

**CONCRETO EM BRASÍLIA**

## **CONCRETO COMO COMPONENTE ARQUITETÔNICO, ESTRUTURAL E TECNOLÓGICO NAS OBRAS DA CAPITAL FEDERAL**



### **ANIVERSÁRIO DE FUNDAÇÃO DO IBRACON**

COBERTURA DA  
CELEBRAÇÃO DOS 50 ANOS  
NA DATA E LOCAL DE  
FUNDAÇÃO DO INSTITUTO

### **DECLARAÇÃO DO IBRACON**

DECLARAÇÃO SOBRE A  
SUSTENTABILIDADE  
DO CONCRETO

### **PERSONALIDADE ENTREVISTADA**

GUILHERME SALES  
AVALIANDO A PESQUISA  
EM ENGENHARIA

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

## ADITIVOS



gcp applied technologies  
SMART CONSTRUCTION & INFRASTRUCTURE

MASTER®  
BUILDERS  
SOLUTIONS



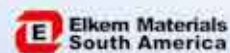
Eficiência em  
Aditivos para  
Concreto



BUILDING TRUST

PENETRON

## ADIÇÕES



## ARMADURA



ArcelorMittal



## EQUIPAMENTOS



## RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL



## ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO



Escola Politécnica - USP



UNIP



Instituto de Pesquisas Tecnológicas

## ESCRITÓRIOS DE PROJETOS



## JUNTE-SE A ELAS

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

### CONTROLE TECNOLÓGICO



### PRÉ-FABRICADOS



Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto

### CONCRETO



### FÓRMAS



### CONSTRUTORAS



### CIMENTO



### GOVERNO



### EVENTOS



EPÍCIO CONCRETESHOW  
A FEIRA DO CIMENTO E CONCRETOS PARA A CONSTRUÇÃO

### TUBOS E CONEXÕES



**JORNALISTA RESPONSÁVEL**

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

**PUBLICIDADE E PROMOÇÃO**

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

**PROJETO GRÁFICO E DTP**

→ Gill Pereira  
gill@ellemento-arte.com

**ASSINATURA E ATENDIMENTO**

office@ibracon.org.br

**GRÁFICA**

Duograph  
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 2022 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.

**IBRACON**

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

**PRESIDENTE DO COMITÊ EDITORIAL**

Oswaldo Cascudo

**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)
- ▶ Maurício Linn Bianchi (sistemas construtivos)

**PRESIDENTE DO COMITÊ EDITORIAL**

- ▶ Oswaldo Cascudo (concreto e durabilidade)
- ▶ Paulo Helene (concreto e estruturas)
- ▶ Pedro Teodoro França (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 Federal de S. Carlos)

- ▶ Gibson Rocha Meira (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba)
- ▶ Gláucia Maria Dalfré (Universidade Federal de S. Carlos)
- ▶ José Julio de Cerqueira Pituba (UFCat)
- ▶ 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 (Deseq)
- ▶ Sérgio H. Palarissí Cavalero (Loughborough University)



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

**DIRETOR PRESIDENTE**  
Paulo Helene

**DIRETOR 1º VICE-PRESIDENTE**  
Julio Timerman

**DIRETOR 2º VICE-PRESIDENTE**  
Enio Pazini

**DIRETOR 1º SECRETÁRIO**  
Cláudio Sbrighi Neto

**DIRETOR 2º SECRETÁRIO**  
Carlos Massucato

**DIRETOR 1º TESOUREIRO**  
Julio Timerman

**DIRETOR 2º TESOUREIRO**  
Hugo Armelin

**DIRETOR DE MARKETING**  
Alexandre Brites

**DIRETOR DE PUBLICAÇÕES**  
Guilherme Parsekian

**DIRETOR DE EVENTOS**  
Rafael Timerman

**DIRETOR TÉCNICO**  
Carlos Brites

**DIRETOR DE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS**  
Cesar Henrique Daher

**DIRETORA DE CURSOS**  
Jéssica Pacheco

**DIRETORA DE ATIVIDADES ESTUDANTIS**  
Jéssica Andrade

**DIRETOR DE CERTIFICAÇÃO DE PESSOAL**  
Adriano Damásio

**DIRETOR DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO**  
Bernardo Tutikian



**CRÉDITOS DE CAPA**

PALÁCIO DO PLANALTO — NOVEMBRO AZUL.  
ANDERSON RIEDEL.

- 5 EDITORIAL
- 7 COLUNA INSTITUCIONAL
- 8 DECLARAÇÃO SOBRE A SUSTENTABILIDADE DO CONCRETO
- 10 CONVERSE COM O IBRACON: O CONCRETO DO FUTURO
- 12 ENCONTROS E NOTÍCIAS: ANIVERSÁRIO DE FUNDAÇÃO DO IBRACON
- 16 HOMENAGEM PÓSTUMA
- 18 PERSONALIDADE ENTREVISTADA: GUILHERME SALES
- 48 ENTIDADES DA CADEIA
- 77 MERCADO NACIONAL
- 98 ACONTECE NAS REGIONAIS

**JUBILEU DE OURO**

24 Os marcos de gestão do IBRACON de 2009 a 2019



**OBRAS EMBLEMÁTICAS**

35 O concreto e a arquitetura de Niemeyer em Brasília

42 Da concha ao templo: o concreto como agente de cultura no Estádio de Brasília



**PESQUISA E DESENVOLVIMENTO**

50 Avaliação da qualidade do concreto usinado produzido no Distrito Federal

55 Avaliação da vulnerabilidade sísmica do Palácio do Planalto

62 Análise do comportamento de um edifício na cidade de Manaus sujeito a ação sísmica

70 Exemplo de dimensionamento de vigas reforçadas à flexão com o uso da técnica TRM/TRC



**INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO**

82 Avaliação de desempenho e degradação de estruturas híbridas de concreto e aço: Santuário Dom Bosco



**ESTRUTURAS EM DETALHES**

90 Erro de modelo de lajes lisas de concreto armado submetidas a carregamento centrado

Caro leitor,

## Jubileu de Ouro do IBRACON e a Sustentabilidade do Concreto

**A**o ser criado, em 23 de junho de 1972, o IBRACON foi erigido por profissionais visionários, que enxergaram a força de transformação que o concreto tinha em diferentes campos da vida humana. Mais do que apenas acompanhar e promover as evoluções do material para atender as demandas construtivas, o Instituto nasceu e tem também como missão garantir o propósito ético, técnico, social e hoje sustentável das estruturas de concreto armado e protendido. Foi discutindo permeabilidade e durabilidade do concreto que o IBRACON nasceu, num contexto em que à época era absoluta novidade, pois havia a falsa crença de que as estruturas eram eternas e bastavam serem seguras e estáveis. Na época, a ênfase no projeto estrutural era dada apenas à resistência e estabilidade. Esses primeiros encontros contaram ainda com a participação dos maiores engenheiros da época, entre eles: Francisco de Assis Basílio, Epaminondas do Amaral, Gilberto Molinari, Lobo Carneiro e Luiz Alfredo Falcão Bauer, reconhecidos pelo IBRACON que, inclusive, confere importantes prêmios em suas memórias. Sinto orgulho de dizer que, ao longo desses 50 anos, o Instituto fez muito pela engenharia do concreto no país, contribuindo também para a difusão de novos conhecimentos no mundo. E essa trajetória bem-sucedida teve como seu grande propulsor os esforços empreendidos no dia a dia pelas equipes do IBRACON durante essas décadas. É notável o comprometimento de todos com o Instituto. De forma completamente altruísta e dignificante, muitos dedicaram e dedicam

voluntariamente seu saber, seu prestígio e horas de suas vidas ao engrandecimento da engenharia de concreto no país, fortalecendo uma Entidade que representa um sólido canal de produção e transmissão de conhecimentos. E merece registrar que o carro-chefe propulsor do Instituto sempre foi o Congresso Brasileiro do Concreto, hoje na sua 63ª edição. Pode-se dizer que o IBRACON tem esse DNA desde sua fundação: a prática do compartilhamento de conhecimentos, de discussão respeitosa de pontos de vista controversos, de aceitar as críticas e revisões dos pares, de convívio com o contraditório como mola impulsora do desenvolvimento. Grande parte dessa marca alcançada hoje deveu-se aos esforços do IBRACON, podendo-se citar a título de simples registro: na década de 70 introduziu os conceitos de durabilidade; na década de 80, o de vida útil, da importância das adições, da sustentabilidade, do concreto rolado para barragens; na década de 90, os conceitos de HPC, HSC, concreto com fibras, novos aditivos, concreto autoadensável SCC; na década de 90, foi inovador no concreto aparente colorido do Hotel Unique; revolucionou o mercado com o emprego do  $f_{ck} = 50$  MPa no edifício da torre norte do CENU, suprimindo um pilar a cada dois; em 2002, bateu o recorde mundial de resistência de concreto em pilares do e-Tower em São Paulo, com  $f_{ck,est}$  de 112 MPa; no



Paraná e em São Paulo, já projetou e construiu pilares em concreto aparente de  $f_{ck} = 90$  MPa; conseguiu concreto sem fissurar para Projeto Sirius em Campinas/SP; a partir deste milênio, a Engemix e Supermix se firmaram no mercado americano e a Polimix no mercado latino-americano; os grupos Gerdau e Votorantim competem internacionalmente com os maiores e melhores do mundo e são brasileiros; o Brasil, em 2021, acaba de ganhar o segundo lugar numa competição internacional promovida pelo ACI e julgada por mais de 20 especialistas estrangeiros no campo das melhores obras de infraestrutura em concreto no mundo, com o viaduto V3 da nova rodovia dos Tamoios; também conquistou o primeiro lugar

no mesmo concurso ACI, com a obra do Edifício Leopoldo em São Paulo, com interessantes índices de sustentabilidade; e nunca é demais dizer que a norma brasileira ABNT NBR 6118 é reconhecida mundialmente pela ISO como norma de qualidade equivalente à do ACI 318 e à do Eurocode, e que o IBRACON teve papel determinante na obtenção desse reconhecimento junto à ISO, em 2008, na reunião internacional de Los Angeles.

Poderia citar mais de uma centena de grandes obras projetadas, pesquisas, livros, profissionais, empresas, indústrias que honram e enobrecem a engenharia de concreto do Brasil, assim como os arquitetos Ruy Ohtake, Oscar Niemeyer, Paulo Bruna, Alberto Botti, Samuel Kruchin, Índio da Costa e Paulo Mendes da Rocha, todos reconhecidos e agraciados com prêmios do IBRACON. Devemos pontuar o espírito e visão de tradição e modernidade que nortearam os(as) fundadores(as) do Instituto há 50 anos atrás – valores e legados que não se podem perder nunca:

**a. Conhecimento, ciência e progresso:** um compromisso com o avanço e o que houver

de mais moderno e inovador na tecnologia do concreto e na engenharia para o desenvolvimento da sociedade;

- b. Pluralidade e respeito:** o Instituto foi fundado por uma equipe multidisciplinar composta de engenheiros, engenheiras, químicos(as), geólogos(as), profissionais experientes, ícones da engenharia, tecnólogos e até estagiários, com respeito pela opinião de todos e trabalho incansável pela busca do consenso (ainda que imperfeito), tendo sempre como norte a ciência, os fatos, a pesquisa, ensaios e dados como fiel das decisões;
- c. Ambição nacional:** nasceu com a visão de que todas as regiões do País são importantes e que o conhecimento precisa ser levado a todos com a criação, manutenção e estímulo às Regionais;
- d. Compromisso com o País:** o Instituto se mantém sempre à frente nos momentos em

que a sociedade civil pediu um posicionamento técnico através de contribuição inquestionável às normas, manifestos sobre grandes tragédias, pesquisas para buscar lições e aprendizados, envolvimento em grandes projetos nacionais, como barragens, pontes, certificação de pessoal técnico e de nível superior e atualização profissional através do MasterPEC.

Por seu trabalho e protagonismo, desde muito cedo, o Instituto atraiu para seu entorno parcerias nacionais e internacionais de notória relevância para a engenharia do concreto, tornando cada discussão e troca de informações atual e valiosa. Mais do que apoios formais, amadurecemos ao longo dos anos relações duradouras de amizade com diversos atores da cadeia produtiva do concreto. Com a ajuda, o saber e o desprendimento de tantas pessoas bem-intencionadas, chegamos com alizez a esta marca tão especial. Se

hoje podemos celebrar com alegria o nosso Jubileu de Ouro é porque foi construído um alicerce estável e seguro para continuar nessa jornada por novos 50 anos, superando os grandes desafios que o futuro nos apresentará.

Mas não se enganem nem se acomodem, porque a história mostrou que o IBRACON não espera passivamente o futuro, ao contrário, desde seus fundadores, nós desenhamos o caminho do futuro das construções em concreto no país. Neste Jubileu, o IBRACON também se posiciona institucionalmente em prol da sustentabilidade do concreto em defesa do planeta, elaborando e divulgando a declaração publicada nesta edição, onde você poderá encontrar também, outros relevantes artigos sobre sustentabilidade e punção.

Desfrute sua leitura.

**PAULO HELENE**  
DIRETOR-PRESIDENTE (2021/2023)

## Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais

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

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

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

### DADOS TÉCNICOS

ISBN: 978-85-98576-21-3

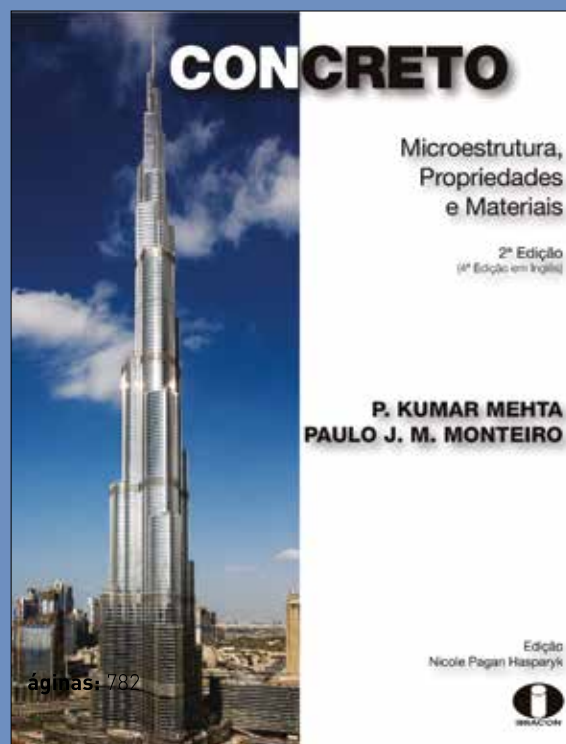
Edição: 2ª edição

Formato: 18,6 x 23,3cm

P

Acabamento: Capa dura

Ano da publicação: 2014



### Patrocínio



## Marcos da Diretoria Técnica do IBRACON

Costumo dizer que o IBRACON, por meio de seu Congresso Brasileiro do Concreto (CBC), é o maior fórum de especialistas do setor de concreto e correlatos. É lá onde encontramos as personalidades mais importantes da engenharia e temos a oportunidade de fazer um networking acadêmico e profissional. Conversar diretamente com os autores dos artigos que estudamos e com os autores dos livros que lemos em cursos técnicos, na faculdade, no mestrado ou no doutorado. Além disso, todos os anos, e não será diferente nesse ano que comemoramos o Jubileu de Ouro, estão confirmados grandes nomes da engenharia internacional, a saber: Akio Kasuga (fib), Ravindra Gettu (RILEM) e Charles K. Nmai (ACI). Recebi e aceitei nessa gestão do nosso ilustre presidente, Prof. Paulo Helene, o desafio de conduzir o bastão da diretoria técnica, que possui diversas atribuições de articulação com os comitês técnicos, as premiações dos profissionais de destaque ano e ainda o concurso do artigo do ano, voltado para os pesquisadores, uma vez que o IBRACON já é referência nos concursos estudantis. Nessa missão estou acompanhado pelo colega engenheiro Emílio Minoru Takagi, assessor técnico, e por um CTA (Comitê Técnico de Atividades) formado por profissionais que tenho profundo respeito e admiração. E os números são superlativos. Temos 19 comitês técnicos com cerca de 500 participantes trabalhando intensamente. Fruto desses comitês técnicos, neste ano estamos lançando duas práticas recomendadas (a primeira relacionada com o CT 303 "Comitê Técnico IBRACON/ABECE de Uso de Materiais não convencionais para Estruturas de Concreto, Fibras e Concreto Reforçado com Fibras" a segunda com o CT 304 "Comitê Técnico IBRACON/ABCIC de Pré-Fabricados de Concreto"; além de uma cartilha inédita, vinculada ao CT 801 "Comitê IBRACON de

Atividades Estudantis", abordando os concursos estudantis do IBRACON, elaborada sob liderança da brilhante engenheira Jéssica Andrade Dantas, nossa diretora de atividades estudantis, que herdou a profícua gestão da engenheira Jéssica Pacheco). Os concursos estudantis do IBRACON já se consolidaram como uma referência consagrada do setor. A competição, a atmosfera da arena, a dedicação e paixão dos alunos são indescritíveis. Somente indo ao Congresso para vivenciar. E o concurso Artigo do Ano? Os números são impressionantes. Até sua 3ª edição já abrangeu todas as 24 regionais e 5 macrorregionais do país, com cerca de 2.200 artigos participantes, envolvendo o incrível número da ordem de 7.000 autores. A disputa é acirrada e as apresentações orais são ao vivo, no Congresso, para uma banca formada por professores de primeira linha! Pesquisadores de todo Brasil disputando um dos prêmios nacionais mais importantes para acadêmicos da área do concreto e correlatos. E os prêmios dos profissionais destaque do ano? Por meio da indicação pública de profissionais associados ao instituto, são avaliados pelo conselho, com apoio da diretoria técnica, qual profissional será reconhecido no ano pelo IBRACON em diversas categorias (consulte em nosso site todos os detalhes e regulamento). E neste ano do Jubileu de Ouro excepcionalmente serão premiados os profissionais deste ano e do ano passado. Uma mega celebração. Uma cerimônia emocionante mesmo, com sentimentos à flor da pele, afinal é um prêmio oferecido por um dos maiores Institutos do setor. O IBRACON está em constante mudança, acompanhando os principais movimentos da academia e do mercado. Estamos antenados. Estamos nas redes sociais. Estamos presentes em todo Brasil e com pesquisadores e associados com representatividade internacional, participando ativamente de feiras e congressos científicos. Nossas



práticas recomendadas, cursos, eventos, lives e outras ações estão inseridas no celeiro da vanguarda da engenharia nacional. Tudo isso graças ao hercúleo trabalho voluntário de seus colaboradores, apaixonados pelo concreto e que se doam de forma imensurável à causa do conhecimento técnico. Finalizando, ao longo desses 50 anos, o IBRACON possui uma trajetória ilibada e robusta na evolução nacional do concreto, representada pelo seu expressivo compêndio de publicações e liderança de seus voluntários conselheiros e diretores na participação de normas, códigos de obra, decretos leis e afins do meio técnico e da sociedade em geral. Não obstante, é arauto dos jovens e das novas gerações, promovendo concursos e eventos estudantis de repercussão vultosa. Tenho orgulho de fazer parte de um time tão seletivo e ao mesmo tempo contemporâneo, transcendental e em voga.

**CARLOS BRITZ**  
DIRETOR TÉCNICO  
(GESTÃO 2021/2023)

# Declaração IBRACON sobre a Sustentabilidade do Concreto

A sustentabilidade é um valor fundamental para a sociedade atual e também para o IBRACON.

O IBRACON tem visão holística e foco na necessidade de desenvolvimento de informações, documentos e ferramentas a serem utilizados pela cadeia produtiva do concreto e pela sociedade em geral para alcançar metas de sustentabilidade.

O IBRACON é uma associação sem fins lucrativos, declarada de Interesse Público Estadual e Federal, cuja missão é criar, divulgar e defender o correto conhecimento sobre materiais, projeto, construção, uso e manutenção de obras de concreto, desenvolvendo seu mercado, articulando seus agentes e agindo em benefício dos consumidores e da sociedade em harmonia com o meio ambiente.

O IBRACON foi criado em 1972, como uma sociedade independente de profissionais que atuam no campo do concreto simples e estrutural, que inclui usuários das construções, concessionárias e empresas públicas, pesquisadores de várias áreas, arquitetos, engenheiros, acadêmicos, empresas de projeto, fabricantes, empresários, industriais do setor, construtores, laboratoristas e até outras Entidades.

Assim sendo, entende que

deve investir na defesa e orientação de atividades que promovam o desempenho social, econômico e ambiental da cadeia produtiva do concreto, visando a neutralização do carbono, alinhada com os conceitos atuais e consagrados identificados pelas siglas ODS e ESG.

O conhecimento desenvolvido e compartilhado pelo IBRACON (livros, congressos, FEIBRACON, cursos, concursos, seminários, práticas recomendadas, revista científica e revista técnica) é inteiramente resultado do trabalho de voluntários dedicados à inovação e desenvolvimento das estruturas de concreto.

Historicamente, o IBRACON iniciou a discussão do tema da sustentabilidade no fim da década de 80 e nos livros técnicos introduziu o conceito de rendimento ou eficiência ambiental através do índice de MPa/kg de cimento. Vem colaborando forte com a ABNT e, mais recentemente, foi decisivo na alteração das prescrições da norma ABNT NBR 6122, visando sustentabilidade.

O IBRACON, em 1997, criou um Comitê Técnico dedicado à sustentabilidade do concreto estrutural. Denominado CT 206, posteriormente alterado para CT MAB e, atualmente, **CT 101 Comitê Técnico de Sustentabilidade do Concreto**.

Este CT, inicialmente, atuou disseminando conhecimento, tecnologia e as melhores práticas para a reciclagem e usos de resíduos de construção e demolição, em face da implementação da Resolução CONAMA 307, que requeria que os geradores dessem uma destinação adequada aos resíduos de seus processos industriais. Neste período, foram realizadas nove edições do Seminário “Desenvolvimento Sustentável e Reciclagem na Construção Civil”, que trouxeram ao Brasil um legado importante de práticas realizadas na Europa e nos Estados Unidos no campo das pesquisas, normalizações e políticas ambientais.

O IBRACON, por meio desse Comitê Técnico, colaborou, decisivamente, para a elaboração das seguintes normas técnicas:

- ▶ ABNT NBR 15113:2004 Resíduos Sólidos da Construção Civil e Resíduos Inertes – Aterros: diretrizes para projeto, implantação e operação;
- ▶ ABNT NBR 15114:2004 Resíduos Sólidos da Construção Civil- Áreas de Reciclagem: diretrizes para projeto, implantação e operação;
- ▶ ABNT NBR 15115:2004 Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação: procedimentos;



- ▶ ABNT NBR 15116:2004 Agregados Reciclados para uso em argamassa e concreto de cimento Portland: requisitos e métodos de ensaios.

Há anos a sustentabilidade foi incorporada entre os temas dos trabalhos técnico-científicos para as edições do Congresso Brasileiro do Concreto CBC. Duas edições do Congresso tiveram as construções sustentáveis como norte das discussões, o 52º CBC2010 e o 53º CBC2011, além de terem sido promovidas três edições do Seminário de Sustentabilidade na Cadeia Produtiva do Concreto nos CBCs de 2009, 2010 e 2011. As revistas "CONCRETO & Construções" e "RIEM" também publicaram vários artigos técnicos e científicos sobre o tema da sustentabilidade das construções em concreto.

Em outras palavras, o tema da sustentabilidade sempre esteve na agenda das atividades do IBRACON, assim como todos os temas correlatos: reaproveitar e reciclar materiais e componentes, reduzir consumo de matérias-primas (hoje conhecido por desmaterializar), declarações ambientais de produtos e análise do ciclo de vida.

Este conjunto de ações tem promovido o desenvolvimento de pesquisas científicas e tecnológicas que buscam contribuir para melhorar o desempenho ambiental do uso do concreto na construção, o que tem rendido a publicação de artigos em periódicos nacionais e internacionais, impulsionando a divulgação das melhores práticas sustentáveis no setor construtivo. Elas contribuíram também

para fornecer subsídios para que as normas técnicas nacionais sustentem práticas construtivas ecoeficientes.

