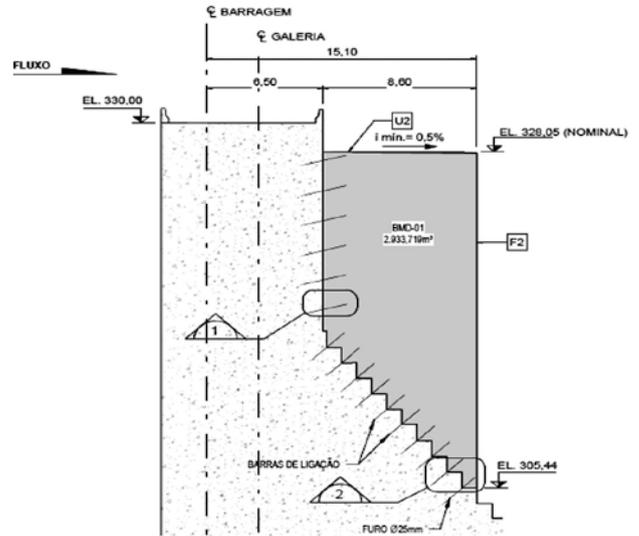


FIGURA 4
 SEÇÃO TRANSVERSAL DE REFORÇO BMD-1
 FONTE: ACERVO DIGITAL DA GMAIA

concreto à jusante, atendendo as boas práticas de engenharia como preparo de superfície, ancoragens entre concreto novo e existente, controle de temperatura do novo concreto, sistema de forma trepante, cura e demais fatores intrínsecos ao somatório das atividades executivas.

Dentre as avaliações de estabilidade realizadas em cada bloco, foi constatado que o BME-1, BME-2, BME-3, BME-4, BME-5, BME-6, BMD-1, BMD-3, BMD-4, BMD-5, BMD-6 e muro de ligação (Figura 3) não atendiam aos critérios de projeto



FIGURA 5
 LOCALIZAÇÃO DO CANTEIRO
 FONTE: ACERVO DIGITAL DA GMAIA



FIGURA 6
 LOCALIZAÇÃO DO CANTEIRO
 FONTE: ACERVO DIGITAL DA GMAIA



FIGURA 7

IMPLANTAÇÃO CANTEIRO

FONTE: ACERVO DIGITAL DA GMAIA



FIGURA 8

ESTRUTURA FÍSICA DO LABORATÓRIO

FONTE: ACERVO DIGITAL DA GMAIA

Eletróbrás na condição de carregamento referente ao retorno de NA operacional (reservatório cheio) e a manutenção do sedimento a montante do barramento.

Ressaltamos que, na época da construção da usina ainda não havia sido publicado os critérios de projeto Eletróbrás, ou seja, antes do reforço a usina se encontrava estável, mesmo com o sedimento depositado a montante e reservatório rebaixado.

2. PROCEDIMENTOS EXECUTIVOS E DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

O Barramento é constituído por uma barragem de concreto, com crista na El. 330,00 m, tendo, na calha do rio, o Vertedouro com crista na El 311,00 m e a Tomada

d'Água com soleira na cota 308,20 m.

As atividades de reforço previstas na UHE contemplam preenchimento de concreto convencional vibrado (CCV) e/ou concreto bombeável sobre o CCR, conforme indicado pelo Projeto Executivo, a jusante no pescoço de 12 (doze) estruturas do Barramento: BME-1, BME-2, BME-3, BME-4, BME-5, BME-6, BMD-1, BMD-3, BMD-4, BMD-5, BMD-6 e Muro de Ligação.

Basicamente, a UHE passou a necessitar de reforço atendendo aos critérios de segurança e estabilidade para o novo cenário de carregamento, sendo assim foi desenvolvido projeto executivo (Figura 4) indicando o volume de concreto no qual

cada bloco do barramento original deveria receber para atender os fatores de segurança mínimos estabelecidos.

O local destinado para o canteiro de obras fica localizado a margem esquerda a jusante do barramento, conforme identificado nas Figuras 5, 6 e 7. Além do canteiro central, foram montadas duas frentes de serviço avançadas para dar apoio à equipe operacional, sendo elas: uma central de armação e uma central de forma. Para atender a demanda de concreto, foi montada uma central de concreto em outro local (Figuras 8 e 9). Para atendimento aos requisitos contratuais a obra implantou laboratório próprio, a cargo da Holanda Engenharia Ltda.