**Como entidade técnica aglutinadora de todos os segmentos da cadeia produtiva do concreto, o IBRACON está em posição privilegiada para promover uma visão de sustentabilidade sistêmica e integradora de todas as etapas do processo construtivo:**

- ▶ **Concepção:** subsidiar o setor com critérios e parâmetros orientativos e balizadores para a correta concepção de estruturas sustentáveis do concreto;
- ▶ **Projeto:** prover o setor com metodologias para avaliação do consumo de energia, de água e de insumos, e para quantificação da emissão de gases tipo estufa e de resíduos a partir de escolhas de tipologias de projeto e sistemas construtivos. Construir um banco de projetos em colaboração com outras Entidades;
- ▶ **Materiais:** aportar metodologias de produção e dosagem de concretos com foco na sustentabilidade. Construir um referencial de traço de concreto e as suas principais variáveis;
- ▶ **Construção:** promover procedimentos construtivos de baixo consumo de energia, baixa emissão de gases estufa, baixa geração de resíduos e alta durabilidade;
- ▶ **Durabilidade:** investir em metodologias que assegurem vida útil das estruturas de


concreto com baixa ou desprezível manutenção;

- ▶ **Uso:** apoiar e valorizar as Entidades que trabalham a sustentabilidade durante a operação e uso ao longo da vida útil das estruturas de concreto;
- ▶ **Reutilização:** endossar metodologias e sistemas construtivos que viabilizem reutilização, reciclagem e reaproveitamento e que sejam aderentes a uma visão de economia circular;
- ▶ **Normas:** colaborar com a ABNT, propondo novas normas e apoiando a atualização de normas relativas ao concreto e suas estruturas tendo em vista a sustentabilidade como elemento direcionador de parâmetros normativos.

O IBRACON entende que a supressão de gargalos na cadeia do concreto com informação de qualidade que chegue aos seus intervenientes é uma das condições necessárias para se alcançar a sustentabilidade no setor.

Contribuir para disseminar ferramentas, metodologias e informações sobre as melhores práticas sustentáveis no setor é o compromisso do IBRACON, que continuará e intensificará a colaboração com empresas e entidades que visam à redução da emissão de carbono.

Entre outras iniciativas, o IBRACON apoia o *Global Consensus on Sustainability in the Built Environment GLOBE* (RILEM, cib, ECCS, fib (CEB.FIP), IABSE, iaSS), o *Concrete Future* (GCCA), o SIDAC (CBCS) e o CECarbon (SindusCon-SP).

**IBRACON | Setembro de 2022** 

# O Concreto do Futuro

## SERÁ UM MATERIAL CADA VEZ MAIS COM TECNOLOGIA EMBARCADA

Em razão do conhecimento que já se tem hoje dos materiais, o concreto constitui-se não apenas de materiais macroscópicos, como os agregados, ligantes e adições minerais, mas também de adições em escala nanométrica. A nanossílica tem demonstrado capacidade de uma elevada ação pozolânica em razão da alta área superficial, responsável também pelo aumento da densidade de empacotamento da matriz cimentícia. O grafeno, por exemplo, tem se mostrado um candidato capaz de promover ganhos significativos na resistência à compressão, à flexão, no módulo de elasticidade do concreto, além de favorecer a redução da porosidade, com ganho potencial em sua durabilidade; todavia, possui o desafio em relação ao escalonamento e à manipulação para seu uso, dado a natureza do material que exige agilidade e cuidados especiais na aplicação. Aditivos orgânicos com cadeias e funções cada vez mais complexas e multifuncionais têm permitido concretos com reduzidas relações água/cimento, mantendo-se as propriedades no estado fresco e promovendo ganhos no estado endurecido. O uso de diferentes materiais, como é o caso dos geopolímeros e de cimentos sulfoaluminosos, possibilitarão a produção em escala de concretos com propriedades diferenciadas para aplicações especiais, desde que resolvidos os aspectos de aplicação e desempenho.

## SERÁ UM MATERIAL QUE DEVERÁ CARREGAR A PREOCUPAÇÃO COM A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

O concreto tem capacidade ímpar de incorporar matrizes inorgânicas advindas de rejeitos, resíduos e coprodutos minerais e industriais das mais diversas fontes. O uso de

materiais cimentícios suplementares (MCS) nos cimentos Portland, como escórias e pozolanas, já demonstraram isso, sendo o meio científico e tecnológico constantemente demandados para estudos de viabilidade técnica e econômica, no intuito de não só dar destino ao que para diversas indústrias é considerada como “descartes” ou “rejeitos”, mas também para atender ao crescente consumo de concreto com responsabilidade, sustentabilidade e inteligência. A incorporação de resíduos nos leva a uma outra preocupação com o futuro, pois esse concreto um dia também será transformado em resíduo e deverá ser reaproveitado.

O uso de resíduos de construção e demolição no concreto, como ligantes e/ou agregados, tem se mostrado promissor, e demanda avanços tecnológicos para adequar o consumo de água devido à sua elevada absorção de água. Da mesma forma, a aplicação escalonada de substituição parcial de clínquer por finos de calcário com argila calcinada está se destacando mundialmente a partir dos estudos do LC3 como “uma das tecnologias com maior potencial para reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> no setor de cimento” – isso impactará a favor do uso futuro do concreto “zero carbono”.

Há de se dizer que existe a grande necessidade de amplos estudos de durabilidade e de vida útil das obras em concreto contendo novos materiais, principalmente quando são incorporados resíduos de outros setores industriais. O futuro demandará ainda mais estudos de viabilidade técnico-econômica e escalonamento para o retrofit sustentável das edificações e reabilitação predial nos centros urbanos.

A demanda ainda grande de

novas habitações e de obras de infraestrutura também trazem grandes desafios para o desenvolvimento de novos materiais e de novas técnicas de execução. Qual a viabilidade da impressão 3D, da construção modular de concreto?

Ainda, a redução de consumo de energia na produção do concreto é fundamental, de montante a jusante, e representa constantes desafios para se alcançar o concreto zero carbono, desde a extração e processamento dos recursos minerais, à fabricação do cimento Portland, à produção do concreto e o seu transporte, até sua aplicação, uso e manutenção no empreendimento. Por esse motivo, ampliar a aplicação de novos materiais cimentícios suplementares, para reduzir ainda mais o fator clínquer do cimento, e o uso de biomassa como alternativa de combustível na produção de clínquer são caminhos a trilhar com metas ambiciosas e progressivas.

## SERÁ UM MATERIAL CADA VEZ MAIS VERSÁTIL

A “moldabilidade a frio” que o concreto possui em comparação a outros materiais o torna o candidato imediato para produção de elementos e estruturas de volume e tamanho diversos. Sua capacidade de se adaptar às necessidades e desafios o torna de per si um dos materiais mais versáteis que se tem conhecimento, incorporando conceitos modernos de reologia, empacotamento de partículas, controle de hidratação e de retração.

Além disso, numa época em que a Transformação Digital e a Indústria 4.0 tem conquistado lugar de destaque nas discussões sobre o futuro da produção industrial de bens e serviços, o concreto não tem ficado para trás, tendo oportunidade de brilhar por meio da aplicação de tecnologias de impressão 3D, para

impressão de elementos construtivos e habitações. A versatilidade desse material vai exigir esforços para convergir os diversos segmentos afins, com soluções inovadoras próprias e soluções inter-relacionais, envolvendo: os fornecedores e produtores de materiais, a logística de produção, de distribuição e a aplicação do concreto, nunca se esquecendo que as obras deverão ser utilizadas, mantidas e preservadas ao longo de sua vida útil, o que traz desafios adicionais, principalmente em obras das quais espera-se grande durabilidade.

### SERÁ UM MATERIAL CADA VEZ MAIS DURADOURO, GUARDANDO A HISTÓRIA ATRAVÉS DAS GERAÇÕES

O concreto aplicado nas mais diversas obras de arte, infraestruturas e habitações vem atravessando gerações e resistindo ao tempo.

A sua durabilidade, associada a diversos parâmetros, tais como comportamento físico e mecânico, composição, manutenção e conservação, continuará sendo objeto de diversos estudos de longa duração. O cálculo da vida útil das estruturas de concreto, apesar de complexo, receberá cada vez mais atenção dos tecnólogos, que buscam na Transformação Digital e Indústria 4.0 meios para aplicar ferramentas de Internet das Coisas (IoT), para analisar e acompanhar o comportamento à distância e em tempo real. Além disso, a Modelagem de Informação das Construções (BIM) e Realidade Aumentada têm agremiado adeptos, chamando a atenção dos órgãos governamentais e empresas pela necessidade de ter registro e histórico das obras em concreto. Metaverso já é uma realidade, capaz de registrar e fomentar a imaginação de formas

futurísticas e visitáveis virtualmente – passíveis de serem construídas em concreto, serão verificáveis por inteligência artificial, alimentadas por Banco de Dados gerados teórica ou experimentalmente. O concreto será cada vez mais durável, permitindo retrofit das construções ou sendo desconstruído de forma inteligente e totalmente reaproveitável, com baixo impacto ambiental, tornando o ciclo de vida desse produto capaz de mitigar o consumo de matérias-primas naturais, de combustíveis fósseis e de água potável. As futuras gerações agradecerão.

### VISÃO ELABORADA POR FABIANO FERREIRA CHOTOLI

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, IPT, sócio fundador e mantenedor do IBRACON

## 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://lojaibracon.org.br>

## Comemoração de Aniversário na data e local de Fundação do IBRACON há 50 anos

FÁBIO LUÍS PEDROSO – EDITOR, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5848-8710> – [fabio@ibracon.org.br](mailto:fabio@ibracon.org.br)

Cinquenta anos depois, em 23 de junho de 2022, mais de uma centena de convidados e profissionais representantes de todos os segmentos da cadeia do concreto reuniram-se no berço de fundação do Instituto Brasileiro do Concreto – IBRACON, o auditório da Engenharia Mecânica do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT), onde foi assinada a ATA de fundação do Instituto.

Estiveram presentes os fundadores do IBRACON Simão Prizskulnik, Francisco de Assis Souza Dantas, Vladimir Paulon, Eduardo Serrano, Claudio Sbrighi Neto (que foi o mestre de cerimônia) e Gilberto Giuzio, o presidente da Companhia de Saneamento de São Paulo (Sabesp), Benedito Braga, representando o governador Rodrigo Garcia, o secretário de Infraestrutura Urbana e Obras da cidade de São Paulo (SIURB), Marcos Monteiro, a diretora administrativa-financeira do IPT, Flávia Motta, o presidente da Associação Brasileira de Normas Técnicas, Mário William Esper, o presidente do Instituto de Engenharia de São Paulo, Paulo Ferreira, e diretores da ABCIC, ABCP, ABECE, ABESC, ABPP, ABPE, ALCONPAT, IBI, SINDUSCON-SP e ConcreteShow.

### BREVE RETROSPECTO DO IBRACON

O presidente do IBRACON, Prof. Paulo Helene, resgatou em seu breve discurso a contribuição do concreto para a sociedade, as motivações que levaram à fundação do IBRACON e o que o Instituto tem feito em prol do concreto e da sociedade nesses cinquenta anos de atividade.

No início da década de 1970, a alta demanda por obras no Brasil e especificamente um convênio entre a Sabesp e o IPT levaram um grupo de



Os sócios fundadores do IBRACON, Eduardo Serrano, Francisco de Assis Souza Dantas, Simão Prizskulnik, Vladimir Paulon e Cláudio Sbrighi Neto (esq.dir.)

profissionais a organizarem colóquios para discutir a permeabilidade e a durabilidade do concreto, que, por sua vez, resultou na fundação do IBRACON. “Durabilidade e permeabilidade do concreto eram novidades quando o IBRACON foi fundado. Na época, a ênfase quanto ao projeto estrutural era dada apenas à resistência e à estabilidade da estrutura”, esclareceu o Prof. Paulo Helene aos presentes. Esta foi, portanto, a primeira contribuição técnica do IBRACON para o setor construtivo: introduzir no meio técnico-profissional e nas normas técnicas de concreto os conceitos de permeabilidade e durabilidade. Outras contribuições listadas por Paulo Helene:

- ▶ **1980:** disseminação dos conceitos de vida útil, adições e sustentabilidade;
- ▶ **1990:** disseminação dos

concretos de alto desempenho, de alta resistência, com fibras, autoadensável;

- ▶ **2000:** contribuiu para o Brasil bater recorde mundial de resistência de concreto em pilares de edifício; para o país obter concreto sem fissuras no Projeto Sirius;
- ▶ **2008:** contribuiu para que a norma ABNTNBR 6118 fosse internacionalmente reconhecida;
- ▶ **2021:** contribuiu para o Brasil ganhar o primeiro e segundo lugar do Prêmio ACI de edifícios altos e melhores obras de infraestrutura\*.

O presidente do IBRACON finalizou seu discurso com os valores e legados dos cinquenta anos de história do IBRACON:

- ▶ Compromisso com o avanço e a inovação da tecnologia do concreto e da engenharia em benefício da sociedade;

\* 2022: Apesar de não ter sido citada na palestra, neste ano o IBRACON fez uma importante contribuição à norma 6122 para torná-la mais sustentável

Pluralidade e respeito de uma equipe multidisciplinar composta por engenheiros, químicos, geólogos, tecnólogos, estagiários, que têm respeito pela opinião dos outros e busca o consenso, tendo como norte a ciência, os fatos, a

pesquisa, os ensaios, a coerência como fiel das decisões;

Ambição nacional: nasceu e se mantém com a visão de que todas as regiões do país são importantes e que o conhecimento precisa ser levado a todos, com a criação, manutenção e

estímulo das regionais;

Compromisso com o país, contribuindo com as normas técnicas, posicionando-se proativamente sobre as tragédias, envolvendo-se em grandes projetos nacionais, certificando pessoal técnico e qualificando profissionais.

“O Instituto leva conhecimento e busca inovação no uso do concreto, que é material fundamental para obras de saneamento, que trazem saúde e bem-estar para as pessoas”, disse o presidente da Sabesp, Benedito Braga. Já, o secretário municipal da Siurb, Marcos Monteiro, reforçou o compromisso do IBRACON com a inspeção e a manutenção periódica de obras e sua contribuição com o Programa de Manutenção de Obras de Arte. Flávia Motta, diretora administrativa-financeira do IPT, argumentou que os grandes desafios do mundo são superados por meio da sinergia entre pessoas talentosas, como aconteceu com a fundação do IPT e do IBRACON,



Presidente do IBRACON, Prof. Paulo Helene, em momento de seu pronunciamento na comemoração do aniversário de fundação na data e local da fundação do IBRACON

## Síntese das atividades do IBRACON

O Instituto pode se orgulhar de ostentar este sucinto resumo de estatísticas apresentado pela Enga. Patrícia Bauer na celebração dos 50 anos no IPT:

- ▶ “Uma Revista impressa, “**CONCRETO & Construções**”, distribuída gratuitamente a todos os sócios, faculdades de engenharia e aos profissionais e empresas de destaque, com conteúdo técnico-científico, classificada no sistema QUALIS do CNPq;
- ▶ Uma revista científica, RIEM “**IBRACON Structures and Materials Journal**”, reconhecida no sistema QUALIS do CNPq e com um extenso comitê científico com pesquisadores de várias partes do mundo;
- ▶ **Publicação de 11 livros técnicos e 14 práticas recomendadas**, que se tornaram referência para os novos profissionais e para a contínua atualização dos que seguem ativos no mercado;
- ▶ **Manutenção das 22 Diretorias Regionais** atuais, que levam novos conhecimentos para todo país e **mobilizam cerca de 100 profissionais** voluntários sediados nas principais cidades e estados do Brasil;
- ▶ **Manutenção de 19 Comitês Técnicos** atuais com **cerca de 500 voluntários**, responsáveis pela ampliação e aperfeiçoamento de diversos temas e normas ligadas ao concreto;
- ▶ **Promoveu até hoje 167 cursos** dentro do Programa MasterPEC, com formação de **cerca de 2.960 profissionais**;
- ▶ **105 edições da Revista Concreto & Construções** e **79 edições da Revista Structures and Materials Journal**, com um total de **1.840 artigos** publicados nas duas revistas;
- ▶ **62 edições de congressos**, com mais de **40.000 participantes** e **8.376 artigos publicados** nos anais do congresso;
- ▶ **27 edições do concurso APO**; **17 edições do concurso CONCREBOL**; **10 edições do concurso COCAR/ECO CC**; **4 edições do concurso Concreto: Quem sabe faz ao vivo**; **14 edições do concurso Ousadia**; **1 edição do concurso Concregame**; e **1 edição do concurso Do it yourself**; com a participação de mais de **10.000 futuros arquitetos e engenheiros** de mais de **60 instituições** de ensino do país e do estrangeiro;
- ▶ **37 edições do prêmio Emílio Baumgart**, com **40 profissionais** agraciados; **34 edições do prêmio Ary Frederico Torres**, com **38 profissionais** agraciados; **36 edições do prêmio Gilberto Molinari**, com **43 profissionais** agraciados; **27 edições do prêmio Liberato Bernardo**, com **28 profissionais** agraciados; **31 edições do prêmio Argos Menna Barreto**, com **23 profissionais** agraciados; **31 edições do prêmio Francisco de Assis Basílio**, com **36 profissionais** agraciados; **17 edições do prêmio Epaminondas Melo do Amaral Filho**, com **20 profissionais** agraciados; **17 edições do prêmio Luiz Alfredo Falcão Bauer**, com **17 profissionais** agraciados; **10 edições do prêmio Lobo Carneiro** e **10 edições do prêmio Oscar Niemeyer** com **10 profissionais** agraciados;
- ▶ **Parceria de cooperação técnico-científica com 8 entidades e instituições nacionais e 11 internacionais**, assegurando a inserção internacional da entidade;
- ▶ **219 profissionais certificados** do programa de Certificação de Pessoal IBRACON – NQCP, sendo **132 tecnólogos**, **57 laboratoristas**, **15 auxiliares** de laboratório, **15 inspetores de estruturas** de OAE, com **157 recertificações**.”



Convidados assistem à apresentação da Orquestra Laertare, regida pela maestrina Muriel Waldman, que abrilhantou a cerimônia do IBRACON

cuja visão empreendedora de seus fundadores mudou o patamar de desenvolvimento do país. Nos seus 50 anos de atividade, o Instituto realizou 62 congressos, inicialmente chamados de colóquios, que reuniam semestralmente duas centenas de profissionais, que posteriormente passaram a ser reuniões anuais, denominadas REIBRACs, realizadas em São Paulo e outros estados, para finalmente se consolidarem como as edições do Congresso Brasileiro do Concreto, reunindo todos os anos milhares de pessoas de todo Brasil e do exterior para

debater e conhecer as mais recentes tecnologias e avanços científicos sobre o concreto e seus sistemas construtivos. Como resultado dos trabalhos apresentados nesses eventos, o IBRACON reúne hoje em seu acervo técnico 8.376 artigos técnicos, que podem ser adquiridos por meio de sua Loja Virtual. Além disso, o Instituto publicou: 105 edições da Revista CONCRETO & Construções, periódico impresso para divulgação técnico-científica de obras, tecnologias e informações sobre o concreto; 79 edições da Revista IBRACON de Estruturas e Materiais – RIEM,

periódico científico eletrônico indexado no SCIELO; 14 Práticas Recomendadas, publicações orientativas para o setor, escritas por seus Comitês Técnicos e que servem de texto-base para a proposta e revisão de normas técnicas nacionais; 11 Livros para estudantes de graduação, pós-graduação e profissionais do setor. O IBRACON promoveu 167 cursos de atualização profissional, no qual participaram 2.960 profissionais. Certificou 327 profissionais através de seu Núcleo de Qualificação e Certificação de Pessoal. Mobilizou mais de 10 mil estudantes de mais de 60 instituições de ensino em seus concursos estudantis. Agraciou 265 profissionais com prêmios por suas contribuições para a engenharia nacional. E mantém ativos 19 Comitês Técnicos, com 444 membros participantes, 22 Regionais, com 73 representantes regionais, 8 parcerias com entidades nacionais e 11 parcerias com entidades internacionais. O maior desafio para os próximos 50 anos é reduzir o impacto das mudanças climáticas e a mitigação das emissões na cadeia produtiva do concreto.



## GUIA DE PREVENÇÃO DA REAÇÃO ÁLCALI-AGREGADO

PRÁTICA RECOMENDADA IBRACON



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

## Guia de Prevenção da Reação Alkali-Agregado

### COORDENADORES

Cláudio Sbrighi Neto, Eduardo Brandau Quitete  
e Arnaldo Forti Battagin

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

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

### DADOS TÉCNICOS

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

### PATROCÍNIO



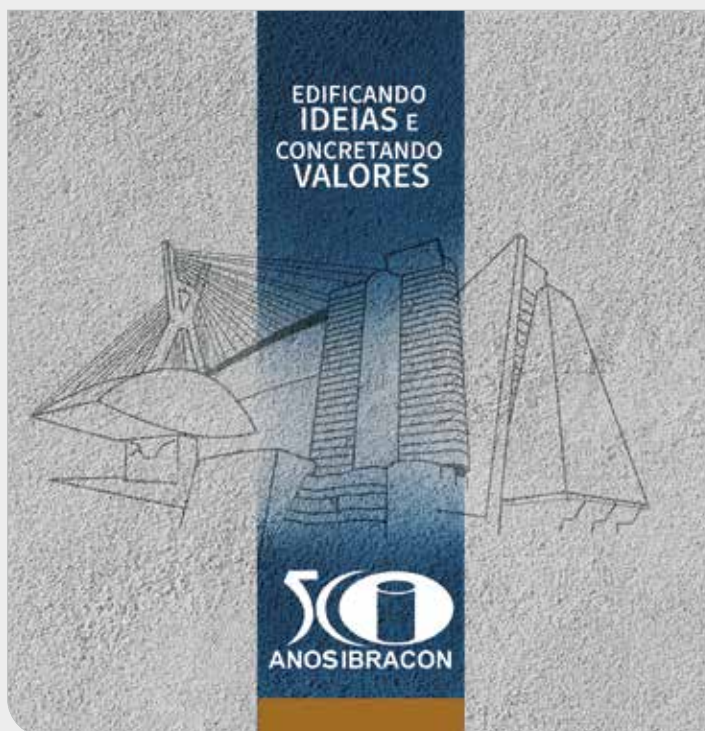
**Aquisição: Acesse a Loja Virtual do IBRACON.**

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


## IBRACON lança livro comemorativo de seus 50 anos

Resgatando e celebrando seus cinquenta anos de atividades de difusão do conhecimento da engenharia do concreto no Brasil, o Instituto Brasileiro do Concreto - IBRACON lança no ano de seu Jubileu de Ouro o livro "Edificando ideias e Concretando valores".

Em seus capítulos, o leitor poderá contemplar como a história do concreto no Brasil e no mundo se confunde com a própria história institucional do IBRACON, cujos



protagonistas são profissionais com atuação multifacetada, nos quais propósitos técnicos e científicos convivem com propósitos éticos e sociais. Dessa forma, esses profissionais e as empresas/instituições onde trabalham contribuem para o compartilhamento de práticas, experiências e conhecimentos, que acabam por melhorar a qualidade e durabilidade das construções.

Conheça esta trajetória de sucesso! 

### PATROCINADORES



# Homenagem ao Professor José Luiz Antunes de Oliveira e Sousa

TÚLIO NOGUEIRA BITTENCOURT  
EX-PRESIDENTE DO IBRACON

Embora eu tenha ficado muito abalado com a notícia do passamento do meu grande amigo e irmão espiritual José Luiz Antunes de Oliveira e Sousa, meu coração fica um pouco aliviado com as fantásticas recordações que tenho dos momentos que compartilhamos ao longo dos últimos quase 40 anos. E, ainda, por ter certeza absoluta que ele cumpriu de forma exemplar sua missão durante essa sua vida. Foi um excepcional engenheiro, professor e um grande ser humano, além de um pai e esposo carinhoso e sempre presente. Meus eternos agradecimentos a ele por toda sua amizade, companheirismo e lealdade em relação a mim e a toda minha família.

Oriundo de uma família numerosa com 9 filhos, na sua juventude ele viveu e estudou na cidade de São Carlos, no interior de São Paulo. Seus pais eram professores da rede estadual de ensino e isso era motivo de grande orgulho para ele. Se graduou em Engenharia Civil pela Escola de Engenharia de S. Carlos da Universidade de São Paulo no final de 1975.

A partir de 1976, já na cidade de São Paulo, atuou como engenheiro pela Promon Engenharia. Nessa empresa, participou em projetos estruturais do Metrô-SP, da DAEE, da SABESP, da DERSA, de Itaipu e de Angra II. Sem dúvida, uma época de muito aprendizado para ele. Em 1978, se transferiu, por um curto período, para Maubertec Engenharia e Projetos, onde continuou sua atuação em projetos estruturais em obras do Metrô-SP, da COSIPA, da Itauplan, da Serveng-Civilsan, da PM Suzano e da Engefer, entre outras. Posteriormente, entre 1980 e 1983, retornou à Promon Engenharia. Entre 1981 e 1982, por 20 meses traba-



Professores Antonio Carlos Santos, José Luiz Antunes, Luiz Fernando Martha e Túlio Bittencourt (esq./dir.)

hou no Chile no projeto das Usinas Hidrelétricas de Colbún e Machicura em um projeto da Promon para a Endesa (Empresa Nacional de Electricidad).

Em 1983, foi admitido como docente na Universidade Estadual de Campinas, seu grande sonho. Lá trabalhou até sua aposentadoria em 2017, na condição de Professor Titular. Continuou ainda como professor colaborador no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da FECFAU/UNICAMP até 2020, quando encerrou suas atividades acadêmicas.

Sua bela trajetória acadêmica e seu envolvimento na área de pesquisa se iniciou de forma efetiva com a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil em 1984, quando desenvolveu

a dissertação intitulada "Contribuição ao Estudo de Pontes Estaiadas", sob a orientação do professor Aluizio Fontana Margarido na Escola Politécnica da USP. Em 1987, foi aceito na prestigiosa Universidade de Cornell (Cornell University), nos Estados Unidos da América para fazer o seu doutoramento. Logo se juntou ao grupo coordenado pelo Prof. Anthony Ingraffea, o prestigioso Cornell Fracture Group. Esse grupo era ligado ao Programa de Computação Gráfica, e já contava com a participação de outro brasileiro, o Prof. Luiz Fernando Martha, da PUC-Rio. Foi justamente nessa época que começamos a trabalhar juntos e desde então nos tornamos amigos quase inseparáveis, sempre colaborando um com



o outro no desenvolvimento de nossas atividades acadêmicas, eu na Escola Politécnica da USP e ele na Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas. Sua tese de doutoramento, intitulada "Three-dimensional Simulation of Near-Wellbore Phenomena Related to Hydraulic Fracturing from a Perforated Wellbore", abordou temas de mecânica da fratura, fraturamento hidráulico e modelagem de fraturas não planas, e foi defendida em 1992.

Ao longo sua brilhante carreira acadêmica, desenvolveu atividades nas linhas de pesquisa de Análise Numérica Iterativa, Fraturamento em Estruturas de Concreto e Rocha, Mecânica das Rochas Aplicada a Engenharia de Petróleo e Monitoramento de Estruturas. Em 2002, desenvolveu atividades de Pós-Doutoramento na Universitat Politècnica de Catalunya, sob supervisão do Prof. Ravindra Gettu, e no ano de 2015, fez outro estágio pós-doutoral no Bundesanstalt für Materialforschung und-prüfung – BAM, em

Berlim, sob supervisão do Dr. Herbert Wigggenhauser e do Prof. Christian Bolter. Orientou 12 dissertações de mestrado, 4 teses de doutorado e 17 trabalhos de iniciação científica na área de Engenharia Civil, além da supervisão de um pós-doutorado. Publicou 22 artigos em periódicos especializados, 2 capítulos de livros e 75 trabalhos em anais de eventos. Esses trabalhos científicos alcançaram mais de mil citações por seus pares mundo afora, demonstrando o alto índice de impacto de seu trabalho. Participou de mais de 26 eventos internacionais e 18 nacionais.

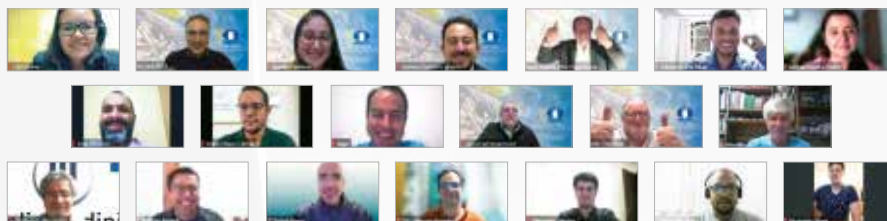
No IBRACON, foi Diretor de Publicações de 2007 a 2009. Atuou como membro do Corpo Editorial da Revista Científica IBRACON STRUCTURAL JOURNAL, bem como de sua sucessora, o periódico científico IBRACON STRUCTURES AND MATERIALS JOURNAL. Foi o principal responsável pela consolidação do prestígio desse periódico em âmbito internacional, tendo participado inicialmente como seu Editor

Principal e, posteriormente, como seu Editor Emérito. Sempre atuou de forma generosa e voluntária para o desenvolvimento de nosso Instituto. Por suas atividades junto ao IBRACON, o Prof. José Luiz Antunes de Oliveira e Sousa foi agraciado em 2011 com o Prêmio "GILBERTO MOLINARI", como Destaque em Reconhecimento aos Relevantes Serviços Prestados ao IBRACON.

Meu querido amigo e irmão José Luiz, você nos deixou momentaneamente neste plano, mas sua generosidade, seu humor refinado, sua palavra amiga, seu exemplo familiar e profissional estarão guardados para sempre nos corações de seus familiares, amigos, alunos e colegas de trabalho. Estendo essa pequena homenagem, minha e do IBRACON, a sua família: à Suzana, sua querida companheira, e a suas duas filhas que eu vi crescer, Mariana e Marcela. Sem dúvida as duas representam bem suas maiores e mais importantes realizações. Que Deus te ilumine e te proteja ao longo de seu caminho. ☹



## CALENDÁRIO CURSOS



### 14 DE SETEMBRO

#### Concreto Dosado em Central: Produção pelas Boas Práticas e Questões Normativas

Carlos Brites e Dener Altheman

**Local:** Torre educacional Unisinos Porto Alegre I  
Av. Dr. Nilo Peçanha, 1600 – Boa Vista, Porto Alegre – RS

### 18 DE SETEMBRO

#### Concreto e Incêndio – Conceito, Estudos de Casos e Retrofits

Carlos Brites

**Local:** On-line

### 26 A 30 DE SETEMBRO

#### Inspeção de Estruturas de Concreto segundo a ABNT | NBR 16230:2013 – Inspetor II

Paulo Helene, Enio Pazini, Júlio Timerman, Rafael Timerman

**Local:** On-line

### 11 DE OUTUBRO

#### Punção em Lajes Lisas: Teoria e Prática

Elyson Andrew Pózo Liberati e Marília Gonçalves Marques

**Local:** Híbrido (presencial e virtual) Jubileu de Ouro do IBRACON – Brasília

### 12 DE OUTUBRO

#### Corrosão e Proteção Catódica de Estruturas de Concreto

Luiz Paulo Gomes

**Local:** Híbrido (presencial e virtual) Jubileu de Ouro do IBRACON – Brasília

### 13 DE OUTUBRO

#### Projeto de Elementos de Concreto Armado Através de Modelos de Bielais e Tirantes

Maurício Pina Ferreira

**Local:** Plataforma Google Meet

### 14 DE OUTUBRO

#### Estanqueidade de Estruturas de Concreto

Emílio Minoru Takagi

**Local:** Híbrido (presencial e virtual) Jubileu de Ouro do IBRACON – Brasília

### 21 A 25 DE NOVEMBRO

#### Inspeção de Estruturas de Concreto Segundo a ABNT | NBR 16230:2013

Paulo Helene, Enio Pazini, Júlio Timerman, Rafael Timerman

**Local:** On-line



## INSCRIÇÕES

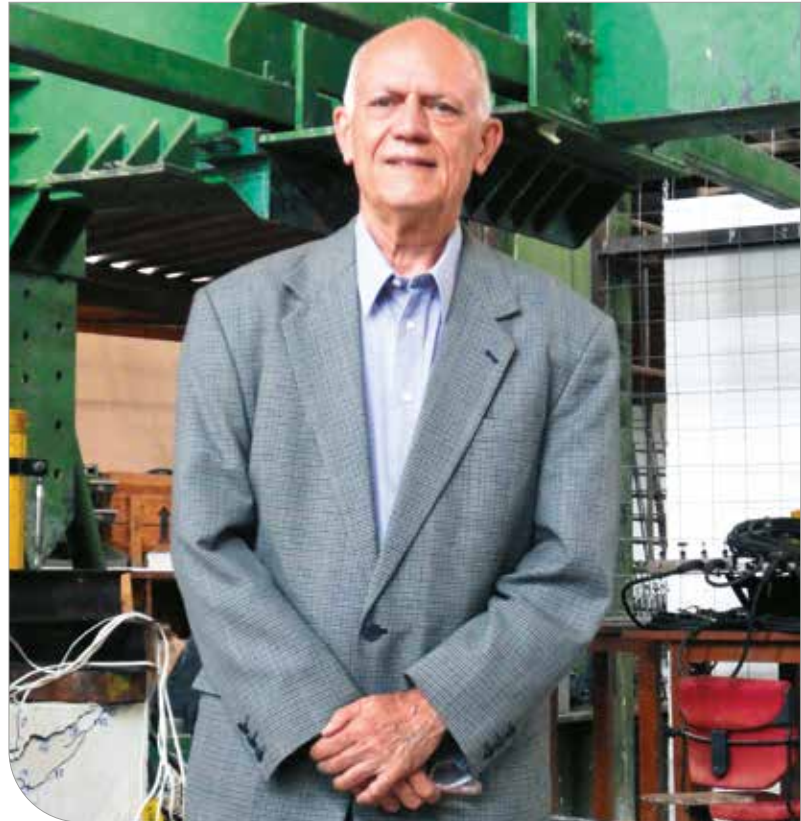
www.ibracon.org.br (Educação Continuada)  
Vanessa Pedroso: Tel. (11) 3735-0202  
vanessa@ibracon.org.br

# Guilherme Sales Soares de Azevedo Melo

**G**uilherme Sales Soares de Azevedo Melo é professor da Universidade de Brasília desde 1993. Formado em engenharia civil na UnB em 1979, fez mestrado em Engenharia de Estruturas na PUC-RJ (1984) e doutorado na *Polytechnic of Central London* (1990), Inglaterra.

Como bolsista recém-doutor, recebeu convite dos professores Marcello da Cunha Moraes, um dos fundadores do IBRACON, e João Carlos Teatini, um dos supervisores no seu primeiro emprego como engenheiro, para colaborar na implantação do Programa de Mestrado em Estruturas da UnB, onde inaugurou a linha de pesquisa em punção em lajes lisas e em reforço de estruturas com materiais compósitos.

Em sua carreira acadêmica, foi adjunto e coordenador das Engenharias I da Capes, no período de 2002 a 2010, quando participou de quatro Avaliações dos Programas de Pós-Graduação do Brasil. Foi também diretor de Engenharias, Ciências Exatas, Humanas e Sociais, de 2011 a 2015, do CNPq, onde colaborou com a implantação de diversos projetos importantes de estímulo e formação científica e tecnológica.



## **IBRACON** – O QUE O MOTIVOU A CURSAR ENGENHARIA CIVIL?

**G. S. S. A. M.** – Pai e primos engenheiros, e uma maior facilidade com Física e Matemática no “Ginásio” e “Científico”, primeiro e segundo graus atuais. Cresci ouvindo histórias sobre meu pai, formado na Escola de Engenharia da Universidade Federal da Bahia no final da década de 40, trabalhando na construção de edifícios em Copacabana no início da década de 50 e, mais tarde, como um dos primeiros a utilizar no Brasil o Telurômetro em trabalhos de Cartografia no Serviço Geodésico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, no Sul do Brasil.

## **IBRACON** – VOCÊ FEZ UMA BREVE PASSAGEM POR UMA CONSTRUTORA, COMO ESTAGIÁRIO E COMO RECÊM-FORMADO. EM 1980, INGRESSOU NO MESTRADO NA PUC-RJ NA ÁREA DE ESTRUTURAS E, JÁ NO ANO

## **SEGUINTE, COMEÇOU A LECIONAR NA UNIVERSIDADE SANTA ÚRSULA E UNIVERSIDADE VEIGA DE ALMEIDA. POR QUE A OPÇÃO TÃO CEDO PELA DOCÊNCIA?**

**G. S. S. A. M.** – Na realidade, a Structura Consultora de Engenharia S. A. era uma empresa de projetos e consultoria em engenharia, onde trabalhei em projetos de Engenharia de Estruturas, sob a regência do engenheiro Ricardo Castanheira, e, talvez, em um dos primeiros setores de Patologia de Estruturas no Brasil, sob a supervisão do Prof. João Carlos Teatini, da Universidade de Brasília (UnB).

Depois de formado na UnB, ir para o Rio de Janeiro fazer o mestrado foi uma decisão, ao mesmo tempo, difícil – largar um emprego que gostava e no qual estava aprendendo muito – e fácil, pois sabia que precisava sair de Brasília para aprender mais e me especializar. Ao ser aprovado com bolsa do CNPq no Curso de Nivelamento da PUC-RJ, me mudei

SÃO PELO MENOS TRÊS EXEMPLOS BRASILEIROS  
ADMIRADOS NO EXTERIOR NESTA ÁREA: A AVALIAÇÃO  
DOS PPG, O PORTAL DE PERIÓDICOS DA CAPES E A  
PLATAFORMA LATTES DO CNPQ.

para o Rio, um dos três ou quatro lugares à época com mestrado em Estruturas. Fui aluno dos saudosos professores Jayme Mason, João Luis Pascal Roehl e Sydney dos Santos, dentre outros. A opção pela docência foi pela vontade de ter experiência nesta área e para complementar o orçamento, pois a bolsa era suficiente para dividir por quatro um apartamento simples de dois quartos. Foi uma decisão acertada! Aprendi muito dando aula na Santa Úrsula de Resistência dos Materiais e Concreto Protendido para turmas de Engenharia Civil, e de Concreto Armado para turmas de Arquitetura. Já, na Veiga de Almeida, dei aulas de Estabilidade das Construções, com os livros do Sussekind. Com o mestrado concluído, dei aula um ano na PUC-RJ como professor substituto e, em seguida, fui para o doutorado na Inglaterra, para trabalhar com o Prof. Paul Regan na *Polytechnic of Central London* (depois, *University of Westminster*), que havia sido o orientador da Prof. Lidia Shehata, voltando como bolsista

(Bolsa Recém-Doutor do CNPq) para a PUC-RJ em 1990. Voltei ao exterior ainda por três períodos de um ano para pós-doutorados, de volta à Inglaterra (*University of Westminster*) em 1996, aos EUA (*University of Columbia*) em 2006, e à Espanha (Universidade Politécnica de Madrid) em 2016.

**IBRACON – EM SUA CARREIRA ACADÊMICA, OCUPOU DIVERSOS CARGOS ADMINISTRATIVOS. COMO EXPLICA ESSA PREDILEÇÃO?**

**G. S. S. A. M.** – Vim para a Universidade de Brasília em fevereiro de 1992 inicialmente como bolsista (transferência da Bolsa Recém-Doutor do CNPq), convidado pelo saudoso professor Marcello da Cunha Moraes, um dos fundadores do IBRACON em 1972, e pelo Prof. João Carlos Teatini, para colaborar na implantação do Curso de Mestrado em Estruturas. Posso dizer que tive a oportunidade e felicidade de crescer com o nosso Programa de Pós-graduação (PPG), implantando o Laboratório de Estruturas, inaugurando a Linha de Pesquisa em Punção em Lajes lisas (Cogumelo) e em Reforço de Estruturas com Materiais Compósitos (fibra de carbono, fibra etc.). Fui coordenador do PPG por três anos e Chefe do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental por quatro anos.

Para a Capes (Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), fui convidado inicialmente para ser o adjunto do então Coordenador das Engenharias I, Prof. Vahan Agopyan (USP), por dois períodos (2002 a 2004; e 2005 a 2007), e depois fui o Coordenador da Área de Engenharias I (2008 a 2010) por indicação dos coordenadores de PPG do Brasil. Na Capes, participei de quatro Avaliações dos PPG do Brasil na área de Engenharias I (Civil, Construção, Hidráulica, Construção Civil, Eng. Urbana, Estruturas, Geotecnia, Recursos Hídricos, Saneamento e Transportes), quando tive oportunidade de conhecer bem os PPG brasileiros da área, inclusive com muitas visitas “*in loco*”. Participei também do CTC (Conselho Técnico Científico) da Capes neste período.

No CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), fui convidado pelo então presidente do CNPq, Professor Glaucius Oliva (USP – São Carlos), e fui o Diretor de Engenharias, Ciências Exatas, Humanas e Sociais de 2011 a 2015, época de implantação do “Ciências Sem Fronteiras”, quando cerca de cem mil alunos e pesquisadores de todos os níveis realizaram estágios no exterior, e de projetos bem interessantes como, por exemplo, com a parceria com Ministério das Mulheres do Governo Dilma e com a Petrobras e outras empresas, a seleção, em todo o Brasil, de meninas de escolas públicas de primeiro grau e de segundo grau para receberem bolsas para que se dedicassem às áreas de Ciências Exatas, Computação e Engenharias, projetos estes que foram continuados e replicados e que apresentam ótimos resultados até hoje, como observado em julho passado em Brasília durante a reunião anual da SBPC (Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência) na UnB.

**IBRACON – COMO PROFISSIONAL QUE OCUPOU RECENTEMENTE CARGOS DE DIREÇÃO/ASSESSORAMENTO NA CAPES E NO CNPq, QUAL É SUA VISÃO DA ATUAL ABORDAGEM DE AVALIAÇÃO DAS PESQUISAS E DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO BRASILEIROS?**



Laje posicionada para ensaio de punção

**G. S. S. A. M.** – A avaliação dos Programas de Pós-Graduação (PPG) no Brasil é realizada pela Capes regularmente desde a década de 70, é reconhecida e admirada em todo o mundo. Quem dera o Brasil tivesse em todos os níveis de ensino uma avaliação com a qualidade e regularidade da realizada pela Capes nos PPG brasileiros. São pelo menos três exemplos brasileiros admirados no exterior nesta área: a avaliação dos PPG, o Portal de Periódicos da Capes, e a Plataforma LATTES do CNPq.

A avaliação realizada pela Capes contribui para o controle da qualidade dos PPG e retrata regularmente a situação e o desempenho da pós-graduação no país. O foco é na avaliação dos PPG e não nos pesquisadores, sendo que as pesquisas e publicações com o envolvimento dos alunos têm mais peso, pois a Pós-Graduação em Engenharia tem como objetivo formar profissionais qualificados e avançar o conhecimento da área para o desenvolvimento Científico e Tecnológico. Muito importante também na avaliação é a aderência das pesquisas realizadas e a abrangência da estrutura curricular com a Proposta do Programa, bem como a inserção do PPG com a comunidade, principalmente na resolução de problemas locais, regionais ou nacionais, quando possível com o registro de Patentes que possam ser comercializadas. Outro ponto de peso considerado, principalmente para os Programas de maior destaque, é a chamada Inserção Internacional dos PPG, quando a interação com a comunidade técnica e científica, com

PPG e com pesquisadores de ponta no exterior é avaliada. A avaliação das pesquisas é realizada pela Capes dentro deste contexto, com a avaliação das atividades realizadas, pesquisas, publicações, resultados obtidos na interação com a comunidade etc. fundamentalmente com a participação dos alunos. Já, a avaliação das pesquisas realizada pelo CNPq é mais focada nos pesquisadores e não nos PPG, mas obviamente com as mesmas preocupações com a resolução dos problemas locais, regionais ou nacionais, quando possível com o registro de patentes que possam ser comercializadas, com o impacto e abrangência da divulgação dos resultados e com a interação com a comunidade técnica e científica e pesquisadores de ponta no Brasil e no exterior. O CNPq coordena todo o processo de avaliação, mas quem avalia os projetos de pesquisa e demais solicitações é a própria comunidade técnica, pois usualmente todos os projetos são avaliados inicialmente por três pareceristas “ad hoc”, e, depois, o Comitê Assessor (CA), composto por profissionais de todo o Brasil reconhecidos na área e com mandato, consolida os resultados dentro da disponibilidade financeira de cada Chamada ou Edital. Em conclusão, eu diria que as pesquisas realizadas no Brasil são bem avaliadas pela Capes e pelo CNPq, em um processo que continuamente está sendo melhorado e monitorado.

#### **IBRACON – É RAZOÁVEL QUE OS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DEEM TANTO PESO À PESQUISA ACADÊMICA E TÃO POUCO PESO À PESQUISA APLICADA?**

**G. S. S. A. M.** – A pesquisa que é sempre bem avaliada em engenharia é a pesquisa de qualidade e que resolve problemas de engenharia, e não existe distinção entre “acadêmica” e “aplicada”.

O que normalmente é requerido pelos Programas de Pós-graduação (PPG) em Engenharia e em todos os PPG de uma maneira geral é que os resultados das pesquisas sejam divulgados da melhor maneira e com o maior impacto possível, quando possível com o registro de patentes, para que possam ser comercializadas, pois envolvem usualmente recursos fornecidos pelas Agências de Fomento (CAPES, CNPq, FAPESP, FAP-DF, FAPEMIG, etc.). Isto porque, com as bolsas dos alunos e eventualmente os recursos específicos para a realização das pesquisas, as agências têm como objetivo divulgar os resultados para que toda a comunidade acadêmica e profissional possa usufruir desses resultados, multiplicando o alcance das pesquisas realizadas, como realizado em todo o mundo.



*Mapeamento de fissuras e carga última*



DIRIA QUE AS PESQUISAS REALIZADAS NO BRASIL SÃO BEM AVALIADAS PELA CAPES E PELO CNPQ, EM UM PROCESSO QUE CONTINUAMENTE ESTÁ SENDO MELHORADO E MONITORADO



“ A PESQUISA QUE É SEMPRE BEM AVALIADA EM ENGENHARIA É A PESQUISA DE QUALIDADE E QUE RESOLVE PROBLEMAS DE ENGENHARIA, NÃO HAVENDO DISTINÇÃO ENTRE 'ACADÊMICA' E 'APLICADA' ”

Felizmente, praticamente em todos os PPG brasileiros, temos pesquisadores que conseguem ultrapassar todas as etapas com ótimos resultados:

- ▶ as pesquisas realizadas na USP orientadas pelo Prof. Paulo Helene desde a década de 80 na área de Materiais e Patologia das Estruturas e pelo Prof. Tulio Bittencourt na área de Análise Experimental e Monitoramento de Estruturas;
  - ▶ as pesquisas realizadas na USP de São Carlos em Estruturas Pré-moldadas sob orientação do Prof. Mounir El Debs e pelo Prof. Guilherme Parsekian na área de Alvenaria Estrutural, na Universidade Federal;
  - ▶ as pesquisas realizadas na COPPE/UF RJ pelos Profs. Romildo Toledo e Eduardo Fairbairn na área de Novos Materiais e Materiais Cimentícios, para utilização na Construção Civil e na Engenharia de Petróleo, e as pesquisas realizadas pelo Prof. Ronaldo Battista na área de Dinâmica de Estruturas, que possibilitaram a utilização, sem interrupção da ponte Rio Niterói, mesmo com grandes ventos, e as dos Profs. Nelson Ebecken e Breno Jacob na área de Estruturas Offshore;
  - ▶ as pesquisas realizadas na PUC-RJ pelos Profs. Marcello Gattass e Luiz Fernando Martha sobre os desafios da exploração de petróleo em águas profundas;
  - ▶ os trabalhos desenvolvidos na UFPE pelo Prof. Bernardo Horowitz na área de Otimização e Programação Matemática e pelo Prof. Romilde Oliveira na área de Recuperação de Edificações em Alvenaria e de Confiabilidade Estrutural;
  - ▶ pelo Prof. Luiz Roberto Prudêncio Junior (UFSC), em Argamassas e Concretos Especiais, como vimos recentemente em uma entrevista em um número anterior desta revista;
  - ▶ pelo Prof. Geraldo Isaia (UFMS) sobre Durabilidade, Adições Minerais e Pozolanas;
  - ▶ pelo Prof. Acir Mércio (UFRGS) sobre os Efeitos do Vento sobre Edificações;
  - ▶ pelo Prof. Ronaldo Gomes (UFG) em punção de lajes e reforço de estruturas.
- Da nova geração, destacaria, dentre muitos, os professores Alessandra Carvalho (PUC-GO), Denio Oliveira (UFPA), Galileu Santos (DNIT), Leandro Trautwein (UNICAMP), Marcos Honorato Oliveira (UnB), Maurício Ferreira (UFPA), Nívea Albuquerque (UFPA) e Rodrigo Lameiras (UnB), em diversas áreas relacionadas com a utilização do concreto estrutural em edificações.