FIGURA 9

ESTRUTURA FÍSICA DO LABORATÓRIO

FONTE: ACERVO DIGITAL DA GMAIA



FIGURA 10

UHE ANTES DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM A MONTANTE

ACERVO DIGITAL DA GMAIA



FIGURA 11

UHE APÓS ROMPIMENTO DA BARRAGEM A MONTANTE

FONTE: WIKIPÉDIA, A ENCICLOPÉDIA LIVRE (WIKIPEDIA.ORG)

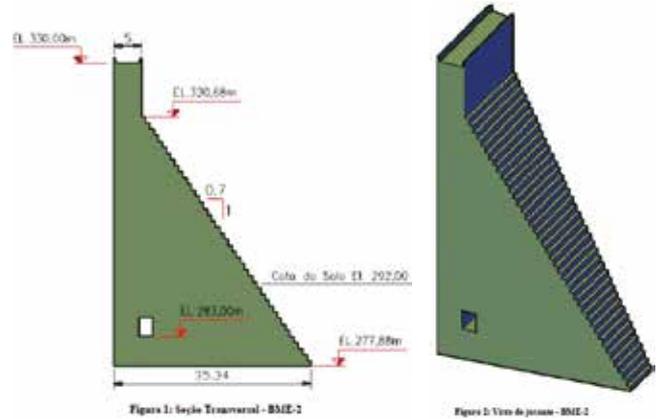


FIGURA 12

SEÇÃO TRANSVERSAL E VISTA 3D BME-2

FONTE: GMAIA

3. FASE DE ANÁLISE

Primeiramente foram avaliados documentos da etapa de projeto executivo da construção da UHE, datados de 2002 a 2004, além de sondagens mecânicas, videoscopia, ensaios e relatórios de avaliação dos mesmos, realizadas/elaborados após o evento de ruptura da Barragem a montante da UHE, datados de 2021 2021 (Figuras 10 e 11).

O objetivo dessa avaliação é tomar conhecimento do projeto, geometria, critérios e suas particularidades, de forma a subsidiar as análises de estabilidade das estruturas de concreto da usina para nova condição de carregamento, a partir dos reforços e fatores de segurança adotados, ou seja, definidos pela Eletrobras.

Após o rompimento da barragem a montante da UHE e o assoreamento do reservatório da Usina, vários estudos foram realizados para avaliar a integridade e a estabilidade das estruturas de concreto do barramento, Vertedouro e Tomada de Água.

4. REFORÇO DO BARRAMENTO

As análises de estabilidade indicaram a necessidade de reforço dos blocos BME-1, BME-2, BME-3, BME-4, BME-5, BME-6, BMD-1, BMD-3, BMD-4, BMD-5, BMD-6 e Muro de Ligação para atendimento aos critérios de estabilidade.

Em resumo foram avaliadas as combinações de carregamentos nas análises de

estabilidade, alternando NA à montante e jusante, cota de sedimentos e nível de operação dos drenos (Figuras 12 e 13).

5. SERVIÇOS EXECUTADOS

Dando início as atividades de execução da obra, mesmo que em caráter experimental, foram iniciados os primeiros testes de hidrojateamento, com a finalidade de demonstrar a eficiência do método para limpeza do substrato em concreto existente do barramento da UHE (Figura 14).

Na seqüência de execução, foi iniciado o hidrojateamento da primeira camada do bloco BME02. Logo após foi iniciado o serviço de furação para a ancoragem das barras de ligação (Figura 15).