Em conclusão, diria que temos, em todo o Brasil, nos PPG, pesquisadores em nível internacional em todas as áreas, mas precisamos nos preocupar ainda mais em publicar os resultados dessas pesquisas de maneira a alcançar o maior impacto possível e de registrar as patentes quando pertinente.

E aproveito a oportunidade para sugerir, aos alunos de doutorado, que sempre que possível, façam parte de seus cursos no exterior (Doutorado Sanduíche), pois é incrível como os alunos voltam mais experientes e maduros, bem mais imbuídos da necessidade de se divulgar apropriadamente os resultados das pesquisas realizadas, e a parceria com pesquisadores experientes de outros centros costuma aumentar a visibilidade das pesquisas realizadas no Brasil.

**IBRACON – COMO VOCÊ VÊ A TENDÊNCIA DE AUTOAVALIAÇÃO DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO?**

**G. S. S. A. M.** – Há muito tempo que nas avaliações da Capes é solicitada uma autoavaliação pelos Programas de Pós-graduação, e este “exercício” é sempre válido, permitindo que os PPG possam identificar suas deficiências ou pontos que possam ser melhorados e se planejarem para que possam evoluir sempre.

**IBRACON – POR QUE O SISTEMA ATUAL DE AVALIAÇÃO DOS PESQUISADORES BRASILEIROS NÃO INCORPOROU CRITÉRIOS COMO SUA PARTICIPAÇÃO EM COMISSÕES DE ESTUDO DE NORMAS TÉCNICAS OU NÃO DEU AINDA O DEVIDO PESO A CRITÉRIOS COMO O DE AUTORIA NA PRODUÇÃO DE LIVROS, MANUAIS DIDÁTICOS E ARTIGOS TÉCNICOS PUBLICADOS EM REVISTAS NACIONAIS DE DIVULGAÇÃO TECNOLÓGICA NÃO INDEXADAS, TÃO IMPORTANTES PARA A DISSEMINAÇÃO DO CONHECIMENTO?**

**G. S. S. A. M.** – Primeiramente, devemos saudar os participantes de comissões de estudo em normas, trabalho usualmente árduo e não remunerado, e sem o reconhecimento devido pelos colegas, nos locais onde trabalham etc.

A mesma coisa com a produção de livros, afinal bons livros são sempre bem-vindos, sejam os trabalhos que procurem entender e explicar o real comportamento das estruturas ou de inovações tecnológicas na Construção Civil, pois, além de fornecerem suporte para o desenvolvimento de projetos mais racionais, propiciam importante suporte para o ensino em todos os níveis. Já, os artigos publicados em revistas nacionais de

divulgação tecnológica são muito importantes para a disseminação do conhecimento, como sabemos. Tudo que os professores e pesquisadores realizam com a participação dos alunos e que sejam relacionados à Proposta do Programa e às áreas do PPG “contam ponto” na avaliação, seja em itens tipo maturidade do corpo docente, cooperação com a comunidade etc.

**IBRACON – POR QUE É DADO PESO TÃO GRANDE PARA ARTIGOS / TEMAS CIENTÍFICOS NA CLASSIFICAÇÃO DAS REVISTAS PELO QUALIS/CAPES E TÃO PEQUENO PARA ARTIGOS TÉCNICOS E TECNOLÓGICOS?**

**G. S. S. A. M.** – Os artigos técnicos e tecnológicos que apresentem abordagens, análises e a resolução de problemas de engenharia, e que avançam o conhecimento da área e empurram a fronteira do conhecimento para o desenvolvimento Científico e Tecnológico são bem avaliados normalmente e isso vai depender muito da visibilidade e da reputação que as revistas (ou *Journals*) têm na comunidade técnica especializada. Por exemplo, Revistas, como a RIEM (*IBRACON Structures and Materials Journal*), ligada ao IBRACON, entidade com 50 anos de ótimos serviços prestados à comunidade brasileira, costumam ter uma boa avaliação, até para que seja induzida e incentivada a sua utilização pelos PPGs e comunidade técnica especializada. E para que se utilizem mais revistas brasileiras e seja incentivada a publicação nelas é dado até um peso maior, quando comparado com outras revistas.

**IBRACON – NA ATUAL CONJUNTURA DE FORÇAS NA CAPES/CNPQ, HÁ MOVIMENTAÇÕES NO SENTIDO DE UMA EVOLUÇÃO DOS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO, DAS PESQUISAS E DOS PESQUISADORES?**

**G. S. S. A. M.** – Como já falado, participei regularmente das atividades da avaliação de PPG da Capes de 2001 a 2011, primeiro como coordenador adjunto e depois como coordenador, e pontualmente da comissão de avaliação dos PPG em 2017, mas posso dizer que os critérios de avaliação dos PPG estão de uma maneira geral sempre evoluindo, procurando reconhecer e quantificar todas as atividades e resultados que efetivamente contribuam e incentivem a formação de recursos humanos de qualidade e a resolução de problemas de engenharia e a sua correta divulgação da maneira mais efetiva.

E diria que o mesmo cuidado e reconhecimento que devemos ter com os participantes de comissões de norma, devemos ter com os participantes das avaliações de PPGs, um trabalho também extenuante e fundamental.

**IBRACON – CONSIDERANDO QUE VOCÊ TEM PARTICIPADO E REPRESENTADO O BRASIL EM EVENTOS TÉCNICOS E ACADÊMICOS DENTRO E FORA DO BRASIL, QUAL A IMAGEM DA ENGENHARIA DE CONCRETO BRASILEIRA NO EXTERIOR?**

**G. S. S. A. M.** – A engenharia de concreto brasileira tem uma imagem muito boa no exterior, haja visto o interesse continuado do ACI (*American Concrete Institute*) e da *fib* (*International Federation for Structural Concrete*) de interagirem com a comunidade técnica brasileira. O ACI, como sabemos, participa das reuniões anuais do IBRACON há mais de 20 anos e sempre abre espaços para as participações brasileiras em suas convenções nos EUA.

Uma ótima medida do reconhecimento da engenharia nacional foi a indicação recente da estimada engenheira Íria Lícia Oliva Doniak, presidente executiva da Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto (ABCIC) e representante brasileira no Conselho da *fib* como vice-presidenta desta entidade, a primeira mulher e a primeira brasileira a assumir um cargo desta importância e relevância, e, de certa forma, coroando a representação brasileira, que teve ainda no início do CEB, precursor da *fib* os professores Telemaco Langendonck (USP), Fernando Lobo Carneiro (COPPE/UFRJ) e Augusto Vasconcelos (USP) como representantes. E como tradição da *fib*, a Engenheira Dra. Íria Doniak deverá ser a próxima presidente. Quer reconhecimento maior que este?

**IBRACON – O QUE VOCÊ ACHA DO PAPEL DE ENTIDADES DE PROFISSIONAIS COMO O IBRACON? QUANDO COMEÇOU A PARTICIPAR DE SEUS EVENTOS?**

**G. S. S. A. M.** – O IBRACON e os demais institutos e entidades de profissionais são fundamentais para a evolução, correta utilização e disseminação dos conhecimentos e desafios enfrentados pela área.

Minha primeira participação em evento organizado com o apoio do IBRACON foi, em 1977, na UnB, no terceiro ano de graduação, em um evento sobre “Dosagem de Concreto”, organizado pela Profa. Moema Ribas Silva e os Profs. Danilo Sili Borges e Marcello da Cunha Moraes. Já, em 1978, teve um evento sobre “Patologia, Recuperação e Observação de Estruturas de Concreto” e, no início de 1979, teve outro evento para a divulgação da então nova norma de concreto, a NB1-78 (depois, NBR 6118).



PRECISAMOS NOS PREOCUPAR AINDA MAIS EM PUBLICAR OS RESULTADOS DESSAS PESQUISAS DE MANEIRA A ALCANÇAR O MAIOR IMPACTO POSSÍVEL E DE REGISTRAR AS PATENTES QUANDO PERTINENTE



TUDO QUE OS PROFESSORES E PESQUISADORES REALIZAM COM A PARTICIPAÇÃO DE ALUNOS E QUE SEJAM RELACIONADOS À PROPOSTA DO PROGRAMA E ÀS ÁREAS DO PPG 'CONTAM PONTO' NA AVALIAÇÃO

A minha primeira REIBRAC foi a de Brasília em 1993. Já como professor e tendo ajudado um pouco na organização. Tenho participado de muitas desde então, de Bento Gonçalves a Fortaleza, de Goiânia a Salvador, além de incentivar os alunos a enviarem artigos, a participarem presencialmente e a competirem no concurso de melhores dissertações e teses na área. Na participação dos congressos do IBRACON, tenho que destacar as sempre simpáticas e instrutivas participações do Prof. Laranjeiras, da Bahia, dos engenheiros Palmeira, do Maranhão, e Nelson Covas e Alio Kimura, da TQS, e do saudoso e querido Prof. Vasconcelos. Por isso tudo e por tudo mais, queria encerrar esta entrevista agradecendo a oportunidade e ao IBRACON, e desejando que os próximos 50 anos sejam ainda mais exitosos!!

**IBRACON – O QUE VOCÊ FAZ EM SEU TEMPO LIVRE, FORA DO TRABALHO?**  
**G. S. S. A. M.** – Procuo manter a estrutura do corpo saudável e funcional dentro do possível para a minha faixa etária com caminhadas, bicicleta

ergométrica e alguma musculação. Para diversão, gosto muito de ir ao cinema, de preferência fora de grandes shoppings, ao teatro e a shows de música, para os quais tenho gosto eclético – estou sempre ouvindo chorinho, frevo, samba e MPB em geral, além de Beatles, música clássica, jazz etc. E carnaval, que, para minha mulher e eu, é coisa séria, seja desfile de bloco de samba, frevo, escola de samba, etc. no Rio de Janeiro, Recife ou Olinda, e até “me esforçando” em algum instrumento, quando deixam. 📺

## Prática Recomendada IBRACON/ABECE

### Projeto de Estruturas de Concreto Reforçado com Fibra



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

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

### Patrocínio



### DADOS TÉCNICOS

ISBN: 978-85-98576-26-8

Edição: 1ª edição

Formato: Eletrônico

Páginas: 39

Acabamento: Digital

Ano da publicação: 2016

Coordenador: Eng. Marco Antonio Carnio

### Aquisição

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

# Os marcos de gestão do IBRACON de 2009 a 2019

FÁBIO LUÍS PEDROSO – EDITOR, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5848-8710> – [fabio@ibracon.org.br](mailto:fabio@ibracon.org.br)

A seção comemorativa dos 50 anos do IBRACON encerra-se com o resgate das gestões dos três últimos ex-presidentes.

## JOSÉ MARQUES FILHO FOCOU SUA GESTÃO NA QUALIFICAÇÃO PROFISSIONAL E NA SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO

José Marques Filho formou-se em engenharia civil pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo em 1980. Com experiência na área de projeto e construção de barragens de concreto, foi engenheiro no Consórcio Nacional de Engenheiros Consultores (CNEC), Companhia Energética de São Paulo (CESP) e na Companhia Paranaense de Energia (COPEL), entre outras.

Sua relação com as atividades do IBRACON começou ainda quando era estudante participando das edições do Congresso Brasileiro do Concreto, inclu-

sive com a apresentação de trabalhos técnico-científicos. Com suas pesquisas na área de barragens e estudos sobre a reação álcali-agregado, quando já era professor da Universidade Federal do Paraná e colaborador do Comitê Brasileiro de Grandes Barragens, acabou coordenando seminários sobre o tema no Congresso do IBRACON, sendo, por fim, convidado para assumir a diretoria da Regional do Paraná.

Seu excelente relacionamento com Rubens Bittencourt acabou por render-lhe o convite para ser presidente do Instituto Brasileiro do Concreto de 2009 a 2011, que ele aceitou após uma conversa encorajadora com o Prof. Augusto Carlos de Vasconcelos.

### Programa de certificação incentivou normalização técnica de qualificação profissional

José Marques Filho inicia sua gestão com as metas de reativar os comitês téc-

nicos, estreitar relacionamentos com a Associação Brasileira de Normas Técnicas e entidades técnicas, fortalecer as Diretorias Regionais do IBRACON, aproximar o Instituto das Escolas de Engenharia, tornar a vice-presidência uma diretoria mais atuante e focar na sustentabilidade da cadeia produtiva do concreto.

Após a reunião do conselho diretor de março de 2010, o vice-presidente Túlio Bittencourt saiu com a incumbência de elaborar um plano anual para o funcionamento das Regionais do IBRACON. Deste trabalho inicial resultou a criação de um novo regulamento das Regionais, com metas para incremento de associados, controle financeiro centralizado na sede do IBRACON e crédito inicial para fomentar as atividades, que foi implementado no final de 2010.

“Havia uma dependência significativa do setor elétrico como fonte de receitas e uma diminuição delas devido à competição de eventos no setor construtivo. Considerou-se, neste contexto, que as Regionais do IBRACON seriam vetores de crescimento do quadro de associados e de mobilização das empresas regionais para apoiar os eventos. Por isso, ao vice-presidente foi dada a missão de renovar e animar as atividades regionais”, explicou José Marques Filho sobre esta meta de sua gestão.

Por sua vez, capitaneada pelo Núcleo de Qualificação e Certificação de Pessoal (NQCP) do IBRACON, gerido pelo diretor de certificação de mão de obra, Julio Timerman, foi formada, em fevereiro de 2010, a Comissão de Estudos de Controle Tecnológico do Concreto – Qualificação de Pessoal para revisar a norma brasileira ABNT NBR 15146:2004 Controle Tecnológico do Concreto – Qualificação de Pessoal.

A ABNT NBR 15146 regulamenta a qualificação profissional de quem



Candidato realiza prova prática para obter a certificação do IBRACON



realiza o controle tecnológico do concreto, exigindo do profissional requisitos técnicos mínimos para o bom desempenho ocupacional.

O Programa de Qualificação e Certificação de Pessoal do IBRACON tinha interesse em revisar a norma para intensificar seu processo de certificação de auxiliares de laboratório, laboratoristas, tecnologistas e inspetores, uma vez que o conteúdo normativo dessas categorias profissionais precisava ser atualizado em termos de experiência profissional, grau de escolaridade e procedimentos de ensaios.

A coordenação dos trabalhos de revisão na Comissão coube ao Prof. Simão Prizskulnik, sócio-fundador do IBRACON.

O Instituto via seu programa de certificação de mão de obra como instrumento estratégico para atender as necessidades crescentes do mercado brasileiro da construção em crescimento econômico sustentado e carente de profissionais qualificados. Por meio do programa, o IBRACON via uma contribuição importante para assegurar para o mercado profissionais melhor preparados, que contribuiriam com menos



desperdícios de materiais, menos retrabalhos, maior durabilidade das obras e menos atrasos dos cronogramas.

Em 20 de agosto de 2010, o projeto de revisão da norma ficou pronto e foi disponibilizado para Consulta Nacional no site da ABNT. O projeto de revisão da norma foi aprovado em 23 de novembro. A norma entrou em vigor em 2011.

A Comissão de Estudos manteve-se ativa, reunindo-se periodicamente para elaborar as partes adicionais da norma. A parte 2 – Pavimentos de concreto foi publicada em novembro de 2011 e começou a valer no mês seguinte. Já, a parte 3 – Pré-moldados de concreto foi publicada e começou a valer no segundo semestre de 2012.

O balanço financeiro do Programa de Certificação do IBRACON em 2010 continuou no vermelho. As despesas com a aquisição de normas técnicas, com as auditorias do INMETRO e outros custos fixos não cobriam as receitas com inscritos no programa, que, naquele ano, examinou 29 profissionais e emitiu 49 certificados.

Diante desse cenário, o conselho diretor, entendendo que o programa era estratégico para o IBRACON no longo prazo e importante para o país, deliberou pela sua continuidade, mas que fosse estendido para outras áreas além do controle tecnológico, como a segurança de barragens e a inspeção de estruturas de concreto.

Assim sendo, em 2011, foi formada uma Comissão de Estudo, capitaneada pelo NQCP, para elaborar um projeto de norma de inspeção de estruturas de concreto – qualificação e certificação de pessoal, no âmbito da ABNT.

### **Congressos bateram recordes e trouxeram a construção sustentável para discussão**

As duas edições do Congresso Bra-

sileiro do Concreto que marcaram a presidência de José Marques bateram recordes e focaram a sustentabilidade.

O 52º Congresso Brasileiro do Concreto, realizado em Fortaleza, reuniu 1381 participantes e 30 empresas patrocinadoras. Nele foram apresentados 183 trabalhos em sessões orais e 293 trabalhos técnico-científicos em sessões pôsteres.

“Dois fatores explicam o crescimento contínuo do Congresso Brasileiro do Concreto. Ele reúne o setor produtivo como um todo para discutir o material concreto, no sentido de melhorar sua aplicação, propiciando o desenvolvimento e a inovação. E consiste num importante momento de interação do setor produtivo com o acadêmico, onde cada parte entra em contato com as necessidades da outra, com suas atividades, contribuindo sinergicamente para que caminhem juntas no solucionamento das questões postas pelo crescimento econômico e sustentável”, avaliou José Marques no encerramento do evento.

Exemplo dessa sinergia entre a academia e o mercado foi o lançamento da segunda edição do livro “Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais”. Sob coordenação do professor da Universidade Federal de Santa Maria, Dr. Geraldo Cechella Isaia. A obra é um compilado de textos sobre materiais de construção, escritos por pesquisadores brasileiros dos diversos segmentos do setor construtivo. Os dois volumes foram distribuídos gratuitamente a todos os congressistas inscritos, graças ao patrocínio de empresas do setor.

O 52º Congresso Brasileiro do Concreto voltou-se às novas tecnologias do concreto para o desenvolvimento sustentável, tema presente na palestra inaugural, nos trabalhos técnico-científicos e no Seminário de Sustentabilidade na Cadeia Produtiva do Concreto,



*Prof. José Marques Filho palestrando no Seminário Copel de Sustentabilidade no 52º Congresso Brasileiro do Concreto*

que contou com palestra do presidente do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente no Brasil, Prof. Haroldo Mattos de Lemos.

No final do Seminário, o presidente do IBRACON firmou o compromisso de desenvolver um índice holístico para a cadeia produtiva do concreto avaliar os pontos fortes e fracos com relação à sustentabilidade.

O 53º Congresso Brasileiro do Concreto contou com 1290 participantes e a apresentação de 524 trabalhos técnico-científicos. A avaliação desses artigos coube a 74 profissionais da Comissão Científica do evento, coordenados pela diretora de Pesquisa e Desenvolvimento, Profa. Ângela Masuero, e auxiliada pelas professoras Ana Elisabete Jacintho e Mônica Pinto Barbosa, e pelo diretor de eventos, Eng. Luiz Prado Vieira Júnior.

Uma vez mais os congressistas foram brindados com a lançamento do livro "Concreto: Ciência e Tecnologia", editado pelo Prof. Geraldo Isaia, distribuído como cortesia.

Em 2005, o IBRACON lançou o livro "Concreto: Ensino, Pesquisa e Realização", que reuniu o conhecimento da engenharia brasileira sobre os mais variados aspectos sobre o concreto. Passados seis anos, a diretoria resolveu lançar nova edição, mais completa e atualizada, incumbindo novamente o Prof. Geraldo Isaia para o feito, que contou com o auxílio do ex-presidente e idealizador da primeira edição, Prof. Paulo Helene, cabendo à Enga. Inês Battagin a revisão da citação de normas.

Devido aos avanços teóricos e práticos ocorridos nesses seis anos na ciência e tecnologia do concreto, em especial quanto ao estudo da microestrutura do concreto e às práticas de sustentabilidade e às inovações na cadeia produtiva do concreto, a obra foi totalmente reformulada, ganhando novo título.

Em razão de um acordo de cooperação internacional para a realização conjunta de eventos técnicos, para a participação recíproca de seus membros em seus Comitês Técnicos e para a aquisição, com descontos, de suas publicações, entre RILEM (União dos



*Autores do livro CONCRETO Ciência e Tecnologia posam para foto no 53º Congresso Brasileiro do Concreto*

Laboratórios e Consultores em Materiais, Sistemas e Estruturas da Construção) e IBRACON, assinado em 2010, as entidades organizaram conjuntamente o Simpósio Internacional RILEM-IBRACON sobre Avaliação, Proteção e Reabilitação de Estruturas de Concreto com Corrosão de Armaduras no 53º Congresso Brasileiro do Concreto, que contou com palestra do então presidente da RILEM, Peter Richner.

O evento, realizado sob a bandeira das pesquisas e inovações para a construção sustentável, realizou a terceira edição do Seminário de Sustentabilidade da Cadeia Produtiva do Concreto, cuja ênfase foi a discussão dos Eurocódigos, na figura do presidente do Laboratório Nacional de Engenharia Civil de Portugal (LNEC), Eng. Carlos Alberto de Brito Pina.

Os Eurocódigos são um conjunto de normas europeias para projetos de estruturas no âmbito da União Europeia. A importância de sua discussão no Seminário de Sustentabilidade é porque eles incorporam aspectos sustentáveis, como durabilidade das estruturas, reciclagem de produtos da construção e análise de custos do ciclo de vida das obras civis, entre seus objetivos normativos, servindo de referência para a normalização brasileira.

Além disso, na Segunda Conferência Internacional sobre as Melhores Práticas em Pavimentos de Concreto, Jamshid Armaghani, pesquisador da *Global Sustainable Solutions*, e Shiraz Tayabji, engenheiro

da Fugro Consultants, trouxeram tecnologias inovadoras e sustentáveis para a construção e manutenção de pavimentos de concreto.

"As palestras sobre sustentabilidade nas edições do Congresso Brasileiro do Concreto foram um vetor importante para potencializar as pesquisas sobre o tema nas universidades e as discussões técnicas no setor", posicionou-se José Marques.

Sua presidência foi brindada com três novas conquistas para o IBRACON: a Revista IBRACON de Estruturas e Materiais (RIEM) passou a ser indexada no SciELO (*Scientific Electronic Library Online*), biblioteca eletrônica científica on-line de livre acesso; foram reativadas duas Comissões de Estudo no CB-18 – Concreto Massa e Concreto Compactado com Rolo – da ABNT; e a carta sobre segurança das barragens, encampada por entidades técnicas, entre as quais o IBRACON, bem como a reunião com o ministro de infraestrutura na época, da qual José Marques participou, teve como desfecho a promulgação da Lei de Segurança de Barragens – Lei Federal 12.334/10.

### **TÚLIO BITTENCOURT REATIVOU OS COMITÊS TÉCNICOS, RENOVOU O PROGRAMA DE CURSOS E LANÇOU PUBLICAÇÕES TÉCNICAS**

Formado em engenharia civil pela Universidade de Brasília, em 1984, com mestrado pela PUC-Rio (1988) e doutorado pela Cornell University

(1993), Túlio Nogueira Bittencourt é professor titular da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo desde 1996.

Na segunda gestão de José Zamarion como presidente do IBRACON (1995-1997), o Prof. Túlio Bittencourt foi convidado para integrar a Comissão Científica do Congresso Brasileiro do Concreto. Desde 2003, a convite do Prof. Paulo Helene, ele vem atuando em cargos de direção no Instituto Brasileiro do Concreto, e em 2011, foi eleito presidente, sendo reeleito em 2013, para mandato de mais dois anos.

“Como jovem pesquisador, estava sendo formado pela velha guarda do IBRACON para ser presidente, passando por suas várias instâncias de administração. De modo que, assumir a presidência do IBRACON foi como uma missão e motivo de orgulho para mim”, declarou Túlio Bittencourt quando perguntado por que quis ser presidente do Instituto.

#### **Reestruturação do programa de educação continuada e dos comitês técnicos**

Túlio Nogueira Bittencourt expôs suas metas de gestão em editorial da edição 65 da Revista CONCRETO &



Construções, que, pela primeira vez, se tornou autossustentável, ao fechar, um sistema anual de cotas de patrocínio com 20 empresas/instituições, criado e coordenado pelo diretor de publicações e divulgação técnica, Eng. Hugo Rodrigues.

Entre essas metas, coube à diretora de cursos, Eng<sup>a</sup>. Íria Doniak, propor a atualização do Regulamento do Programa Master PEC (Master em Produção de Estruturas de Concreto), sistema de educação continuada na área de engenharia do concreto, criado em 2005, composto por disciplinas que abordam projeto, produção, execução, controle e manutenção de estruturas de concreto.