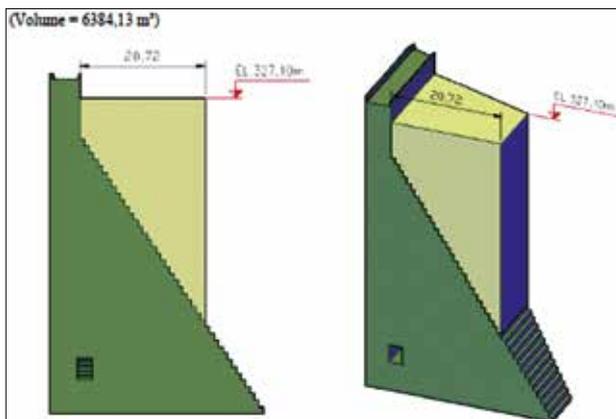


FIGURA 13

SEÇÃO TRANSVERSAL E VISTA 3D BME-2 COM REFORÇO

FONTE: ACERVO DIGITAL DA GMAIA



FIGURA 14

TESTE COM O HIDROJATO

FONTE: ACERVO DIGITAL DA GMAIA



FIGURA 15

EXECUÇÃO DE FUROS PARA ANCORAGEM

FONTE: ACERVO DIGITAL DA GMAIA



FIGURA 16

ANCORAGEM DAS BARRAS DE LIGAÇÃO

FONTE: ACERVO DIGITAL DA GMAIA

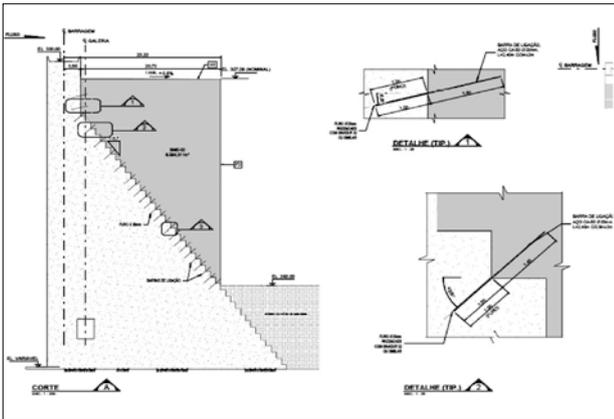


FIGURA 17

DETALHAMENTO PROJETO REFORÇO UHE - ANCORAGEM DAS BARRAS DE LIGAÇÃO

FONTE: ACERVO DIGITAL DA GMAIA



FIGURA 18

HIDROJATEAMENTO DO BME-04

FONTE: ACERVO DIGITAL DA GMAIA



FIGURA 19

CONCRETAGEM DA PRIMEIRA CAMADA DO BLOCO BME-02

FONTE: ACERVO DIGITAL DA GMAIA



FIGURA 20

SISTEMA DE FORMAS TREPANTES

FONTE: ACERVO DIGITAL DA GMAIA



FIGURA 21

SISTEMA DE TIRANTES INTERNOS – FORMA

FONTE: ACERVO DIGITAL DA GMAIA

Após a conclusão dos furos de ancoragem e limpeza dos mesmos, iniciou-se a fase de ancoragem das barras de ligação (Figuras 16 e 17).

Com todas as etapas de hidrojateamento, ancoragem das barras de ligação e montagem das formas trepantes finalizadas, a construtora gmaia prosseguiu com a execução dos serviços de ancoragem e montagem de forma nos blocos BME-03 e BME-04 (Figura 18).

Foi realizada a primeira concretagem, mediante liberação do contratante nos blocos BME-02 e BME-03 (Figura 19).

A superfície a ser concretada recebeu tratamento por meio de corte por água a alta pressão, com a finalidade de eliminar sujei-

ras, fungos, poeiras e partículas soltas, de modo a garantir boa aderência. Nos pontos onde houve infiltrações visíveis no barramento original, foram realizadas injeções de poliuretano no concreto do barramento.

5.1 Montagem de formas

As fôrmas e sistemas de ancoragem foram dimensionadas para suportar a pressão resultante do lançamento e vibração do concreto, estando rigidamente fixadas na posição correta e ser suficientemente estanques para impedir a perda de argamassa (Figuras 20 e 21).