O novo regulamento evidenciou que o Programa Master PEC é um curso de extensão e ampliou a oferta de disciplinas na medida em que passou a contar com cursos oferecidos por entidades técnicas, desde que seus conteúdos e instrutores fossem previamente aprovados pelo IBRACON. Para que as disciplinas fossem ofere-

cidas a um custo acessível aos alunos, elas poderiam ser patrocinadas por empresas, associadas ou não ao IBRACON.

Como o novo regulamento do Programa Master PEC ficou pronto e foi aprovado apenas no segundo semestre de 2012, foram viabilizados quatro cursos naquele ano, três patrocinados por empresas associadas (Estruturas pré-fabricadas de

concreto; Sustentabilidade na Construção Civil; e Tecnologia de Aditivos e Adições) e um apoiado pelo CNPq – este desenvolvido no âmbito da parceria IBRACON-RILEM (Concreto autoadensável).

Já, em 2013, foram 12 cursos oferecidos por quatro entidades parceiras, em São Paulo, Recife, Florianópolis, Rio de Janeiro e Brasília, além dos quatro cursos oferecidos pelo IBRACON no 55º Congresso Brasileiro do Concreto, em Gramado. Segundo balanço da diretoria, cerca de 40% dos cursos disponibilizados neste ano foram de entidades parceiras do IBRACON, como ABCP, ABCIC, ABECE e IDD. Foi, neste ano, que se criou o Selo Master PEC, para identificar os cursos do Programa.

Por sua vez, à diretora técnica, Eng<sup>a</sup>. Inês Battagin, coube propor um novo regulamento para o funcionamento dos Comitês Técnicos do IBRACON. Como principal mudança houve o estabelecimento do Comitê Técnico de Atividades (CTA), que passou a acompanhar, direcionar e apoiar os trabalhos dos comitês técnicos. O novo regulamento estabeleceu que o principal objetivo dos comitês técnicos é a elaboração de práticas recomendadas, publicações elaboradas por profissionais experimentados nos vários segmentos da cadeia produtiva do concreto, disseminadoras de conhecimento técnico e que sirvam de base para a normalização técnica nacional.

O novo regulamento estabeleceu que qualquer cidadão pode solicitar a criação de um comitê técnico ao CTA e que a composição deste pode ser mista, tal como a do CT 301 Projeto de Estruturas de Concreto, composto por associados do IBRACON e da ABECE (Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural).



*Alunos assistem a aula do Prof. Danilo Oliveira no curso Recomendações para pisos industriais, em Recife*

A intenção foi somar esforços e convergir para objetivos comuns com a colaboração de todos os interessados.

Em 2012, no 54º Congresso Brasileiro do Concreto, em Maceió, o evento marcou os 40 anos do Instituto Brasileiro do Concreto, ocasião em que seus sócios-fundadores foram homenageados. O evento contou com participação de 1092 congressistas, que puderam, pela primeira vez, realizar suas inscrições antecipadamente, de modo on-line. Outra novidade foi que os trabalhos apresentados nas sessões pôsteres passaram a ser avaliados por uma comissão julgadora, na presença de um dos autores do trabalho, sendo que os 10 artigos mais bem-avaliados passaram a ser premiados no Jantar de Confraternização.

Já, no 55º Congresso Brasileiro do Concreto, em Gramado, o meio técnico pode participar de quatro comitês técnicos instalados em 2013 e definir suas metas para 2014. Além disso, foram criados os Comitê Técnico de Durabilidade e Vida Útil (CT 302) e o Comitê de Atividades Estudantis (CT 801) – este último não tinha o propósito de publicar práticas recomendadas, mas de organizar os concursos estudantis do IBRACON, cuja adesão cada vez mais crescente do número de estudantes exigia maior coordenação por parte do Instituto.

A diretora técnica contribuiu também para dar maior rigor à escolha dos premiados ao Prêmio IBRACON de Destaques do Ano. Ela propôs uma comissão, formada pelo 2º vice-presidente, 1º secretário, diretor técnico e diretor de pesquisa e desenvolvimento, para escolher dois profissionais entre os indicados por categoria. Para fazer esta escolha, a comissão passou a avaliar o mérito dos candidatos com base numa série de questões formuladas. Por sua vez, o Conselho Diretor passou a escolher um ou nenhum entre os dois selecionados por categoria.

Foi durante a primeira gestão do Prof. Túlio Bittencourt que foi criado o Programa de Redução de Riscos e Aumento da Vida Útil de Estruturas



*Auditório lotado para assistir às palestras da Mesa-Redonda sobre inspeção e manutenção predial*

(Programa Edificação + Segura) pelo IBRACON, ALCONPAT (Associação Brasileira de Patologia das Construções) e ABECE, coordenado pela empresa NGI.

O Programa Edificação + Segura foi criado em abril de 2012, com o objetivo de produzir material técnico especializado, contendo procedimentos recomendados para projeto e execução visando maior durabilidade, orientações e regras para realização e interpretação de inspeções, e a montagem de cursos de capacitação de profissionais para realizar inspeções. Ele veio responder a aprovação de leis municipais de inspeção técnica de edifícios em uso para aferir seu desempenho e estado de conservação, no sentido de fomentar a especialização e a difusão do conhecimento técnico necessário para garantir a segurança e qualidade na construção e manutenção de estruturas de edifícios no país.

Ao IBRACON, coube direcionar seu Programa de Certificação de Pessoal para certificar inspetores de edificações. Já, a ALCONPAT e a ABECE, coube formatar e promover os cursos para qualificar os inspetores de edificações.

Desde 2008, o IBRACON vinha certificando profissionais que trabalham com controle tecnológico do concreto – auxiliares, laboratoristas, tecnologistas e inspetores de laboratórios de controle da qualidade do concreto. Desde lá, o Instituto, por meio de seu Núcleo de Qualificação e Certificação de Pessoal emitira 193 certificados, em nove categorias, por meio de 10 centros de exame e de 15 examinadores. Os certificados atestam que os profissionais dominam os conhecimentos exigidos para a realização das

atividades de controle tecnológico do concreto, como as especificações e os procedimentos de ensaios contidos nas normas técnicas.

Nesta nova fase, o IBRACON abriu um novo escopo de certificação: os inspetores de estruturas de concreto, com vistas a contribuir com o Programa Edificação + Segura, bem como estendê-lo para obras de infraestrutura.

Como desdobramento do Programa Edificação + Segura, foi realizado no 55º Congresso Brasileiro do Concreto, em Gramado, onde participaram 1351 congressistas de todos os estados do Brasil e do exterior, uma mesa-redonda sobre inspeção e manutenção predial.

### **Marcos da segunda gestão**

A segunda gestão do Prof. Túlio Bittencourt começou com seu afastamento por questões médicas por seis meses. Assumiu interinamente a presidência do IBRACON o primeiro vice-presidente, Eng. Julio Timerman.

Em associação com entidades técnicas, o IBRACON organizou e participou de eventos do setor construtivo. Com a ABCIC, o Instituto organizou o Seminário "Projeto, Construção, Sistemas Construtivos e Manutenção de Obras de Infraestrutura Viária e Mobilidade Urbana" na Brazil Road Summit, programa de conferências técnicas da Brazil Road Expo 2014, em São Paulo. Com a mesma entidade, participou também da ConstruBR 2014, em São Paulo, evento que debateu as melhores práticas do setor quanto à inovação, tecnologia, gestão e produtividade.

O Programa Edificação + Segura iniciou seu curso de capacitação em

inspeção de estruturas de concreto em maio, com turmas em São Paulo e Porto Alegre.

Com carga horária de 62 horas e aulas ministradas por profissionais ligados às entidades promotoras do Programa (inclusive diretores do IBRACON), o curso qualificou 47 profissionais em 2014.

Cumprindo sua missão de divulgar conhecimento técnico e científico sobre o concreto para os agentes da cadeia produtiva do concreto, o IBRACON lançou no 56º Congresso Brasileiro do Concreto, em Natal, em 2014, dois livros.

A segunda edição brasileira do livro "Concreto: microestrutura, propriedades e materiais", dos professores da Universidade da Califórnia, em Berkeley, Kumar Mehta e Paulo Monteiro, obra publicada em mais de 10 países. Seu autor, Paulo Monteiro, além de proferir palestra magna no evento, participou de tarde de autógrafos no lançamento do livro.

A primeira edição brasileira do livro "Durabilidade do Concreto: bases científicas para formulação de concretos duráveis de acordo com o ambiente", tradução da obra francesa que condensa o conhecimento e a experiência de parte importante da comunidade europeia sobre a durabilidade do concreto.



Dez comitês técnicos estavam ativos na segunda gestão de Túlio Bittencourt, alguns com vários subcomitês. O CT 101 Gestão Ambiental de Concreto e Estruturas de Concreto foi criado no 56º Congresso Brasileiro do Concreto a partir do antigo CT 206 Meio Ambiente para fortalecer a atuação brasileira nos trabalhos do ISO/TC71/SC8 *Environmental Management for Concrete Structures*. "A mudança explicitou o foco de atuação do comitê", esclareceu Túlio Bittencourt sobre a alteração da denominação.

O CT 801 Atividades Estudantis realizou pela primeira vez no 56º Congresso Brasileiro do Concreto o Concurso Concreto Colorido de Alta Resistência (Cocar), cujo objetivo é testar as habilidades dos estudantes em produzir concretos coloridos e resistentes. Criado também no Congresso, o CT 402 Ensaio não Destrutivos em Estruturas de Concreto tem o objetivo de propor a revisão das normas brasileiras e novas metodo-

logias para inspecionar as estruturas sem danificá-las.

Neste evento foi realizado também a primeira edição do Seminário de Novas Tecnologias, espaço dedicado exclusivamente para apresentações técnico-comerciais dos patrocinadores do Congresso.

O CT 201 Reação Álcali-Agregado atuava na revisão de normas brasileiras para avaliação e prevenção da RAA em estruturas de concreto ABNT (ABNT NBR 15577) e preparava práticas recomendadas de prevenção, diagnóstico e medidas mitigadoras da RAA, além de estar envolvido na organização da Conferência Internacional sobre Reação Álcali-Agregado no Concreto (ICAAR 2016), a ser realizada em São Paulo.

O CT 701: Inspeção de Estruturas de Concreto foi responsável pelo texto-base da norma de Inspeção de Estruturas de Concreto – Qualificação e Certificação de Pessoal (ABNT NBR 16230:2013) e atuava na revisão da norma de prova de carga estática em estruturas de concreto (ABNT NBR 9607).

Pela primeira vez, o Congresso Brasileiro do Concreto é realizado em Mato Grosso do Sul, na cidade de Bonito, onde reuniu 708 participantes vindos de todas as regiões do país e do exterior, em 2015.

Neste evento, foram criados dois novos comitês técnicos: o CT 202 Concreto Autoadensável e o CT 303 Uso de Materiais Não Convencionais para Reforço Estrutural e Concreto Reforçado com Fibras.

O CT 202 Concreto Autoadensável vinha desenvolvendo desde março de 2015 um procedimento completo para as etapas de dosagem e caracterização dos materiais, ensaios no estado fresco, cuidados na execução e rastreabilidade do CAA, e chegou ao



Coordenador do CT 202, Prof. Bernardo Tutikian, apresentando o programa de atividades do comitê no 57º Congresso Brasileiro do Concreto, sendo observado pela diretora técnica, Inês Battagin, pelo presidente do IBRACON, Túlio Bittencourt, e pelo diretor de publicações, Paulo Helene

consenso sobre ele entre seus 55 integrantes, coordenados pelo professor Bernardo Tutikian. Este amadurecimento possibilitou o lançamento do e-book "Prática Recomendada IBRACON Concreto Autoadensável" no 57º Congresso Brasileiro do Concreto. A publicação traz os conceitos relacionados ao CAA, as recomendações para seleção dos materiais, os métodos de dosagem, os procedimentos de mistura, as recomendações para sua aceitação no estado fresco e para seu transporte, lançamento e rastreamento na obra.

No 57º Congresso Brasileiro do Concreto, o CT 301 Projeto de Estruturas de Concreto, que havia trabalhado na revisão da norma ABNT NBR 6118:2014, lançou a Prática Recomendada "Comentários e Aplicações da ABNT NBR 6118:2014". A Publicação foi produzida para auxiliar os profissionais de escritórios de projeto com comentários das seções da norma e exemplos de aplicação da norma recém-revisada.

Outra conquista do CT 303 foi ter obter a renovação do registro da ABNT NBR 6118:2014 como norma de validade internacional na *International Organizational for Standardization (ISO)*, em 2015, diante das novas exigências contempladas na ISO 19338, renovando o feito protagonizado em 2008, também pelas mãos do IBRACON.

Foi lançado ainda no 57º Congresso Brasileiro do Concreto o livro "Sistemas de Fôrmas para Edifícios: recomendações para a melhoria da qualidade e da produtividade com redução de custo", do Eng. Antonio Carlos Zorzi. A obra propõe diretrizes de racionalização para o emprego do sistema de fôrmas de madeira na execução de estruturas de concreto armado.

Outra novidade trazida no evento foi o *Concrete Lovers*, introduzido pela coordenadora Atividades Estudantis, Enga. Jéssika Pacheco, jantar temático e descontraído oferecido aos inscritos nos concursos estudantis do IBRACON e no Congresso, onde puderam interagir com renomados especialistas, participar de competi-



Estudantes assistem a mesa redonda com o Prof. Augusto Carlos Vasconcelos, Ruy Ohtake e Antônio Palmeira no Jantar Concrete Lovers

ções divertidas, conhecer produtos e serviços dos patrocinadores e estreitar relacionamentos.

Conjuntamente com o Laboratório Nacional para Engenharia Civil e a Comissão Nacional Portuguesa de Grandes Barragens, o IBRACON organizou a Segunda Conferência Internacional sobre Grandes Barragens (Dam World 2015), em Lisboa, que recebeu 210 participantes vindos de 30 países, para assistirem a 90 apresentações técnico-científicas.

#### **JÚLIO TIMERMAN BUSCOU AMPLIAR A QUALIFICAÇÃO PROFISSIONAL E FAZER PREVALECER O CONSENSO TÉCNICO**

Júlio Timerman é engenheiro civil pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (1977), atuando como consultor para diversas concessionárias de rodovias, especialmente em projetos de reabilitação e recuperação de pontes e viadutos.

Ele mantém uma diversificada atuação associativista. Participa de diversas comissões de estudo e revisão de normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Entre 2002 e 2004, foi presidente da Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural (ABECE). Foi vice-presidente da *International Association for Bridge and Structural Engineering (IABSE)* de 2010 a 2014.

Desde 2006, atua na diretoria do IBRACON, inicialmente como diretor de Certificação de Mão de Obra, a convite do Prof. Paulo Helene, onde atuou até 2011. Em 2015 foi eleito presidente do IBRACON, sendo reeleito em 2017.

#### **Fortalecimento das regionais, comitês técnicos e relacionamentos com entidades do setor**

O cenário brasileiro em 2016 era de crise econômica, política e institucional. Com a economia em recessão e a taxa de desemprego acima de dois dígitos e em alta, a demanda pela certificação de profissionais caiu, principalmente por conta do cancelamento de contratos da Petrobras com as entidades certificadoras.

Diante disso, a diretoria do IBRACON, no início da gestão de Júlio Timerman como presidente, deliberou por terceirizar toda parte administrativa do processo de certificação, ficando apenas com a parte técnica e deliberativa. A proposta era que a empresa que assumisse as funções administrativas do processo arcasse com todas suas despesas, repassando uma porcentagem das receitas para o IBRACON, quando o programa viesse a dar lucro.

Infelizmente, a proposta não foi aceita pelo INMETRO e o Instituto teve que pedir a suspensão do Programa em fevereiro de 2017, obtendo-a em junho para um período de seis meses.

Por conta da situação econômica, a inadimplência do quadro de associados estava alta: 35% entre os sócios coletivos e mantenedores; e 72% entre os sócios individuais.

Para tentar reverter esse quadro, a gestão apostou no fortalecimento das Regionais, por meio de sua reestruturação, incumbindo o diretor de relações institucionais, Prof. Paulo Helene, a atualizar seu Regulamento, bem como a promover uma série

de palestras e workshops por todo Brasil, na esperança de atrair estudantes e profissionais locais para os quadros societários do Instituto.

A aposta surtiu efeito. Com o novo Regulamento, as Regionais foram estimuladas a juntar esforços com as entidades técnicas congêneres, como CREA, Sinduscon, Ademi, ABECE, ABMS, ALCONPAT, ABCIC, ABESC, Clubes e Institutos de Engenharia, e universidades, para promover eventos. Com isso, algumas Regionais chegaram a organizar seis eventos no ano, consolidando o IBRACON como fonte disseminadora de saber técnico e científico na área do concreto. Já, em 2017, as Regionais do IBRACON chegaram a mobilizaram quatro mil profissionais e estudantes em eventos locais e regionais, alguns dos quais chegaram a superar 600 participantes.

A importância da atuação de entidades técnicas e de seu fortalecimento pelos profissionais e empresas ficou demonstrada na reunião dos presidentes, vice-presidentes e diretores do IBRACON, ABECE e ALCONPAT com o então secretário-adjunto da Prefeitura do Município de São Paulo para tratar da solução técnica a ser adotada no caso do Viaduto Santo Amaro, incendiado. Depois



dessa reunião, ocorrida em março de 2016, a Prefeitura mudou sua decisão de demolir o viaduto para recuperá-lo, tendo em vista ter sido exposto que a estrutura de concreto não havia sido afetada. Com isso, o viaduto pode ser entregue à sociedade em curto prazo e a um custo bem menor.

Para aumentar sua visibilidade perante o meio técnico e o setor construtivo, o IBRACON coordenou, participou e divulgou suas atividades num estande na Conferência Internacional sobre Manutenção, Segurança e Gerenciamento de Pontes (IABMAS 2016), em Foz do Iguaçu. O presidente do IBRACON integrou também as mesas das cerimônias de abertura e encerramento da 15ª Conferência Internacional sobre Reação Álcali-Agregado (ICAAR 2016), ocorrida em Ilha Solteira, evento que promoveu conjuntamente com a Unesp. E participou da Concrete Show 2016, que comemorou os 80 anos da ABCP.

O presidente do Instituto compôs a mesa de abertura do Seminário ABCIC “Normalização, eficiência e desempenho das estruturas e painéis pré-moldados: o impacto e a entrada em vigor das novas normas aplicáveis”, que apresentou as normas brasileiras ABNT NBR 9062 Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldadas e ABNT NBR 16475 Painéis de parede de concreto pré-moldado – Requisitos

e procedimentos, recém-lançadas em 2017. Durante a realização do Workshop “Código Modelo fib (MC 2020) – Desenvolvimento para os Códigos de Estruturas Novas e Existentes”, em São Paulo, no segundo semestre de 2017, o IBRACON assinou o Termo de Acordo de Cooperação pelo qual passou a integrar o Grupo Nacional, juntamente com a ABECE e a ABCIC, para desenvolver ações para contribuir com o MC 2020.

Outra ação da gestão de Julio Timmerman para atrair novos sócios foi dar mais peso aos seminários temáticos na programação do Congresso Brasileiro do Concreto para contrabalançar a tendência das últimas edições que mudou o perfil dos participantes, que passou a ser majoritariamente de estudantes (65%).

O 58º Congresso Brasileiro do Concreto, realizado em Belo Horizonte, em 2016, contou com seis seminários sobre temas como ensaios não destrutivos, concreto autoadensável, boas práticas na execução de estruturas de concreto, obras emblemáticas e novas tecnologias.

No evento foram apresentados 145 trabalhos em sessões orais e 450 trabalhos em sessões pôsteres para 1037 congressistas. A participação dos estudantes foi ainda expressiva – 513 alunos de 42 universidades.

Eles participaram dos quatro concursos estudantis, que nesta edição premiou com a Medalha Concreto a equipe que obteve a melhor pontuação no conjunto dos concursos (Universidade Federal da Bahia).

Em reconhecimento a essa participação expressiva dos estudantes nas edições do Congresso Brasileiro do Concreto e dos concursos, foi criada a diretoria de atividades estudantis, para coordenar todas as atividades do Instituto relacionadas aos



*Seminário realizado em Lageado pela Regional do IBRACON no Rio Grande do Sul de uma série de atualização tecnológica em várias cidades do estado*

estudantes. Esta foi uma das razões por que o estatuto do IBRACON foi atualizado para se adequar ao contexto social e organizacional do novo milênio.

Uma das primeiras atividades da diretora de atividades estudantis, Jéssika Pacheco, foi coordenar os anseios dos estudantes inscritos nos concursos do 58º Congresso Brasileiro do Concreto para lançar uma carta manifesto no evento, reivindicando mudanças na forma como a engenharia civil era ensinada nas escolas.

Neste evento foi ainda lançada a Prática Recomendada "Projeto de Estruturas de Concreto Reforçado com Fibras, que consolidou o trabalho desenvolvido no Comitê Técnico IBRACON/ABECE Uso de Materiais não Convencionais para Estruturas de Concreto, Fibras e Concreto Reforçado com Fibras (CT 303) desde 2015. A publicação estabelece os requisitos mínimos de projeto de desempenho mecânico do concreto reforçado com fibras para substituição parcial ou total das armaduras convencionais e indica ensaios para avaliação do comportamento mecânico, inclusive as apoiadas em meio elástico, como pisos, revestimentos de túneis e proteção de encostas.

Com a suspensão do programa de certificação, o IBRACON pode lançar o curso de inspeção em estruturas de concreto segundo a ABNT NBR 16230, atendendo à demanda por treinamento nesse segmento de mercado. O curso, lançado em março de 2017, foi estruturado para formação de inspetores nível I, capacitando os profissionais para fazer o diagnóstico e prognóstico do estado de conservação das estruturas de concreto de obras de arte especiais, como pontes e viadutos, com vistas a manter ou restabelecer seus requisitos de segurança, funcionalidade e durabilidade.

Muitas novidades foram apresentadas no 59º Congresso Brasileiro do Concreto, realizado em Bento Gonçalves, no Rio Grande do Sul, em 2017. Foram lançados dois novos comitês técnicos. O Comitê Técnico IBRACON/ALCONPAT Manutenção e



Julio Timerman em seu pronunciamento na abertura do 58º Congresso Brasileiro do Concreto

reabilitação de estruturas (CT 802), para discutir os requisitos de projetos e especificações para produtos e sistemas de reabilitação de estruturas. E o Comitê Técnico IBRACON/ABCIC de Pré-Fabricados (CT 304), para a elaboração de práticas recomendadas e normalização de elementos pré-fabricados de concreto.

Para investir na formação dos estudantes foram criadas uma nova sessão dentro da programação e dois novos concursos. A sessão Corujão foi pensada para oferecer conteúdo técnico prático aos estudantes do evento que participam das competições estudantis. Geralmente, esses alunos ficam a maior parte de seu tempo na Arena dos Concursos, envolvidos com suas equipes, estreitando relacionamentos e aprendendo com os erros. A Sessão Corujão, assim denominada por acontecer após o encerramento de todas as atividades do Congresso, reúne especialistas para tratar de temas do dia a dia da profissão. Na sua primeira edição, a Sessão Corujão convidou o engenheiro da Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem (ABESC), Arcindo Vaquero y Mayor, para apresentar aos estudantes um exemplo prático de cálculo para estimar a resistência à compressão do concreto recebido na obra.

Para prestigiar os trabalhos técnico-científicos aprovados e apresentados nas edições do Congresso Brasileiro do Concreto, foi criado o concurso "O Artigo do Ano" a partir do 59º CBC. O concurso avalia os

trabalhos, primeiramente em nível regional e, finalmente, em nível presencial, no próprio evento, para destacar o melhor artigo apresentado no Congresso.

O IBRACON promoveu, no 59º Congresso Brasileiro do Concreto, o novo concurso "Concreto: Quem sabe faz ao vivo", que avalia a capacidade dos estudantes em dosarem concretos autoadensáveis coesos, com o menor consumo de cimento e que apresentem a maior resistência à compressão em 24 horas.

Foram movimentadas seis toneladas de materiais na primeira edição da competição para que as equipes pudessem preparar os traços. Cada equipe teve 50 minutos para realizar a dosagem do concreto, a moldagem de quatro corpos de prova cilíndricos e a limpeza da betoneira e da bancada.