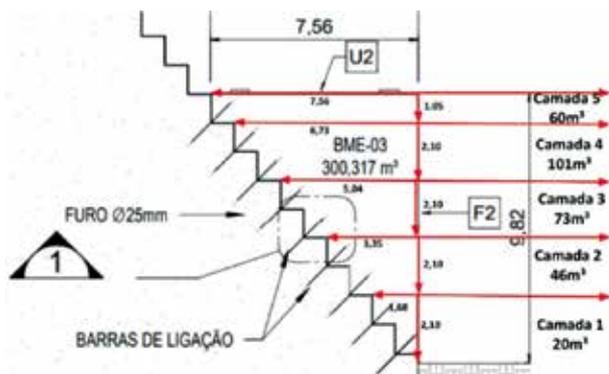


FIGURA 24

CROQUI DO PLANO DE CAMADAS INICIAL DE CONCRETAGEM

FONTE: ACERVO DIGITAL DA GMAIA

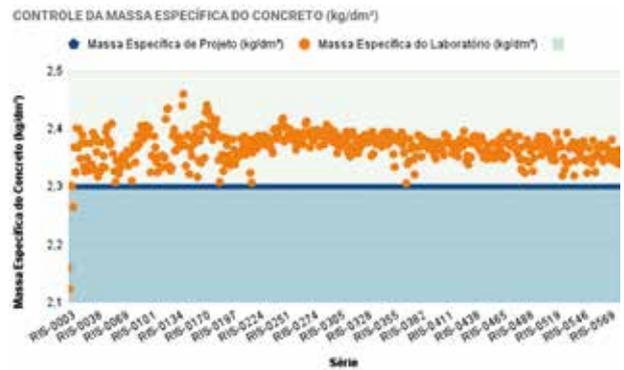


FIGURA 22

CONTROLE DA MASSA ESPECÍFICA DO CONCRETO

FONTE: ACERVO DIGITAL DA GMAIA

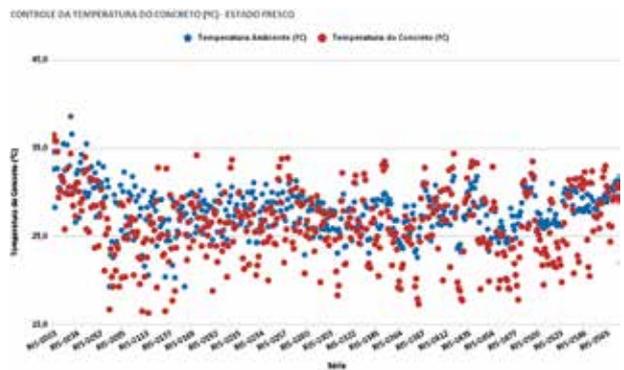


FIGURA 23

MONITORAMENTO DAS TEMPERATURAS

FONTE: ACERVO DIGITAL DA GMAIA

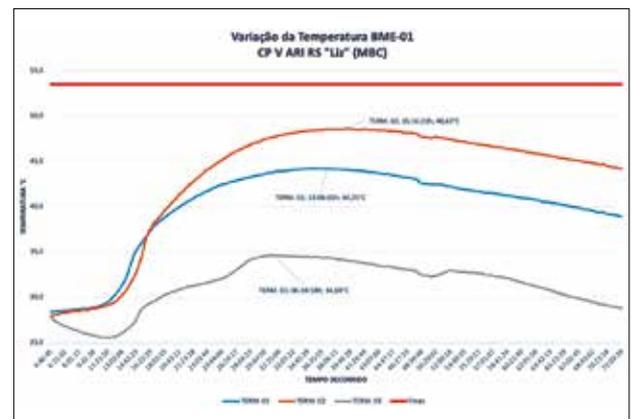


FIGURA 25

MONITORAMENTO DA EVOLUÇÃO DA TEMPERATURA – BLOCO BME-01

FONTE: ACERVO DIGITAL DA GMAIA

6. TECNOLOGIAS UTILIZADAS

6.1 Considerações da tecnologia do concreto utilizado

Para a execução das estruturas de modo a atender as expectativas de cronograma da obra, foi estratégica a utilização de mistura de concreto do tipo convencional vibrado (CCV), de lançamento bombe-

ado e, portanto, com as características de abatimento “*Slump*” e manutenção da trabalhabilidade compatíveis com o ciclo de produção requeridos, desde a liberação da mistura na central de concreto, transporte, lançamento, adensamento e cura.

Por se tratar de um bloco de concreto massa (simples / não armado), foi especificado o concreto de resistência característica (f_{ck}) igual a 12 MPa, con-

trolado aos 90 dias de idade. Também foi definido pela projetista a massa específica do concreto mínima de 23 kN/m³ (-2.300 kg/m³) de acordo com os requisitos de estabilidade da estrutura para reforço do barramento.

Desta forma, em função das características específicas da mistura para o lançamento via bomba, exigiu-se um teor mínimo de argamassa e consequentemente de cimento, com teores de consumo de aglomerante variando entre 210 e 220 kg/m³.

Além do controle sistemático do abatimento *slump* e da determinação da resistência à compressão axial, também foi dada especial atenção para o controle da massa específica (Figura 22) e o monitoramento das temperaturas ambiente e do concreto no estado fresco (Figura 23).



FIGURA 26

MODELAGEM UTILIZANDO TECNOLOGIA BIM

FONTE: ACERVO DIGITAL DA GMAIA



FIGURA 27

MODELAGEM UTILIZANDO TECNOLOGIA BIM

FONTE: ACERVO DIGITAL DA GMAIA

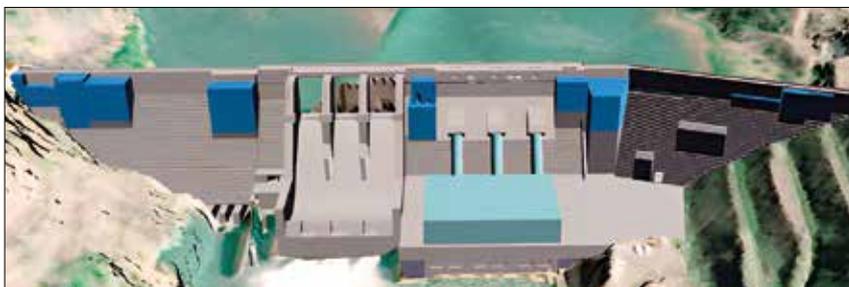


FIGURA 28

MODELAGEM UTILIZANDO TECNOLOGIA BIM

FONTE: ACERVO DIGITAL DA GMAIA

6.2. Estudo térmico/monitoramento da temperatura do concreto

De modo geral empregam-se as considerações técnicas das condições ambientais e recomendações práticas pertinentes para a mitigação das temperaturas dos concretos, no intento de diminuição do risco de fissuração dos concretos por origem térmica bem como na formação de etringita tardia (DEF).

O processo usual para cálculo de temperatura indicado na prática é relacionado a norma americana ACI 207, considerando o fluxo bidimensional de calor admitindo a seção transversal da estrutura (mais favorável à dissipação de calor) e da verificação unidimensional no caso de lajes e estruturas onde uma dimensão (altura) é muito menor do que as outras duas (largura e comprimento).

As condições específicas do plano de concretagem atenderam à limitação da temperatura máxima em qualquer região da massa de concreto, de modo a incidir 65 °C, como premissa de mitigação da etringita tardia (Figura 24).

É importante ressaltar que o maior risco era o da retração hidráulica/secagem, devido à elevada relação A/C das misturas (variando entre 0,90 a 1,05) e do clima quente. Portanto, foi redobrada a atenção dos processos de cura no campo, em especial nas primeiras idades, pois o período mais crítico ocorre nas 72 horas de

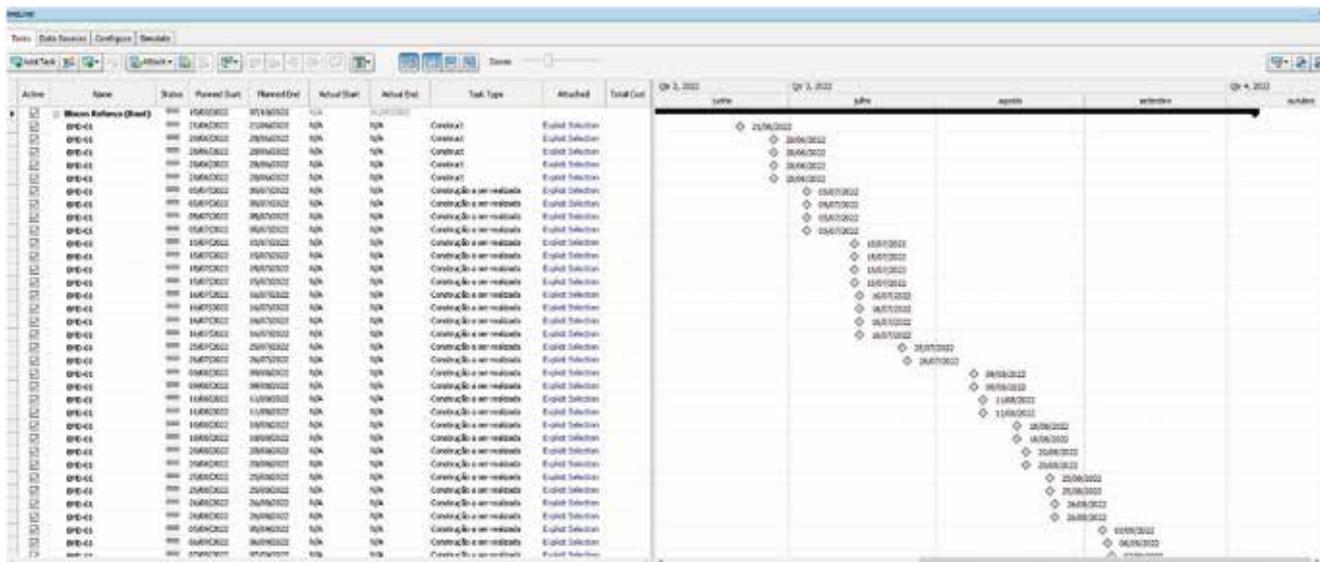


FIGURA 29
 ETAPAS EM AZUL A SEREM REALIZADAS NA OBRA
 FONTE: ACERVO DIGITAL DA GMAIA

hidratação do cimento e desenvolvimento das resistências iniciais.

Os cálculos efetuados no estudo térmico indicaram que a temperatura $\leq 53,5$ °C resultaria em conformidade aos coeficientes de segurança estabelecidos quanto ao risco de fissuração de origem térmica. Como observa-se no gráfico da Figura 25, as leituras nos termopares instalados apresentaram relativa folga neste caso, sendo o termômetro 02 instalado no centro

de massa da camada instrumentada.

Com base nos estudos realizados, concluiu-se que não haveria a necessidade de algum sistema de pré ou pós resfriamento do concreto, principalmente em decorrência de 3 fatores muito importantes: (1) O calor de hidratação, relativamente baixo para o cimento adotado, igual a 279 J/g no instante de 41 h pelo método “Langavant”; (2) O baixo consumo de cimento das misturas, situando-se entre 210 a 220 kg/m³; O reduzido coeficiente de restrição de base

“Kr”, já que os blocos possuem geometria favorável para a deformação livre.

O sucesso da simulação teórica com a execução prática é confirmado pela ausência de trincas/fissuras que possam ser atribuídas por origem térmica.

6.3 Utilização de BIM para planejamento e armazenamento de informações

A utilização dos softwares para execução dos projetos em “BIM”, permitiu que



FIGURA 30
 NUVENS DE PONTOS
 FONTE: ACERVO DIGITAL DA GMAIA



FIGURA 31
 NUVENS DE PONTOS
 FONTE: ACERVO DIGITAL DA GMAIA



FIGURA 32

NUVENS DE PONTOS

FONTE: ACERVO DIGITAL DA GMAIA



FIGURA 33

BLOCO COM FORMA TREPANTE

FONTE: ACERVO DIGITAL DA GMAIA



FIGURA 34

CENTRAL DE CONCRETAGEM DA CONSTRUTORA GMAIA

FONTE: ACERVO DIGITAL DA GMAIA



FIGURA 35

CENTRAL DE CONCRETAGEM DA CONSTRUTORA GMAIA

FONTE: ACERVO DIGITAL DA GMAIA



FIGURA 36

CENTRAL DE CONCRETAGEM DA CONSTRUTORA GMAIA

FONTE: ACERVO DIGITAL DA GMAIA

fosse feita uma melhor interação com o cliente, pois o projeto relacionado com programas de modelagem e planejamento melhorou o acompanhamento da obra.