Foram ainda lançadas no 59º Congresso Brasileiro do Concreto as Práticas Recomendadas "Controle da Qualidade do Concreto Reforçado com Fibras", "Macrofibras poliméricas para concreto destinado a aplicações estruturais: definições, especificações e conformidade" e "Macrofibras de vidro álcali resistentes (AR) para concreto destinado a aplicações estruturais: definições, especificações e conformidade".

Outro lançamento foi a terceira edição do livro "Materiais de Construção Civil e Ciência e Engenharia dos Materiais".

Pela primeira vez, as eleições para o Conselho Diretor do IBRACON foram realizadas on-line. De forma



direta, secreta e eletrônica, no período de 05 de outubro a 02 de novembro, 166 associados elegeram os conselheiros para a gestão 2017/2019.

Este novo Conselho Diretor reconduziu Julio Timerman para um segundo mandato.

## MARCOS DA SEGUNDA GESTÃO

As ações tomadas na gestão anterior surtiram um ligeiro aumento no número de associados ao IBRACON, que passaram de 821 (2016) para 880 (2017). Por sua vez, análise dos participantes das últimas cinco edições do Congresso Brasileiro do Concreto revelou que, em média, 59% do público era de não associados ao IBRACON.

O quadro fez a diretoria adotar medidas para valorizar a associação, como descontos de 50% nos cursos realizados e nas publicações editadas.

Diante do desabamento de parte do viaduto da Galeria dos Estados, no Eixão Sul de Brasília, e do colapso do edifício incendiado Wilton Paes de Almeida, em São Paulo, em 2018, o IBRACON posicionou-se em Manifesto Público e editoriais pela instauração de um programa de manutenção das estruturas em nível municipal, estadual e nacional, endossou seu programa de treinamento e qualifi-

cação de inspetores de estruturas de concreto e colocou-se à disposição das autoridades públicas competentes para o diagnóstico dos acidentes e para dar suporte técnico para as vistorias para a redução de riscos de acidentes.

O IBRACON assinou com a Prefeitura do Município de São Paulo um termo de compromisso para pesquisar as razões técnicas do comportamento estrutural do colapso do edifício incendiado. A iniciativa levou a um plano completo de investigação, a cargo do diretor técnico, Prof. Paulo Helene, para tirar lições do acidente para evitar tragédias similares e permitir o aperfeiçoamento de instruções e normas técnicas.

As principais conclusões e recomendações sobre o incidente foram apresentadas em 2019 na palestra "Incêndio e colapso do Edifício Wilton Paes de Almeida: lições aprendidas desse desastre urbano", pelo Prof. Paulo Helene, no Instituto de Engenharia em São Paulo, com presença de autoridades e especialistas.

Já, o desnível do viaduto na Marginal do rio Pinheiros, em São Paulo, levou o IBRACON a organizar, em conjunto com a ABECE, a Poli-USP e a IABMAS, em 2019, o evento "Obras de Arte (Pontes e Viadutos) em São Paulo", que contou com palestra do então secretário municipal, Eng. Victor Levy.

A continuidade do cenário econô-

mico de baixo crescimento e a sinalização de que a Petrobras retomaria seu processo de certificação de profissionais apenas num prazo de três anos fizeram o INMETRO prorrogar a suspensão do programa de certificação do IBRACON até 31 de maio de 2018. Ainda assim, a diretoria do IBRACON decidiu manter o pedido de cancelamento do programa no INMETRO, feito em dezembro de 2017.

A diretoria de certificação de pessoal, encabeçada pelo Eng. Gilberto Giuzio, vinha trabalhando na reestruturação do Programa de certificação e qualificação de pessoal, para que sua gestão administrativa fosse delegada a uma empresa acreditada pelo INMETRO para desempenhar as funções de certificação segundo a norma internacional ISO 17024.

Esta terceirização aconteceu em maio de 2019 para a empresa Global, que atualmente gerencia o Programa.

Desde então, o Programa de Certificação do IBRACON, além de certificar os profissionais de laboratório de controle tecnológico do concreto, emite certificados, com a chancela do IBRACON, para inspetores de estruturas de concreto e inspetores de pavimentos de concreto.

O IBRACON mantém a autonomia do Programa, supervisionando o processo de certificação e recertificação, ativando e desativando laboratórios credenciados para aplicação de provas práticas, estruturando o banco de questões e respostas para aplicação de provas teóricas, definindo novas áreas da cadeia do concreto para a certificação de profissionais.

Em julho de 2019, houve a aplicação da primeira prova prática com os candidatos à certificação para Inspeção I de Estruturas de Concreto. Eles



*Congressistas assistem à apresentação na Dam World Conference sobre o projeto da usina hidrelétrica de Belo Monte*

realizaram uma inspeção na Ponte do Jaguaré, em São Paulo, sob supervisão do diretor de certificação do IBRACON, e elaboraram um relatório de inspeção especial segundo a ABNT NBR 16230.

Por sua vez, o Curso preparatório para Inspetor I de Estruturas de Concreto segundo a ABNT NBR 16230 alcançou a marca de treinar 190 profissionais pelas cidades onde foi oferecido – São Paulo, Recife, Fortaleza, Brasília, Belo Horizonte, Rio de Janeiro, Curitiba e Americana (SP).

Seminários sobre inspeção de pontes, com o objetivo de mostrar a importância de implementação de uma gestão de rotina de inspeção e manutenção, foram realizados pelo IBRACON, com os professores do curso Inspetor I, na Concrete Show 2019 e na Paving Expo & Conference 2019.

O 60º Congresso Brasileiro do Concreto, em Foz do Iguaçu, realizado conjuntamente com a *III Dam World Conference*, bateu recorde de participação: 1398 congressistas. No 60º CBC 2018, foram submetidos 1282 artigos, sendo 998 aprovados, 170 apresentados em sessões orais, 495 em sessões pôsteres e 34 em sessões Pecha Kucha – uma novidade: apresentações de 20 slides, sendo 20 segundos por slide! Já, na *Dam World 2018*, foram 152 artigos aprovados, sendo 110 apresentados oralmente.

No evento foram firmados protocolos de cooperação entre o IBRACON e a Associação Brasileira das Empresas de Tecnologia da Construção Civil (ABRATEC), a Associação Brasileira de Proteção Passiva (ABPP) e o Instituto Brasileiro de Impermeabilização (IBI).

Foi instaurado o Comitê Técnico CT 702 IBRACON/ALCONPAT Procedimentos para Ensaios de Avaliação da Durabilidade das Estruturas de Concreto, para desenvolver normatização nacional para ensaios, inspeção e avaliação da durabilidade e vida útil das estruturas de concreto.

Já, o Comitê Técnico CT 201 Reações Expansivas no Concreto lançou o Guia para Prevenção da Reação Álcali-Agregado, que apresenta a avaliação de ris-

co da ocorrência da RAA e a sequência de ações para a prevenção da RAA. A publicação sintetiza a norma brasileira ABNT NBR 15577 Agregados – Reatividade álcali-agregado, recém-publicada, com a qual os integrantes do Comitê colaboraram.

Ao final do evento, os participantes foram informados que o IBRACON começara a emitir nota fiscal, com isenção de ISS para associados.

Com o objetivo de estreitar relacionamento com o *American Concrete Institute (ACI)*, o IBRACON realizou uma Missão Internacional aos Estados Unidos em outubro de 2018. A missão, composta por 11 integrantes, entre diretores do IBRACON, representantes de empresas do setor construtivo e estudantes, visitaram a central de produção de concreto usuais e de alto desempenho da Votorantim Cimentos em Chicago e edifícios altos em construção na Grande Chicago. Em seguida, a missão rumou para Las Vegas, para participar das atividades da *Fall Convention* do ACI. A equipe de estudantes ganhadores da Medalha Concreto 2017 participou das competições estudantis da convenção, patrocinada pelo IBRACON.

O Regulamento do Programa Master PEC foi atualizado em 2019 para tornar o conjunto de disciplinas de educação continuada mais atrativo e aderente às necessidades do mercado de trabalho da área do concreto. Entre as novidades, os alunos do Programa tiveram o número de créditos diminuído para 100, para serem completados em cinco anos, para obterem o certificado de conclusão. Participar das edições do Congresso Brasileiro do Concreto passou a contar créditos no Programa.

Outro regulamento atualizado foi o de Prêmios de Destaques do



O presidente do IBRACON, Eng. Julio Timerman, palestrando na ACI Fall Convention 2018, como uma das atividades da Missão Internacional aos Estados Unidos

Ano, com mudanças na denominação das categorias, na forma de composição da comissão julgadora e em alguns critérios de avaliação dos indicados.

Em 2019, o IBRACON mudou para uma nova sede. Localizada num condomínio empresarial em São Paulo, a sede atual do Instituto possui instalações modernas, sala de reuniões, disponibilidade de auditório para eventos e reúne, no mesmo condomínio, outras associações técnicas do setor construtivo.

Com o colapso do Edifício Andrea, a cerca de três quilômetros da Praia de Iracema, em Fortaleza, em 2019, muitas palestras e seminários no 61º Congresso Brasileiro do Concreto, que ocorria no local no momento do acidente, voltaram seus temas para ele. A repercussão do evento e das declarações dos especialistas que participavam dele, especialmente do presidente do IBRACON, perduraram nas mídias locais nos quatro dias de sua realização.

Mais uma vez, o evento atingiu números expressivos: mais de 1500 participantes e de 996 trabalhos apresentados.

A gestão de Julio Timerman encerrou-se com criação do *Brazil ACI Chapter*, sob responsabilidade gerencial do IBRACON, em novembro de 2019. O *ACI Chapter* é uma espécie de Regional ACI no país sede. Sua abertura no Brasil representa uma oportunidade de estreitamento de relacionamento com o ACI. □

# O concreto e a arquitetura de Niemeyer em Brasília

LEONARDO DA SILVEIRA P. INOJOSA – PhD, <https://orcid.org/0000-0003-0745-6900> – [leinojosa@unb.br](mailto:leinojosa@unb.br) – UnB;

MÁRCIO A. R. BUZAR – PhD, <https://orcid.org/0000-0002-1164-2784>; JOÃO DA C. PANTOJA – PhD, <https://orcid.org/0000-0002-0763-0107> – PPG FAU-UNB

## R E S U M O

“Terminada a estrutura a arquitetura já está presente, simples e bonita”. Assim o arquiteto Oscar Niemeyer descrevia as estruturas de concreto armado concebidas para dar forma à arquitetura de Brasília, uma arquitetura que nasce integrada à estrutura. O momento histórico no qual está inserida a criação de Brasília é um dos quatro momentos da arquitetura moderna brasileira em que é possível identificar o protagonismo da estrutura na composição formal da arquitetura. Nas edificações projetadas por Niemeyer na capital, a própria função define o sistema estrutural e esse, por sua vez, é responsável pela forma. Mesmo que poste-

riormente este corpo principal receba outros elementos, a estrutura definirá sua forma e o espaço arquitetônico. Além disso, a estética moderna explorada por Niemeyer está relacionada com a exploração das novas formas e possibilidades estéticas do concreto armado a partir de 1910, com Le Corbusier. Este trabalho explora, através de análises numéricas dos sistemas estruturais aplicados, duas dessas obras, utilizando o software SAP2000, as relações dos sistemas estruturais com o resultado final na plástica arquitetônica, identificando o protagonismo da estrutura e a importância do concreto armado na concepção da arquitetura moderna brasileira.

**PALAVRAS-CHAVE:** CONCRETO ARMADO, OSCAR NIEMEYER, BRASÍLIA, PROTAGONISMO ESTRUTURAL.

## 1. INTRODUÇÃO

Nas obras modernas, pode-se identificar um protagonismo da estrutura na concepção da arquitetura. Na Arquitetura Moderna, os elementos estruturais são usados de forma aparente, muitas vezes clara e pura, e diretamente relacionados com a estética e com a concepção do espaço arquitetônico. Isso mostra que foi essencial para a concepção arquitetônica da época o conhecimento técnico das estruturas, tanto dos materiais utilizados quanto ao sistema estrutural adotado (INOJOSA, 2010).

Obras consagradas de diversas épocas e nacionalidades utilizam o componente estrutural como parâmetro norteador do projeto. Muitos casos são reconhecidos como “Arte Estrutural”, quando a arquitetura nasce junto com a estrutura – “terminada a estrutura a arquitetura já está presente, simples e bonita” (NIEMEYER 2000, p. 81), diz Niemeyer ao descrever suas obras, em especial em Brasília. Segundo o engenheiro e professor João Del Nero “a engenharia estrutural tem uma liberdade de criação que se assemelha à arquite-

tura” (in SABBAG, 1987) e ainda, segundo Le Corbusier, sobre as possibilidades estéticas do concreto armado: “Operando com o cálculo, os engenheiros usam formas geométricas, que satisfazem nossos olhos pela geometria e nosso espírito pela matemática; suas obras estão no caminho da grande arte.” (LE CORBUSIER, 1998. p 11-12).

Com o desenvolvimento da tecnologia brasileira do concreto armado, os arquitetos modernistas passaram a expressar uma ideia nacional em suas obras, imprimindo na arquitetura suas características pessoais, respeitando conceitos modernistas vigentes. Oscar Niemeyer mostrava o desenvolvimento da engenharia nacional por meio de formas inovadoras, rompendo o pragmatismo retilíneo do concreto armado na arquitetura internacional. Essa relação da técnica de construir com a arquitetura trouxe para as obras modernistas brasileiras um protagonismo compositivo evidenciado nos usos dos elementos estruturais puros, como nas cascas e planos estruturais de Oscar Niemeyer (ANDRADE, 2016).

Assim, no Brasil, são identificados quatro momentos específicos em que

o sistema estrutural aparece de forma marcante na arquitetura – Momento 1, Recife (década de 30); Momento 2, Pampulha (décadas de 40 e 50); Momento 3, Brasília (décadas de 50 e 60) e Momento 4, pós-Brasília (década de 70 em diante). São momentos nos quais o desenvolvimento estético e técnico permitiram que a arquitetura moderna brasileira se estabelecesse como uma das mais importantes do mundo (INOJOSA, 2019).

O terceiro momento se estabeleceu como sendo um marco para a arquitetura moderna brasileira, representado pela construção de Brasília, com projetos de Oscar Niemeyer e Joaquim Cardozo entre as décadas de 50 e 60.

## 2. O CONCRETO ARMADO NO BRASIL

A difusão da Arquitetura Moderna, a partir de 1928, com o primeiro CIAM – Congresso Internacional de Arquitetura Moderna, contribuiu para a difusão do uso do concreto armado nas construções, tendo sido esse o material mais utilizado pelos arquitetos modernistas, dada sua capacidade de viabilizar uma liberdade de formas, nitidez das linhas

construtivas e a clareza dos volumes arquitetônicos que antes não se via possível com outros materiais (COSTA apud SANTOS, 2008, pag. 19).

Nesse novo contexto, se inicia no Brasil um período de grande criação arquitetônica, no qual os arquitetos, se utilizando do potencial criativo que o concreto armado proporcionava, se reaproximaram dos engenheiros que dividiam o interesse e entusiasmo pelos novos conceitos da arquitetura moderna e, juntos, produziram grandes obras, fazendo com que a escola brasileira do concreto armado fosse responsável por diversos recordes mundiais nas estruturas.

Dentre esses recordes mundiais, que foram essenciais para a divulgação da engenharia e arquitetura brasileira do concreto armado no mundo, podemos citar o Edifício “A Noite” no Rio de Janeiro, projetado pelo engenheiro Emílio Baumgart, com 24 pavimentos e 102,8 metros de altura, inaugurado em 1928. Além da audaciosa estrutura de concreto armado, que possui lajes de grandes dimensões para a época (até 5,0 x 9,5 m), com espessura de apenas sete centímetros – inferior ao mínimo exigido pela norma atual (ABNT, 2004) – o sistema estrutural tem soluções inovadoras como as mísulas nas vigas de apoio e o fato dessa obra ter passado por uma verificação quanto à resistência ao vento (inédita no Brasil), ocasionando o acréscimo de seis pilares em cada pavimento, que passaram a funcionar como grandes pórticos, juntamente com as respectivas lajes (TELLES, 2017).

No ano seguinte à inauguração do Edifício “A Noite”, em São Paulo, o Edifício Martinelli ultrapassou seu recorde. Com 105,6 metros de altura e 30 andares, o Edifício Martinelli, projetado pelo engenheiro Amleto Nipote, teve sua construção iniciada em 1924 e passou por diversos percalços, como falta de material disponível, embargos e alterações de projeto que já com a obra iniciada teve o número de pavimentos aumentado de 18 para 30 andares, levando sua conclusão para 1929. Para essa mudança, os engenheiros tiveram que recorrer a análises de estabilidade e materiais, tendo que diminuir a car-

ga das paredes e solicitaram um laudo a um grupo de notáveis engenheiros do Rio de Janeiro, formado por Emílio Baumgart, J. M. Sampaio Corrêa e Roberto Marinho de Azevedo, que atestaram a boa qualidade da construção (TELLES, 2017).

Em 1930, Emílio Baumgart projetou a Ponte sobre o Rio do Peixe, que depois levou seu nome. A ponte que vencia um vão central de 68 metros, com mais dois vãos menores de acesso, marcou o novo recorde mundial em pontes em vigas retas de alma cheia de concreto armado. Essas vigas apresentavam uma expressiva esbeltez, com apenas 1,70m de altura (1/40 do vão). Além do recorde mundial, uma das mais expressivas do engenheiro, marcou a invenção do método construtivo dos “balanços sucessivos” (TELLES, 2017).

A parceria dos arquitetos modernistas com grandes nomes da engenharia dava ao Brasil lugar de destaque internacional e outros recordes mundiais em concreto armado, como a antiga marquise, em concreto armado do estádio do Maracanã, com 36 metros de comprimento em balanço, ou o famoso vão livre do MASP em São Paulo, da arquiteta Lina Bo Bardi, projetado em 1958, com 74 metros, projetado pelo engenheiro José Carlos de Figueiredo Ferraz, além de obras internacionais, como na grande viga-parede do Edifício de Classes da Universidade de Constantine com seus 50 metros de vão e 25 metros de balanço e apenas 30 centímetros de espessura, fruto da parceria de Oscar Niemeyer com o engenheiro Bruno

Contarini. E, mais recentemente, outro parceiro de Niemeyer, Engenheiro José Carlos Sussekind, no projeto do Palácio Tiradentes, parte do conjunto da Cidade Administrativa Tancredo Neves, em Belo Horizonte, que utiliza a mais alta tecnologia do concreto protendido para viabilizar um arrojado desafio estrutural proposto pelo arquiteto, uma caixa de 147 metros suspensa por tirantes, o maior prédio suspenso do mundo.

### 3. PROTAGONISMO DA ESTRUTURA NA ARQUITETURA DE OSCAR NIEMEYER EM BRASÍLIA

Nos edifícios monumentais da Capital, como o Palácio do Planalto e o edifício do Supremo Tribunal Federal (Figura 1), a utilização do potencial técnico do concreto armado, alinhado a uma criatividade plástica no desenho das formas estruturais, permitiram que Niemeyer criasse grandes estruturas que “pousam levemente” sobre o solo (INOJOSA, 2010).

Brasília foi construída em três anos e meio, graças ao talento, criatividade e ousadia de três grandes nomes – Lúcio Costa, Oscar Niemeyer e Joaquim Cardozo. A unidade de pensamento entre os técnicos do concreto armado e o arquiteto foi fundamental para o sucesso dos projetos e para a integração da equipe, inclusive do engenheiro Joaquim Cardozo. A leveza arquitetural e a proposta de buscar a beleza e não somente solucionar os aspectos funcionais, criando espaços amplos e flexíveis, levou o arquiteto e o calculista



► **Figura 1**  
Supremo Tribunal Federal, em Brasília  
Fonte: Foto do autor

a intervirem nos sistemas estruturais, fazendo com que muitas vezes tal sistema definisse e caracterizasse a arquitetura. (MOREIRA, 2007).

O primeiro palácio a ser construído em Brasília foi o Palácio da Alvorada, em 1956, antes mesmo de aprovado o Plano Piloto de Lúcio Costa. Esse palácio foi também o primeiro edifício definitivo construído em Brasília.

No projeto do palácio, destaca-se a forma dos apoios dos pilares, que parecem apenas tocar levemente o solo. Esses pilares externos têm um desenho característico, conseguido através da genialidade de Joaquim Cardozo que, para aliviar as cargas incidentes nas colunas, criou apoios internos que recebem a maior parte das cargas. Além disso, a laje da cobertura não é contínua no trecho da varanda e sua espessura diminui até encontrar os pilares, artifício que diminui ainda mais a carga transferida para as colunas da fachada.

Cardozo também “escondeu” os apoios no volume principal. Essa caixa de vidro, que parece flutuar no espelho d’água está fortemente apoiada em uma sólida base que é escondida pela escultural colonata. Essa colonata, na realidade, é, segundo Underwood (2003): “uma arcada parabólica invertida, suportadas por arcos saídos de baixo, que mal tocam o solo”. Característica marcante dessa obra, o desenho dos pilares da varanda chama a atenção na composição da fachada do edifício. Para dar a sensação de que os pilares estão “pousados” sobre o solo, Joaquim Cardozo recuou do alinhamento

da fachada os verdadeiros apoios das colunas, esses apoios foram soterrados após o aterro final.

Soluções similares para diminuir a espessura da laje de cobertura próxima à borda e distribuir a maior parte da carga em pilares internos para priorizar a estética da fachada, foram utilizadas nos projetos do Palácio do Planalto e do edifício do Supremo Tribunal Federal, ambos de 1958.

Estruturas ousadas e fachadas monumentais podem ser vistas nos palácios de Brasília projetados por Oscar Niemeyer, como o Palácio da Justiça (Figura 2), de 1965. A pedra fundamental para a construção do Palácio da Justiça, primeira sede própria do Ministério da Justiça, foi lançada em 5 de maio de 1962, porém sua construção só foi iniciada em 12 de outubro de 1965.

A exemplo dos outros palácios do Eixo Monumental projetados por Niemeyer, o Palácio da Justiça também possui um núcleo central envidraçado, este com cinco pavimentos e um subsolo. Esse núcleo foi construído primeiro, só depois foram erguidas as quatro fachadas e a cobertura da edificação (INOJOSA, 2010).

Na fachada principal, temos as seis famosas fontes projetadas em balanço por Niemeyer, que, de diferentes alturas, jogam a água para o espelho d’água do jardim em frete ao edifício, projetado pelo paisagista Roberto Burle Marx. Essa fachada é formada pelos 9 semiarcos que ligam pilares extremamente esbeltos, espaçados a cada 6,5 metros (MOREIRA, 2007).

A fachada posterior do edifício permite uma comparação direta com a fachada principal. Nela os pilares estão dispostos da mesma forma que na primeira, mas encontram a cobertura em arcos plenos, ao invés dos semiarcos e não possuem as fontes em balanço.

As quatro fachadas e a cobertura formam um envoltório retangular de 84 x 75 metros, protegendo o núcleo central quadrado de 61,1 metros de lado e formando, assim, um avarandado de 7 a 11 metros em torno de todo o edifício.

Internamente o que chama a atenção na arquitetura do Palácio da Justiça é o seu jardim interno. Situado no terceiro piso, com pé direito de 10,1 metros, esse jardim, também projetado

por Burle Marx, tem as vigas da cobertura formando um grande pergolado, com vão de 18 e 32m.

O projeto estrutural do palácio foi desenvolvido no Escritório Técnico Arthur Luiz Pitta – Etalp, em São Paulo. As lajes do núcleo do palácio foram projetadas como lajes nervuradas com vigas de 0,50 metros de altura e em alguns pontos específicos nas lajes foi necessário aplicar uma contra flecha de 3 centímetros. No terceiro pavimento, pela presença do jardim interno foram necessárias transições na estrutura. Além disso, foi criada uma série de pilares, espaçados a cada 45 centímetros, formando uma espécie de brise, que começa na viga-faixa do terceiro pavimento e vai até a cobertura, recebendo as vigas que formam o pergolado do jardim.

Na cobertura, foram utilizadas vigas contínuas de 1,30 metros de altura no menor vão – 75,1 metros – com vãos variados que atingem 18 e 32 metros sobre o jardim interno e estão apoiadas em vigas-faixa com vão que chegam a 13 metros, de acordo com a distância entre os pilares onde estão apoiadas. Na cobertura existem contra flechas de até 5 centímetros (MOREIRA, 2007).

Outro palácio, construído no período entre 1963 e 1970, tendo sofrido diversas paralisações em sua obra, o Palácio do Itamaraty (Figura 3) foi inaugurado em 21 de abril de 1970, com a realização da primeira solenidade de formatura de diplomatas. O conjunto, compreendido por três edifícios abriga o Ministério das Relações Exteriores em



► **Figura 2**  
Fachada do Palácio da Justiça em Brasília  
Fonte: Foto do autor



► **Figura 3**  
Fachada do Palácio do Itamaraty, Brasília  
Fonte: Foto do autor



► **Figura 4**  
Catedral de Brasília  
Fonte: Foto do autor

uma área construída de aproximadamente 75 mil metros quadrados. O Palácio do Itamarati é um desses prédios e possui, em planta, uma forma quadrada de 84 metros de lado, com uma altura de 17,56 metros, sendo 4,27 no subsolo (SANTOS, 2008).

No volume do edifício do palácio se destaca as suas quatro fachadas monumentais, formadas cada uma por 15 pilares separados por um vão de 6 metros. Unindo os pilares no topo, temos arcos ligados à cobertura. Essas fachadas envolvem uma fachada interna de vidro que aparenta ter uma estrutura totalmente independente da cobertura. Os pilares têm uma secção trapezoidal, com a parte mais fina virada para a parte exterior do prédio, o que confere mais leveza a fachada.

As vigas internas do edifício possuem altura máxima de 1,20 metros – definida pela arquitetura e vãos livres de 36 metros.. O que exigiu do calculista, o engenheiro Joaquim Cardozo, soluções arrojadas, mesmo para os dias atuais, como a emenda dos ferros por solda e a adoção de contraflechas nas vigas, contrabalançando as elevadas deformações na retirada dos escoramentos (SANTOS, 2008).

Na estrutura de cobertura, foram concebidas vigas em dois sentidos. As vigas-faixas Norte-Sul têm secção com 4 metros de largura e 0,60 metros de altura, enquanto as vigas transversais (Leste-Oeste) têm secção de 0,20m de largura por 1,20m de altura.

No projeto da Catedral de Brasília (Figura 4), Oscar Niemeyer utilizou a solução técnica como principal elemento arquitetônico. "Plasticamente livre e tec-

nicamente ousada", essa solução sintetiza a grandiosidade e o simbolismo que pede a função social de uma catedral, além de cumprir ainda outra função, muito evidente nas grandes catedrais do mundo, de expressar o potencial tecnológico de uma época (MÜLLER, 2003).

### 3.1 Equilíbrio Estrutural

#### 3.1.1 A IGREJINHA NOSSA SENHORA DE FÁTIMA (OSCAR NIEMEYER E JOAQUIM CARDOZO)

A Arquitetura da Igreja Nossa Senhora de Fátima (Figura 5) é muito simples, consiste em apenas três elementos básicos:

- duas paredes estruturais: uma em curva que envolve toda a igreja, deixando uma abertura frontal para a porta de entrada principal, a segunda separa a pequena nave da sacristia e uma sala atrás do altar da igreja;
- três pilares externos que sustentam a cobertura curva da igreja: os dois pilares posteriores são iguais e um pouco menores que o pilar frontal – os pilares têm formas que destacam a arquitetura da cobertura, pois tem a base muito larga e, em curva, vão diminuindo até encontrarem com as pontas da cobertura;
- a cobertura, que é o elemento que dá a ela toda sua plástica: trata-se de uma laje triangular em curva, que, à primeira vista, aparenta ser uma casca de concreto com espessura que varia entre 10 e 90 centímetros; porém, ao observarmos a estrutura em uma foto aérea, nota-se a presença de cinco grandes vigas de sustentação, que, devido a seu formato, não aparecem ao observador no nível do chão.

Para a análise estrutural do sistema da Igreja Nossa Senhora de Fátima foram utilizados os dados coletados a partir de cópias de desenhos originais da construção cedidas pelo Iphan/ DF – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional do Distrito Federal. As dimensões dos elementos estruturais da edificação foram organizadas e sistematizadas para serem modelados no software SAP 2000, conforme o sistema estrutural



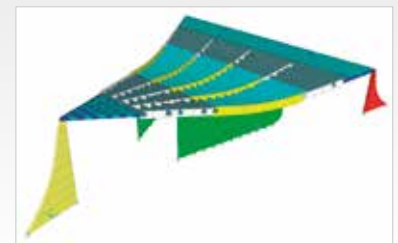
► **Figura 5**  
Vista frontal da igreja Nossa Senhora de Fátima  
Fonte: Foto do autor

representado na perspectiva da Figura 6.

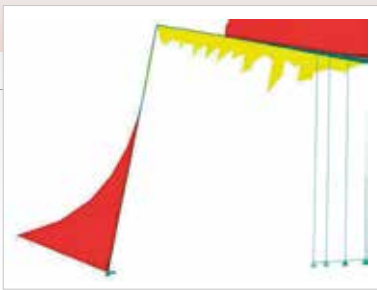
Observando os Diagramas de Momentos Fletores desse sistema estrutural, podemos constatar que a forma da Igreja Nossa Senhora de Fátima está relacionada diretamente com seu sistema estrutural. O gráfico mostra um grande momento na base dos pilares, o que justifica a escolha de seu formato, maior na base e mais esbelto ao se aproximar do topo. Basta notarmos como o desenho do diagrama de Momentos Fletores no pilar se assemelha com a forma que o arquiteto utilizou nesse elemento (Figura 7 e Figura 8).

#### 3.1.2 SUPERIOR TRIBUNAL DE JUSTIÇA – STJ (OSCAR NIEMEYER E BRUNO CONTARINI)

O projeto de arquitetura e estruturas do conjunto de edifícios do STJ – Superior Tribunal de Justiça – tem peculiaridades importantes e apresenta uma estrutura marcante, definidora de sua



► **Figura 6**  
Modelo da estrutura da igreja  
Fonte: Desenho do autor. Programa SAP 2000 (INOJOSA, 2010)



► **Figura 7**

Diagrama de momentos fletores – detalhe do pilar frontal

Fonte: Desenho do autor. Programa SAP 2000 (INOJOSA, 2010)

forma arquitetural. O sistema estrutural adotado nessa obra teve um papel essencial na determinação de seu desenho arquitetônico. Bruno Contarini - autor do projeto estrutural do STJ teve participação efetiva desde a concepção dos projetos, proporcionando uma obra marcada pelo arrojo estrutural e por grandes desafios tecnológicos.

O maior volume do conjunto é o Bloco dos Plenários. O prédio abriga 10 salas de julgamentos, sendo a principal delas a da Corte Especial, com capacidade para 184 pessoas. Existem três salas de Seções, seis de Turmas, além de uma de audiências, uma de advogados e uma do Ministério Público. No



► **Figura 8**

Pilar frontal da igreja Nossa Senhora de Fátima

Fonte: Foto do Autor

subsolo, funciona a Secretária Judiciária.

O programa está distribuído em um grande bloco suspenso sobre 11 pilares, criando vãos vencidos por empenas de concreto aparente de proporções monumentais que chamam a atenção no conjunto. Dentre essas empenas, se destaca a fachada principal, que recebe um painel de Mariane Perret (Figura 9), totalmente integrado com a arquitetura, pois cria aberturas na parede que permitem a passagem da luz natural para o interior do edifício.

A estrutura do Bloco dos Plenários é de concreto armado, e foram utilizados recursos especiais em locais estratégicos, tais como microssílca e protensão. As resistências aplicadas são de 24MPa, aumentando para 90MPa nos locais onde foi empregada a microssílca.

O conjunto possui vãos da ordem de 60m, tendo sido executado totalmente apoiado em seus 11 pilares externos em forma de tronco de pirâmide e em 3 pilares embutidos nas caixas de elevadores e poços internos.

As paredes externas com 11,9m de altura foram utilizadas como vigas, apoiando as lajes, em um sistema de vigas em grelha. Em entrevista com os engenheiros do STJ que fiscalizaram a obra, ressaltou-se que especial atenção foi dada ao painel da artista Marianne Perret, uma vez que ele também trabalha estruturalmente e representa o segundo maior vão do edifício, com 61,25m.

O elemento estrutural e estético mais marcante na arquitetura do edifício é, sem dúvida, a viga-parede 5 (Figura 10), que forma o grande painel de concreto da fachada e se destaca sobre o grande vão de mais de 60 metros com suas aberturas de vidro de formas sinuosas.

Para análise da estrutura do painel vazado da fachada, foram levantados dados a partir dos desenhos técnicos da estrutura do Bloco dos Plenários – planta de formas, cortes, desenhos arquitetônicos – cedidos pela Coordenadoria de Engenharia do STJ e considera-se o estado limite último e de serviço conforme critérios da Norma NBR 6118 (ABNT, 2004) – Projeto de estrutura de concreto. A partir desses dados, foram modeladas, no programa SAP 2000, empregando-se o elemento finito "Shell", duas situações da viga em estudo.

Na primeira delas, foram consideradas as aberturas de vidro, desenhadas pela artista Marianne Perret. Nesta situação, foram utilizados 2.556 elementos finitos. Para efeito de comparação, a segunda situação foi modelada com a alma cheia, desconsiderando as aberturas do painel. Nesta situação foram utilizados 520 elementos finitos, já que se trata de modelo mais convencional.

Na Figura 11, vemos os gráficos de deslocamentos. Neles, podemos observar que, na viga com os vazios, o deslocamento vertical é de 12,17 cm, cerca de 11% maior se comparado com a viga-parede



► **Figura 9**

Fachada do bloco dos plenários do STJ, com o painel de Mariane Perret

Fonte: Foto do autor



► **Figura 10**

Vista interna da parede 5 do STJ, com o painel de Mariane Perret

Fonte: Foto do autor

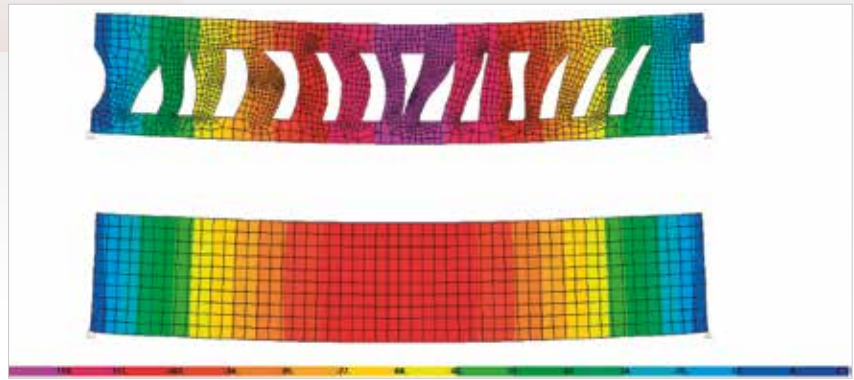
com alma cheia, que é de 10,91cm. Considerando a protensão utilizada no projeto, o deslocamento diminui consideravelmente. Mesmo para um carregamento elevado – 89.739 kgf/m de carga total – a inércia da viga-parede com uma relação entre comprimento da viga e sua altura da ordem de  $l/5$  reduz consideravelmente o deslocamento.

Na Figura 12, mostram-se os esforços internos na direção principal X. O primeiro gráfico mostra o funcionamento como uma viga vierendel, concentrando os esforços de tração no banzo inferior.

Os esforços de flexão máximos, nos elementos mais solicitados, são da ordem de 40 mil toneladas metro, sendo combatido por 30 cordoalhas de protensão localizado na região central da base da viga. Devido à dificuldade de dispor os cabos de protensão acompanhando o esforço de flexão, o projetista dispôs cabos verticais ao longo da altura da viga para garantir o confinamento do concreto.

#### 4. CONCLUSÕES

Oscar Niemeyer sempre mostrou em suas obras, inclusive no seu processo criativo, que a arquitetura e a estrutura nascem juntas, não são elementos distintos da construção. A presença definidora do sistema estrutural sempre acompanhou seus trabalhos, que exploram com simplicidade e experiência os limites e as possibilidades do concreto armado. A "Igrejinha" Nossa Senhora de Fátima, em Brasília, construída em 1958, é um exemplo disso, assim como o projeto do edifício do Superior Tribunal de Justiça – STJ, construído entre 1989 e 1994.



► **Figura 11**

Simulação do deslocamento da viga-parede 05 nas duas situações

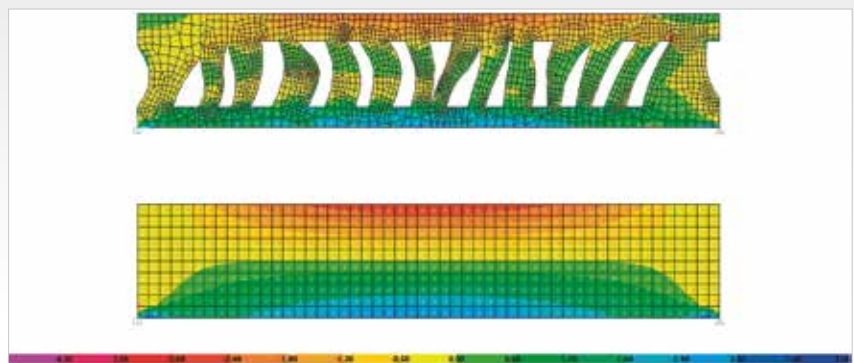
Fonte: Desenho do Autor, programa SAP 2000

Na estrutura da Igrejinha, composta de poucos elementos, que definem por completo a arquitetura da pequena capela, podemos destacar, com o auxílio das análises feitas no programa computacional, a função estrutural de cada elemento que visualmente tem grande função estética (INOJOSA, 2010). É possível concluir, que, tanto nos pilares quanto na espessura variável da cobertura, o sistema estrutural é o elemento que define a forma final da Igrejinha, cujo projeto apresenta uma simplicidade formal característica, que a torna única, reconhecida mundialmente. Essa simplicidade foi conseguida por meio de uma total sintonia entre o sistema estrutural adotado e o desenho arquitetônico pretendido, desde o início do processo projetual.

Já, o projeto do STJ segue a linha dos grandes desafios estruturais que

o arquiteto proporcionou ao calculista Bruno Contarini. Por meio das análises feitas no programa computacional, podemos comparar os resultados da grande viga vazada de concreto e vidro da fachada do edifício, elemento que visualmente tem grande função estética, com uma situação simplificada, sem as aberturas, contribuindo para a valorização da técnica na produção arquitetônica integrada não só com uma engenharia de alta tecnologia, mas também com marcos artísticos, como o painel de Mariane Perret.

Desde as primeiras experiências modernistas na construção, enquanto movimento organizado, na década de 30, o sistema estrutural em concreto armado foi protagonista na concepção da arquitetura moderna brasileira, impulsionando soluções técnicas que se incorporaram ao seu repertório formal herdado



► **Figura 12**


Diagrama de esforços internos — tração e compressão na direção "X" da viga-parede 05 nas duas situações

Fonte: Desenho do Autor, programa SAP 2000



do movimento moderno internacional. Em Brasília, com Oscar Niemeyer, a relação da arquitetura com a técnica é ainda

mais evidente. Para que pudesse criar as formas livres, simples e puras, Niemeyer precisou de apuro tecnológico e soluções

estruturais inovadoras para mais uma vez atingir os limites máximos do concreto armado à época. 

## ▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ANDRADE, Rogério Pontes. Matrizes Tectônicas da Arquitetura Moderna Brasileira 1940 – 1960. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília. Orientadora: Sylvia Fischer. Brasília, 2016.
- [2] INOJOSA, Leonardo da Silveira Pirillo. O Sistema Estrutural na Obra de Oscar Niemeyer. Dissertação de Mestrado submetida à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo, área de concentração Tecnologia. Brasília, 2010.
- [3] INOJOSA, Leonardo da Silveira Pirillo. O Protagonismo da Estrutura na Concepção da Arquitetura Moderna Brasileira. Tese de Doutorado submetida à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Arquitetura e Urbanismo, área de concentração Tecnologia. Brasília, 2019.
- [4] LE CORBUSIER. Por uma Arquitetura. Série estudos, 5ª edição. Editora Perspectiva, São Paulo, 1998.
- [5] MOREIRA, André Luiz Andrade. A Estrutura do Palácio da Justiça em Brasília: Aspectos Históricos, Científicos e Tecnológicos de Projeto, Execução, Intervenções e Proposta de Estratégias para Manutenção. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília. Brasília, DF, 2007.
- [6] MÜLLER, Fábio. Catedral de Brasília, 1958-70: Redução e Redenção; in: Cadernos de Arquitetura e Urbanismo, v. 10, n. 11, p. 9-33, Belo Horizonte, MG, 2003.
- [7] NIEMEYER, Oscar. Minha Arquitetura. Editora Revan, 2000, 3ª edição, Rio de Janeiro, Dezembro de 2000.
- [8] SABBAG, Haifa Y. ... e Fez-se a Obra. De Concreto e Emoção. Revista AU, Editora PINI, ano 3, n. 15, p. 43-55, São Paulo, SP, 1987.
- [9] SANTOS, Roberto Eustáquio dos. A Armação do Concreto no Brasil: História da difusão da tecnologia do concreto armado e da construção de sua hegemonia. Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Educação: “Conhecimento e Inclusão Social”, da Faculdade de Educação da UFMG, Belo Horizonte, MG, 2008.
- [10] TELLES, Pedro Carlos da Silva. Notáveis empreendimentos da engenharia no Brasil. Rio de Janeiro, LTC, 2017.
- [11] UNDERWOOD, David. Oscar Niemeyer e o Modernismo de Formas Livres no Brasil. Cosac & Naify, São Paulo, SP, 2003.



# DURABILIDADE DO CONCRETO

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

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

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

### DADOS TÉCNICOS

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

### Patrocínio



# Da Concha ao Templo – o concreto como agente de cultura no Estádio de Brasília

MONICA AGUIAR – ENG<sup>a</sup> CIVIL, <https://orcid.org/0000-0003-1205-2740> – [monicaaguiar@puc-rio.br](mailto:monicaaguiar@puc-rio.br);  
MARCOS FAVERO – ARQ., <https://orcid.org/0000-0001-8556-4603> – [favero@puc-rio.br](mailto:favero@puc-rio.br) – PUC-Rio

## R E S U M O

**Por meio** da análise dos projetos para o Estádio de Brasília, o objetivo desse artigo é examinar o concreto como agente de cultura, o potencial das edificações como depositárias de história, bem como os processos pelos quais adquirem conformação simbólica. Partindo do projeto inicial de Oscar Niemeyer, em 1961, e considerando os demais projetos que o sucederam até o projeto que deu origem ao estádio em sua forma atual, o artigo busca analisar a constru-

ção do estádio como fato de cultura em uma cidade que, a partir de 1987, inicia um processo de tombamento como patrimônio histórico. A condição de monumentalidade deliberada do estádio, a partir de sua vinculação com os princípios niemeyerianos materializados nos palácios da cidade, cumpre o papel de fixar em sua arquitetura o discurso de Brasília como cidade monumento, que passa a possuir um templo dedicado a um dos deuses do futebol brasileiro.

**PALAVRAS-CHAVE:** CONCRETO, BRASÍLIA, ESTÁDIO, MONUMENTO, TEMPLO.

### 1. INTRODUÇÃO

Edificações contam histórias. São objetos materiais que “cumprem funções básicas, mas também incorporam cultura e expressam a dinâmica de seu destino social, econômico e político” (LOUNSBURY, 2018, p. 485). Objetos em torno dos

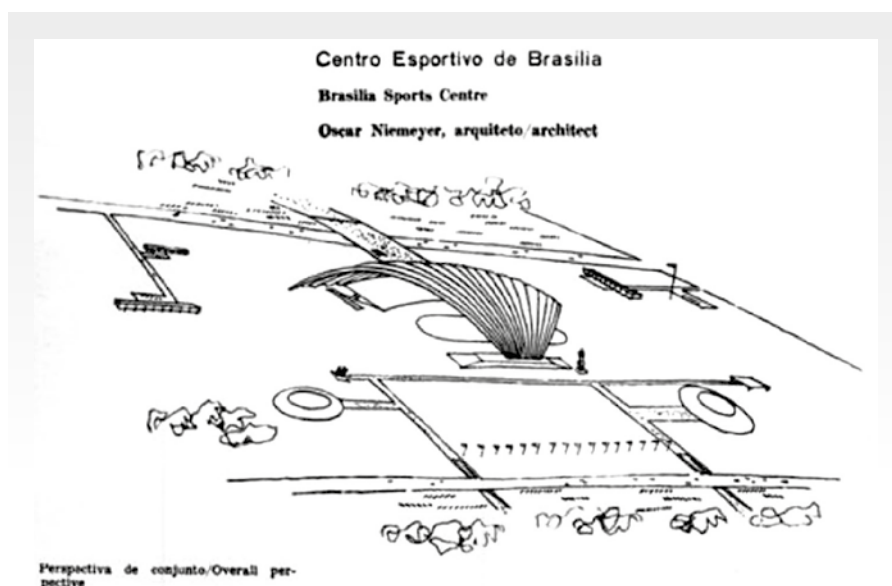
quais a vida acontece e que, aglomerados, formam as cidades que, por sua vez, contam muitas histórias.

Aldo Rossi estudou os problemas das cidades e afirma que a cidade é depositária de história, podendo ser assimilada como obra de engenharia e arquitetura, onde se inserem fatos

urbanos (ROSSI, 2016, p.39). Nas cidades, porém, nem tudo persiste. Elas se modificam com o tempo, refletindo em seu ambiente construído os anseios de sociedades em permanente transformação e, como ressalta Giulio Carlo Argan, relacionando diretamente arquitetura e cultura, a cidade é entidade social e política, e a arquitetura não só lhe dá “corpo e estrutura, mas também a torna significativa com o simbolismo de suas formas” (ARGAN, 1998, p. 243).

Nesse sentido, aquilo que permanece no patrimônio construído da cidade em seu constante processo de transformação – persistências, segundo Rossi – são passados que ainda experimentamos, por sua forma e por seu significado. Para Rossi, as persistências são detectáveis através dos monumentos, dos traçados e planos da cidade. O autor se refere à Brasília como um notável e extraordinário fato arquitetônico:

*A partir da constituição do fato arquitetônico, tem início uma série de outros factos; aqui, a arquitetura entende-se alargada também à projeção de uma nova cidade; Palmarena ou Brasília. Podemos avaliar os projetos destas cidades como projetos de arquitetura – a sua formação é independente, autônoma. Trata-se de projetos específicos com*



### Figura 1

Estádio de Brasília, 1961 – Perspectiva do projeto – Oscar Niemeyer

© Niemeyer, Oscar/ AUTVIS, Brasil, 2022

uma história própria, que pertence à arquitetura. Eles são concebidos, também aqui, segundo uma técnica ou um estilo; segundo princípios e segundo uma ideia geral da arquitetura (ROSSI, 2016, p. 166).

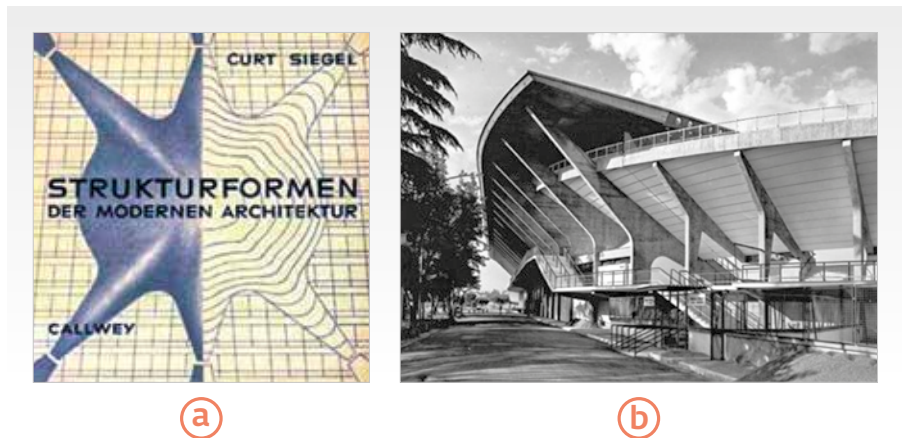
Técnica, estilo e ideia geral do que, historiograficamente, está consolidado como Arquitetura Moderna Brasileira, que, em Brasília, teve os arquitetos Lucio Costa e Oscar Niemeyer e o engenheiro Joaquim Cardozo como figuras centrais de sua implementação. Brasília, portanto, nasce moderna e assim permanece, pois os processos de transformação inerentes às sociedades, e que se refletem no patrimônio construído, foram imobilizados pela outorga do título de Patrimônio Cultural da Humanidade, concedido pela UNESCO em 1987, e sua inscrição no Livro do Tombo Histórico do IPHAN em 1990.