Nas plataformas, foi possível, na fase de planejamento, visualizar a execução completa da obra, e após acompanhar o que foi realizado inserir vários dados pertinentes, como: temperatura do concreto, resistência após rompimento de corpos de prova, data de concretagem, entre outros, dados esses que facilitam a rastreabilidade futura.

Inicialmente foi feita a confecção do projeto em 3D. O software utilizado foi o programa REVIT da empresa Autodesk, com ele foi possível verificar a visão inicial da estrutura da barragem Figuras 26, 27 e 28.

Logo após a confecção da geometria do projeto do estado inicial da hidrelétrica, foi feita a inclusão dos blocos que seriam executados, escopo este da obra.

Após essa etapa é utilizado outro software da Autodesk para a renderização do projeto. Este software é o Autodesk Navisworks Manage, que

consegue agrupar o software 3D com o cronograma da obra. (Figura 29).

Além das vantagens preliminares, os softwares possibilitam que se acrescente informações pertinentes a etapa da obra, conseguindo assim gerar uma melhor rastreabilidade do processo como um todo. No futuro, existindo a necessidade de rastrear algum evento na estrutura executada, pode se verificar informações como data de concretagem, rompimento do corpo de prova, volume executado, temperatura, entre outras.

6.4 Utilização de sistema topográfico com nuvens de pontos

O acompanhamento das concretagens da barragem foi realizado pelo Laser Scanner Hovermap que coleta até 600 mil pontos por segundos com precisão milimétrica.

Esse sistema é baseado em SLAM permitindo com que o laser se localize e mapeie de forma simultânea, resultando em um escaneamento contínuo e em movimento (Figuras 30 e 31).

A fim de facilitar o escaneamento e aumentar a segurança, utilizou-se o laser scanner embarcado a um Drone Matrice 300 RTK da DJI, permitindo um escaneamento a uma distância segura para o operador.

Como acessório foi utilizado uma Câmera GoPro Hero 9 Black acoplada ao laser, com a finalidade de colorizar a nuvem de pontos, gerando assim uma nuvem de pontos densa e colorizada. (Figura 32).

Carta de Traço para Materiais na Condição Superfície Saturada-Seca (S.S.S.)

Especificações do Concreto
 Resistência a Compressão Característica (fck): **12 MPa** Idade de Controle: **90 dias**
 Fator Água/Aglomerante Máx (a/c): **N/A** Abatimento "Slump" Nominal: **130 ± 30 mm**
 Consumo mínimo de aglomerante: **N/A** Espalhamento "Flow" Nominal: **- ± -**
 Tipo de lançamento: **Bombeado** Teor de Ar Incorporado Nominal: **3,0 ± 1,0 %**
 Diâmetro Máximo do Agregado (Dmáx): **25,0 mm** Aplicação: **Concreto**

Código	Hora	Data	t'	9d	FcJ	MFc	Ceq	A/C	Resultados / Ensaios		
EXP RIS 012	16:00	15/02/2022	1,282	4 MPa	17,1 MPa	4,37	217 kg/m³	0,04	Slump f	140 mm	
Material / Descrição	M.E. kg/dm³	Abs %	M.F.	T.P. %	Qtd.	Un.	Traço Unitário	Volume (L)	Flow	-	
Cimento	3,000				217	kg/m³	1,000	72,3	Ar	5,8 %	
Água	1,000				195	kg/m³	0,897	194,6	M.E. kg/m³	2,300	
Areia Natural	2,558	0,10	2,87	0,6	668	kg/m³	3,078	261,1	Agregados		
Areia Artificial	2,774	0,20	2,82	15,2	374	kg/m³	1,724	134,8	% peso	% vol.	
Brita 0	2,801	0,70	5,68	1,9	264	kg/m³	1,217	94,3	34,8%	36,8%	
Brita 1	2,761	0,60	6,88	0,9	614	kg/m³	2,820	223,2	16,5%	18,9%	
		0,00	7,00						13,8%	13,2%	
Muraplast FK 830	1,100				2,170	g/m³	1,000%		32,0%	31,3%	
Centrament Air 200	1,000				26	g/m³	0,012%		0,0%	0,0%	
Centrament Retard Control 200	1,060				*	g/m³	vide ficha		Aspecto: 4		
							M.E. kg/m³	1m+A/C	Volume	Temperaturas (°C)	
							2332	10,74	1000	Ambiente	24,7
										Cimento	23,3
										Água	23,0
										Concreto	23,4

a	p	m	k	H	T.P. Total
4,802	4,046	8,848	0,59	9,509	3,7%
Resistência à Compressão Axial - NBR 5739					
Data	Idade (dias)	Resultado (MPa)	Rendimento (MPa/kg/m³)	Cresc. entre as idades de ensaio	
22/02/2022	7	15,1	0,070	Não aplicável	
01/03/2022	14	19,2	0,088	27%	
15/03/2022	28	-	-	-	
12/04/2022	56	-	-	-	

FIGURA 37

TRAÇO DO CONCRETO E VALORES DE RESISTÊNCIA MECÂNICA

6.5 Utilização de sistema de formas trepantes

O sistema de formas utilizadas durante

a execução da obra é o Sistema Trepante. O princípio básico do SISTEMA TREPANTE consiste na reutilização da forma na próxima etapa de concretagem, apoiando-se na



FIGURA 38

ANTES DO REFORÇO

FONTE: ACERVO DIGITAL DA GMAIA



FIGURA 39

APÓS REFORÇO

FONTE: ACERVO DIGITAL DA GMAIA

ancoragem prevista na camada executada anteriormente (Figura 33).

Sua aplicação é indicada em estruturas especiais de obras industriais, pilares de pontes e de viadutos e em quase todas as estruturas de usinas hidrelétricas.

6.6 Construção de central de produção de concreto

Em virtude do grande volume de concreto e da distância da obra até a concre-

teira mais próxima, foi construída uma central de concreto em ponto estratégico para atender a demanda de volume do reforço (Figuras 34, 35 e 36).

Parte do concreto da obra, na fase inicial, foi fornecido por concreteiras da região, medida adotada durante o processo de licença e construção da central de concreto (Figura 37).

7. CONCLUSÕES

O presente artigo apresentou as diretrizes gerais de projeto, análise e execução utilizadas

no dimensionamento, verificações de estabilidade, carregamentos e métodos de cálculo das estruturas de reforço do barramento principal da usina hidrelétrica Risoleta Neves após o rompimento da barragem do Fundão.

As análises de estabilidade do barramento, para atender aos fatores de segurança considerados, resultaram em aumento de seção transversal de 12 (doze) blocos, condicionando aproximadamente 19,6 mil m³ de concreto adicionais, com peso específico mínimo de 2,3 ton/m³ (Figuras 38 e 39).

▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ANM. Agência Nacional de Mineração. Classificação de Barragens de Mineração. Disponível em: <https://app.anm.gov.br/SIGBM/Publico/Estatistica>.
- [2] ANM. Agência Nacional de Mineração. Relatório anual de segurança de barragens de mineração 2019. 2020
- [3] ANM. Agência Nacional de Mineração. Segurança de barragens focada nas barragens construídas ou alteadas pelo método a montante, além de outras especificidades referentes. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/noticias/2019/notaexplicativa-sobre-tema-de-seguranca-de-barragens-focado-nas-barragens-construidas-ou-41alteadas-pelo-metodo-a-montante-alem-de-outras-especificidades-referentes>.
- [4] BRASIL. Lei Nº 12.334, de 20 de Setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de sedimentos e à acumulação de resíduos industriais, [...]. Brasília, DF: Presidência da República, [2020].



AMTECH
QUÍMICOS PARA CONSTRUÇÃO

Quem somos:

Somos uma empresa amazonense, há mais de 25 anos no mercado, atuando na área de consultoria, projetos e materiais na área da patologia das construções, tecnologia do concreto, impermeabilizantes e pisos industriais.

Nossas soluções:



#CONCRETONAFLORESTA

(92) 98117-7532 @amtechmao

atendimento@amtechmao.com



Recomendações técnicas para prevenção da DEF e da fissuração térmica no concreto

A cura térmica inadequada em elementos pré-moldados de concreto ou a temperatura excessiva gerada pelo calor de hidratação do cimento podem fazer aparecer na estrutura de concreto a Formação da Etringita Tardia e a fissuração de origem térmica no concreto.

O presente livro traz recomendações técnicas, como o estudo térmico, adequado controle tecnológico, emprego de materiais constituintes do concreto criterio-

samente selecionados para cada situação e monitoramento da estrutura, são apresentadas para evitar essas manifestações patológicas.

Com a aplicação das orientações, seus autores - Eduardo de Aquino Gambale, Eduardo Issamu Funahashi Jr., Gracielle Ribeiro Vicente, Nicole Pagan Hasparik e Selmo Chapira Kuperman - esperam que os leitores alcancem o bom desempenho e durabilidade dos elementos e estruturas de concreto.



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



IBRACON



Ficha Técnica
ISBN / ISSN: 978-85-98576-27-5
Edição: 3ª edição
Páginas: 1760
Formato: 18,6 x 23,3 cm
Acabamento: Caps 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

Eventos na **Regional MS**

No último 7 de novembro, a Regional do IBRACON em Mato Grosso do Sul realizou em conjunto com a UFMS e a Concreluz o Seminário “Durabilidade em Estruturas de Concreto com foco em Reações Expansivas”, no Hotel Deville, em Campo Grande. Participaram do evento como palestrantes o diretor secretário do



Diretores do IBRACON e outros convidados do Seminário de Durabilidade

IBRACON, Prof. Cláudio Sbrighi Neto, a diretora regional, Prof. Sandra Bertocini, e o consultor Sidiclei Formagini. Já, no dia 1º de dezembro, a Regional realizou, juntamente com UFMS e a Alconpat Brasil, a palestra “Concreto autoadensável e paredes de concreto, ministrada pelo diretor técnico do IBRACON, Eng. Carlos Brites.

Seminário Nacional sobre **Corrosão**

O IBRACON, a ABRACO e a Alconpat realizaram, de 27 a 28 de novembro, o evento on-line e gratuito “Seminário

Nacional sobre Corrosão e Proteção Catódica de Armaduras de Estruturas de Concreto”. Palestraram no Seminário o coordena-

dor do CT 702 IBRACON/Alconpat, Prof. Daniel Véras Ribeiro, e o vice-presidente do IBRACON, Prof. Enio Pazini Figueiredo.

Masterclass na **Regional de AL**

A Regional do IBRACON em Alagoas realizou, no último dia 14 de novembro, das 19h às 20h30, a Master-

class online e gratuita “Concretagem sem perda de lucratividade”, com participação do diretor regional Edward Uchôa, do

CEO da Stant, Ralph Vasco, e do supervisor de engenharia da Colil Construções, Johnson Pinto.

Inovações em **materiais alternativos**

A 7ª edição do MAC Sustentável, parceria entre a Regional do IBRACON em São Paulo, Unorte, Unesp Ilha Solteira, UniRV e Universidad del Sinú, na Colômbia, aconteceu no úl-



timo dia 26 de outubro, das 19h às 22h, no YouTube.

O evento trouxe as pesquisas científicas sobre os materiais alternativos da construção com vistas à sustentabilidade.

Workshop na **Regional RN**

No dia 29 de novembro, a Regional do Rio Grande do Norte realizou o VI Workshop sobre Fundações de

Parques Eólicos — *on shore* e *off shore*, no auditório do CREA-RN, com os especialistas Mário César Pereira (Enel) e Cipria-

no José de Medeiros Júnior (Companhia Potiguar de Engenharia e Consultoria). O evento foi transmitido pela internet.

LEONARDI

Mais que pré-fabricados



Acesse



PARQUE FABRIL LEONARDI

INTEGRADO DE FORMA HARMÔNICA E SUSTENTÁVEL COM O MEIO AMBIENTE

www.leonardi.com.br
atendimento@leonardi.com.br

[leonardi_prefabricados](https://www.instagram.com/leonardi_prefabricados)
Atendimento +55 11 4416 5200



Instituto Brasileiro do Concreto

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

Fundado em 1972, seu objetivo é **promover e divulgar conhecimento sobre a tecnologia do concreto e de seus sistemas construtivos para a cadeia produtiva do concreto**, por meio de publicações técnicas, eventos técnico-científicos, cursos de atualização profissional, certificação de pessoal, reuniões técnicas e premiações.

Associe-se ao IBRACON! Mantenha-se atualizado!

- Receba gratuitamente as quatro edições anuais da revista **CONCRETO & Construções**
- Tenha descontos de até **50%** nas **publicações técnicas do IBRACON** e de até **20%** nas **publicações do American Concrete Institute (ACI)**
- Descontos nos eventos promovidos e apoiados pelo **IBRACON**, inclusive o **Congresso Brasileiro do Concreto**
- Oportunidade de participar de **Comitês Técnicos**, intercambiando conhecimentos e fazendo valer suas **opiniões técnicas**

Fique bem informado!

 www.ibracon.org.br

 facebook.com/ibraconOffice

 twitter.com/ibraconOffice



IBRACON



65º

CONGRESSO BRASILEIRO DO

CONCRETO

22 a 25 - outubro - 2024 - Alagoas - Maceió

Participe do maior evento nacional técnico-científico sobre o Concreto

PATROCÍNIO E EXPOSIÇÃO

- Estreite relacionamentos na Feira Brasileira da Construção em Concreto
- Associe sua marca a um evento do setor com mais de 50 anos
- Apresente seus cases no Seminário de Novas Tecnologias

PROGRAMAÇÃO

- Conferências plenárias
- Seminários temáticos
- Sessões técnico-científicas
- Cursos de atualização profissional
- Concursos estudantis



IBRACON

MAIS INFORMAÇÕES



www.ibracon.org.br



[ibracon_oficial](https://www.instagram.com/ibracon_oficial)



[ibraconOffice](https://twitter.com/ibraconOffice)



[ibraconOffice](https://www.facebook.com/ibraconOffice)



office@ibracon.org.br

Av. Queiroz Filho, 1.700 – sala 407/408 – Torre D – Villa Lobos Office Park – 05319-000 – Vila Hamburguesa – São Paulo – SP – Tel. (11) 3735-0202