Nesse patrimônio chama atenção o material utilizado para sua construção: o concreto. Adrian Forty abre mão dos princípios usualmente utilizados para se falar do concreto, provenientes de estudos elaborados por engenheiros e químicos, para apontar as qualidades do concreto como agente de cultura (FORTY, 2013, p. 7), extrapolando as fronteiras dos campos disciplinares da arquitetura e da engenharia.

Em Brasília, o concreto transforma-se em agente da modernidade, por meio do qual as ideias do Movimento Moderno se materializaram em edificações. Concreto que, desde os primórdios de sua implementação no Brasil, já participava da modernização do país, principalmente devido ao seu lento processo de industrialização na primeira metade do século XX.

Ao postular que “a forma da cidade é sempre a forma de um tempo da cidade, e existem muitos tempos na forma da cidade” (ROSSI, 2016, p. 72), Rossi nos faz pensar sobre a condição de Brasília como cidade moderna tombada, idealmente imobilizada no tempo, e as possibilidades de transformação que a vida social impõe e tensiona em sua dinâmica urbana no mundo contemporâneo.

Nesse cenário, é intrigante a história



### ► Figura 2

a) Capa do livro escrito por Curt Siegel, 1962; b) Estádio Flaminio, 1960 – Pier Luigi Nervi

Fonte: a) <https://archive.org/details/structureforminm0000sieg/>;

b) <https://www.stadioflaminio.org/index.php?lg=en#stadio-flaminio>

do Estádio Nacional Mané Garrincha. O estádio atual é fruto de uma reforma iniciada em 2010 no estádio inaugurado em 1974. O objetivo da reforma visava capacitá-lo para a realização dos jogos da Copa do Mundo da FIFA em 2014. Segundo o arquiteto Eduardo de Castro Mello, responsável pelo projeto:

*Era um desafio muito grande colocar uma obra dessa dimensão no Eixo Monumental. Não poderia ser algo que viesse a chocar visualmente. Então, a gente detectou algumas características dos projetos do Oscar e procurou traduzir isso de uma forma adequada para o estádio.*

O estádio novo já nasce monumental. Porém, segundo Françoise Choay, existe uma diferença entre monumento e monumento histórico. Para a autora,

*O monumento é uma criação deliberada cuja destinação foi pensada a priori, de forma imediata, enquanto o monumento histórico não é, desde o princípio, desejado e criado como tal; ele é constituído a posteriori pelos olhares convergentes do historiador e do amante da arte, que o selecionam na massa dos edifícios existentes, dentre os quais os monumentos representam apenas uma parte (CHOAY, 2017, p. 25).*

Faz sentido, portanto, pensar nesse novo estádio como criação deliberada de um monumento para a cidade, ela mesma cidade monumento. Essa operação conceitual se insere de modo ainda mais coerente ao vincular sua arquitetura à arquitetura niemeyeriana que, associada ao plano urbanístico de Lucio Costa, monumentalizou o setor da cidade destinado à representação do poder na nova capital. Curioso ainda notar que o estádio de 1974 não foi construído a partir do projeto original de Oscar Niemeyer.

Assim, por meio da análise dos projetos do estádio de Brasília, esse artigo buscará explicitar as transformações pelas quais passaram as ideias que mobilizaram sua gênese, bem como compreender as características de monumentalidade deliberada que conferem o caráter simbólico de sua forma atual, tendo o concreto como agente de cultura em todo o processo.

## 2. OS PROJETOS DE NIEMEYER: A FORMA-ESTRUTURA

*Mas foi em Brasília que minha arquitetura se fez mais livre e rigorosa. [...] Minha preocupação foi caracterizá-la com as próprias estruturas. (NIEMEYER, 1978, p. 42).*

<sup>1</sup> <http://ge.globo.com/futebol/copa-do-mundo/noticia/2012/11/novo-mane-garrincha-segure-padrao-de-niemeyer-afirma-projetista.html>.

Em 1961, Niemeyer publicou o projeto para o Centro Esportivo de Brasília na revista *Módulo* nº24, cujo memorial descritivo previa um estádio principal destinado ao futebol e ao atletismo, além de outros dois estádios menores destinados aos esportes aquáticos e às disputas de tênis, basquete e vôlei. Uma cobertura nervurada em formato de concha, composta por grandes arcos, abrigava uma ampla área que poderia também ser utilizada para espetáculos de música e teatro (Figura 1).

A proposta para a grande cobertura estava em sintonia com as pesquisas formais e estruturais relacionadas às possibilidades construtivas do concreto armado naquele período histórico. Karl-Eugen Kurrer se refere ao período como *Innovation phase* (1950-1975), fase de desenvolvimento de metodologias que permitiram o cálculo de coeficientes de rigidez de estruturas de cascas complexas (KURRER, 2008, p. 40).

A expressão estrutural da arquitetura, possibilitada pelas propriedades de monoliticidade e moldabilidade do concreto armado, estava presente em projetos realizados em vários países nas décadas de 1950 e 1960, como é possível perceber nas pesquisas da forma-estrutura de Curt Siegel e Pier Luigi Nervi (Figura 2).

Para Ada Louise Huxtable, Nervi,

com a clareza de suas estruturas combinada à graça de suas formas, deu um novo significado à palavra “beleza”, e sua importância residia na reunificação de arquitetura e engenharia (HUXTABLE, 1960, p. 16). Segundo Nervi, construir corretamente constituía a essência da arquitetura, que, por meio da precisão estrutural, adquiria identidade com a verdade funcional, técnica e econômica, além da condição necessária e suficiente para atingir resultados estéticos satisfatórios. No contexto dos debates sobre a arquitetura moderna na década de 1950, parte da arquitetura se expressava como forma-estrutura em concreto aparente.

No Brasil, Affonso Eduardo Reidy, João Batista Vilanova Artigas, Paulo Mendes da Rocha, entre outros arquitetos, em parceria com engenheiros como Augusto Carlos de Vasconcelos, Arthur Eugênio Jermann, José Carlos de Figueiredo Ferraz, entre outros, participaram daquele movimento. No final da década de 1950, ao caracterizar sua arquitetura com as próprias estruturas, Niemeyer percorreu esse caminho ao lado do engenheiro Joaquim Cardozo, resultando na monumentalidade associada à expressão de leveza das estruturas dos palácios de Brasília.

Na edição da revista *Módulo* nº24, Cardozo descreve a solução estrutural

do estádio de Brasília como sendo “apenas os primeiros resultados encontrados para a caracterização geométrica da cobertura”, uma vez que o projeto arquitetônico ainda se encontrava em fase inicial (Figura 3).

Cardozo menciona:

*[...] a execução de cascas delgadas entre os arcos que, sobre representarem elementos leves, facilitarão o escoamento das águas pluviais. Em caso de necessidade serão utilizados métodos modernos de construção, como o que corresponde ao emprego do ferro solto que, segundo Herman Bay, substituem economicamente em muitos casos o concreto protendido (CARDOZO, 1961, p. 11).*

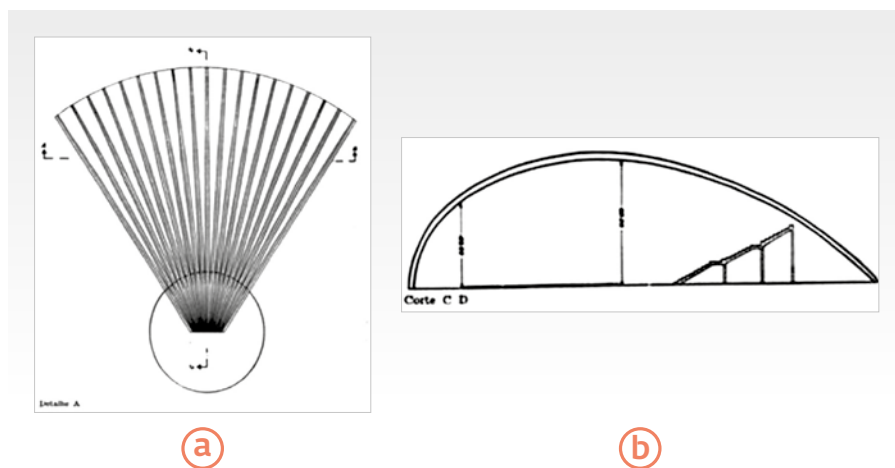
Em 1970, morando em Paris, Niemeyer altera o projeto do estádio, porém com o compromisso de “mantê-lo com o mesmo espírito, isto é, inovador e diferente”. Segundo o arquiteto, o principal problema seria a cobertura, pois:

*A proteção de todo o público nas áreas insoladas seria problema que nos países tropicais como o Brasil assume maior importância. Diversas soluções têm sido sugeridas, mas o assunto é complexo e nenhuma delas – é fácil constatar – o resolveu plenamente (NIEMEYER, 1970).*

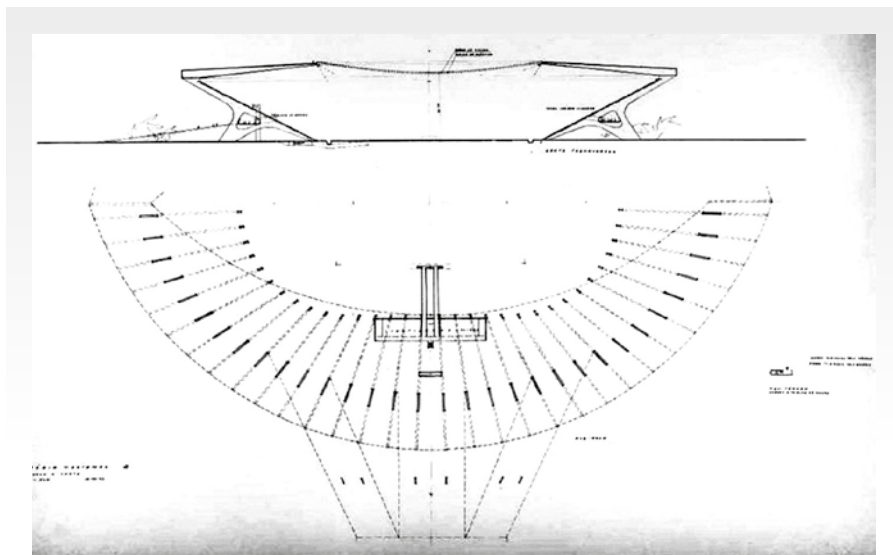
Segundo Niemeyer, a solução da cobertura contou com a colaboração do engenheiro Fabreguettes, cuja qualificação o arquiteto fez questão de frisar ao afirmar tratar-se do “responsável pelo cálculo das usinas atômicas da França”. O projeto previa a construção da cobertura em etapas, sendo a terceira e última destinada ao posicionamento dos cabos de nylon afastados 2 metros entre si, dando suporte a placas de material plástico.

A parte inferior do estádio foi concebida a partir dos parâmetros convencionais de acomodação e circulação do público por rampas e galerias, cuja estrutura de concreto tinha uma modulação de 10 metros para posicionamento de seus apoios (Figura 4).

O fato é que nenhum dos dois projetos de Niemeyer foi construído. O arquiteto que projetou os palácios de Brasília não conseguiu materializar na cidade o que teria sido, de todos, o palácio mais



► **Figura 3**  
Estádio de Brasília, 1961 – Esquema estrutural da cobertura  
Joaquim Cardozo  
Fonte: *Módulo*, 24, 1961



► **Figura 4**  
Estádio Nacional de Brasília, 1970 – Oscar Niemeyer  
© Niemeyer, Oscar/AUTIS, Brasil, 2022

o governo do Distrito Federal decidiu pela reforma do Estádio Mané Garrincha com o objetivo de fazer de Brasília uma de suas cidades-sede. Para isso, seria necessário ampliar a capacidade do estádio existente, além de atender todas as especificações da FIFA.

Eduardo de Castro Mello, filho de Ícaro e arquiteto à frente do escritório Castro Mello Arquitetos, foi o responsável pelo novo projeto. Interessante perceber que, como mencionado anteriormente, a concepção arquitetônica do novo estádio tem como um de seus princípios o caráter de monumentalidade e sua vinculação com a arquitetura dos palácios projetados por Niemeyer para a cidade (Figura 7).

O partido tipológico niemeyeriano para os palácios de Brasília foi descrito por Rodrigo Queiroz, em seu artigo “A Revisão Crítica de Oscar Niemeyer”. Queiroz chama a atenção para o fato de que nos palácios de Brasília, Niemeyer opera de modo conciso a partir da fusão entre forma e estrutura e projeta cada palácio como uma “caixa de vidro contida no interior da projeção da cobertura plana, por sua vez envolvida por peristilo de pilares” (QUEIROZ, 2017, p. 219). Cabe aqui observar que essa tipologia é a mesma da adotada na arquitetura

popular. Um lugar de congregação e alegria onde ídolos e adoradores do esporte mais apreciado do país poderiam se apropriar de um espaço arquitetônico e agregar inúmeras camadas de significado a uma obra de arquitetura e engenharia. Essa oportunidade foi dada à Ícaro de Castro Mello.

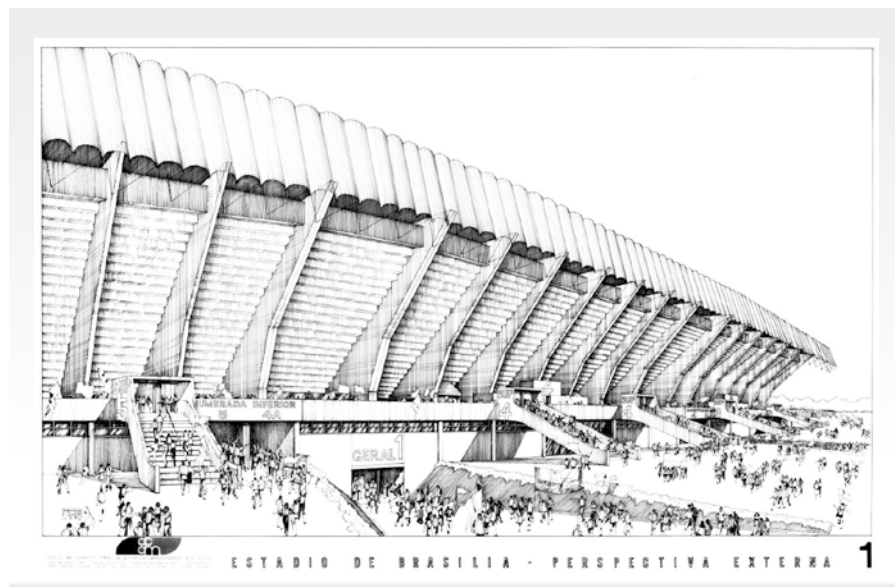
### 3. OS PROJETOS DE CASTRO MELLO ARQUITETOS: FORMA ESTRUTURA E MONUMENTALIDADE

A inauguração do Estádio Governador Hélio Prates da Silveira, em 1974, deu finalmente à cidade de Brasília o seu tão sonhado estádio, que na década de 1980, foi rebatizado como Estádio Mané Garrincha. Obras inacabadas não impediram a realização do primeiro jogo de futebol. O projeto do estádio estava inserido no Complexo Poliesportivo Presidente Médici.

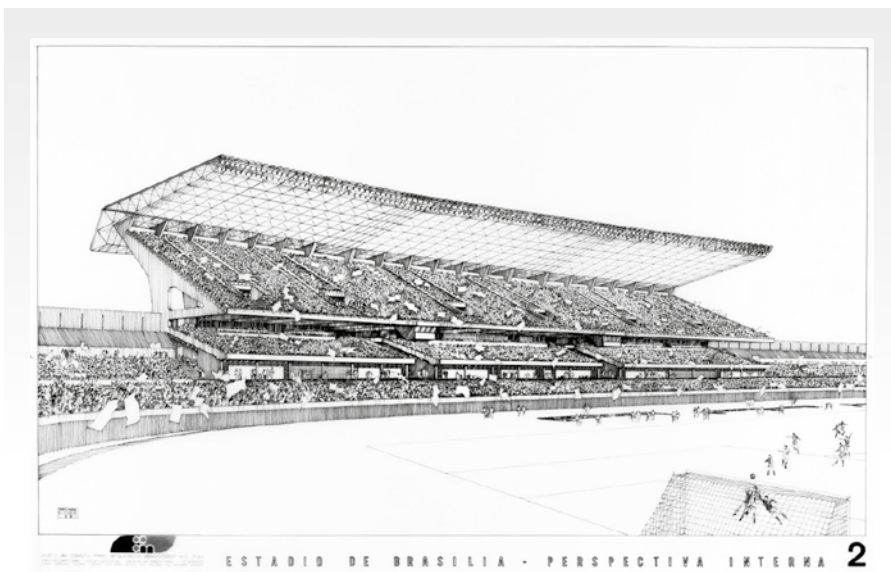
Projetado pelo engenheiro-arquiteto Ícaro de Castro Mello – profissional com grande experiência na área, responsável pelo projeto de inúmeros conjuntos esportivos, dentre eles o Ginásio do Ibirapuera, em São Paulo em 1952 – o estádio fazia parte de um conjunto de equipamentos poliesportivos. No entanto, a raridade de ocorrências das competições de caráter olímpico

fez com que a construção completa do estádio nunca fosse concluída. O projeto, de certa forma, repetia a solução de forma-estrutura em concreto aparente usual na década de 1970, e materializada em inúmeros estádios construídos no país (Figuras 5 e 6).

Após a escolha do Brasil, em 2009, para sediar a Copa do Mundo de 2014,



► **Figura 5**  
Estádio Mané Garrincha – Perspectiva externa – Ícaro de Castro Mello  
Fonte: Acervo Ícaro de Castro Mello – Biblioteca FAUUSP



► **Figura 6**

Estádio Mané Garrincha – Perspectiva interna – Ícaro de Castro Mello

Fonte: Acervo Ícaro de Castro Mello – Biblioteca FAUUSP

clássica do templo grego, cujo exemplar paradigmático é o Parthenon.

Esse mesmo partido, guardadas as devidas proporções e respeitando as especificidades de programa, se repete no projeto do estádio. A cobertura plana aqui é a estrutura de concreto que forma o anel de compressão de 22 m de largura, situado a uma altura de 46 m. O peristilo é formado pelo conjunto de 288 pilares de seção circular de 1,50m e 1,20m de diâmetro, que suportam a cobertura e são dispostos ao longo do perímetro da edificação. Peristilo que envolve as arquibancadas recuadas da fachada circular, que, em uma analogia com o templo grego, fazem o papel do pronau, ou antecâmara, que, por sua vez, envolve o campo de futebol, no templo grego a cela, ou nau, local das divindades, que ali protagonizam o ritual do jogo.

A vinculação com os palácios de Brasília está estabelecida não apenas pela estratégia projetual do estádio, mas também pela escolha de sua materialidade. Algumas vezes aparente, outras não, o concreto para Niemeyer tinha um significado especial. Em refle-

xão sobre a forma moderna na arquitetura, o arquiteto escreve:

*A forma plástica evoluiu na arquitetura em função das novas técnicas e dos novos materiais que lhe dão aspectos diferentes e inovadores.*

*Primeiro, foram as formas robustas que as construções em pedra e argila obrigavam; depois, surgiram as abóbadas, os arcos e as ogivas, os vãos imensos, as formas livres e inesperadas que o concreto permite e os temas modernos solicitam (NIEMEYER, 1978, p. 16).*

O concreto de Brasília é o concreto de Niemeyer, arquiteto que, como poucos, compreendeu a potencialidade plástica e expressiva do material estrutural a partir de suas propriedades de moldabilidade e monoliticidade. O concreto de Niemeyer é, por conseguinte, um agente da cultura da modernidade no Brasil. O projeto do estádio em sua forma atual faz uma ponte que conecta o concreto da contemporaneidade com o concreto da modernidade em Brasília.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS: O COLISEU DA NOVA ROMA

O interesse dessa análise é ampliar a compreensão do concreto como agente de cultura, além de, por meio da história de um projeto, trazer à luz o vir a ser de uma edificação e as histórias que ela pode contar. Uma delas, a de sua inauguração.



► **Figura 7**

Estádio Nacional de Brasília – Eduardo Castro Mello

Fonte: [https://en.wikipedia.org/wiki/Est%C3%A1dio\\_Nacional\\_Man%C3%A9\\_Garrincha#/media/File:Brasilia\\_Stadium\\_-\\_June\\_2013.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Est%C3%A1dio_Nacional_Man%C3%A9_Garrincha#/media/File:Brasilia_Stadium_-_June_2013.jpg)

<sup>2</sup> <https://congressoemfoco.uol.com.br/projeto-bula/reportagem/aldo-brasilia-tem-o-mais-belo-estadio-da-copa/>

Na cerimônia de inauguração do novo estádio, o então ministro Aldo Rebelo citou em seu discurso a conhecida expressão de Darcy Ribeiro ao se referir à Brasília como a nova Roma. Empolgado com o evento, disse o ministro: "Esta nova Roma acaba de ganhar seu Coliseu"<sup>2</sup>.

A fala do ministro remete à questão do monumento, abordada aqui anteriormente. Rebelo atribui ao novo

estádio – cujo projeto arquitetônico de configuração monumental como "criação deliberada", construído com concreto, material da modernidade – as qualidades simbólicas do monumento histórico. A imagem poderosa do Coliseu, arquetípica das arenas esportivas, foi convocada pelo ministro para dar conta do impacto emocional que a forma do novo estádio provocava. Segun-

do Rossi, "o discurso da imagem é inútil caso ele não se concretize na arquitetura que forma essa imagem" (ROSSI, 2016, p. 165). Nesse sentido, o Estádio Nacional de Brasília Mané Garrincha cumpre seu papel. O papel de fixar em sua arquitetura o discurso de Brasília como cidade monumento, que passa a possuir um templo dedicado a um dos deuses do futebol brasileiro. ☐

## ▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ARGAN, G. C. História da arte como história da cidade. São Paulo: Martins Fontes, 1998, 280 p.
- [2] CARDOZO, J. Primeiros ensaios para a estrutura do Estádio de Brasília. Módulo, n. 24, p. 11, 1961.
- [3] CHOAY, F. A alegoria do patrimônio. São Paulo: Ed. UNESP, 2017, 282 p.
- [4] FORTY, A. Concrete and Culture: a material history. London: Reaktion Books, 2013, 335 p.
- [5] HUXTABLE, A. L. Pier Luigi Nervi. Masters of World Architecture. New York: George Braziller, 1960, 128 p.
- [6] KURRER, K. E. The history of the theory of structures: From arch analysis to computational mechanics. Berlin: Ernst & Sohn, 2008, 848 p.
- [7] LOUNSBURY, C. R. Architectural and Cultural History. In: HICKS, D; BEAUDRY, M. C. (Org.) Material Culture Studies. Oxford: Oxford University Press, 2018, 774 p.7
- [8] NIEMEYER, O. A forma na arquitetura. Rio de Janeiro: Avenir, 1978, 54 p.
- [9] \_\_\_\_\_. Estádio Brasília. Paris, 16 outubro, 1970. Fundação Oscar Niemeyer. Coleção Oscar Niemeyer. Disponível em: <http://niemeyer.org.br/obra/pro158>. Acesso em 22 mai. 2022.
- [10] QUEIROZ, R. A Revisão Crítica de Oscar Niemeyer. In: BRUNA, P.; GUERRERO, I. (Org.). Quatro Ensaio sobre Oscar Niemeyer. Cotia: Ateliê Editorial, 2017, 338 p.
- [11] ROSSI, A. A arquitetura da Cidade. Lisboa: Edições 70, 2016, 240 p.



# Prática Recomendada IBRACON Concreto Autoadensável

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

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

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

### DADOS TÉCNICOS

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

### Patrocínio



# Projeto mapeia fornecimento e qualidade do concreto usinado no Distrito Federal

FÁBIO LUÍS PEDROSO – EDITOR, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5848-8710> – [fabio@ibracon.org.br](mailto:fabio@ibracon.org.br)

O Projeto Indicadores do Concreto é uma pesquisa mensal realizada nos canteiros de obras de incorporações imobiliárias que mapeia a logística de fornecimento e a qualidade do concreto usinado no Distrito Federal.

Esse mapeamento surgiu de uma crise de fornecimento no setor em 2009 em virtude da forte demanda na época, após um longo período de estagnação do setor. Dos encontros periódicos das construtoras associadas ao Sinduscon-DF com concreteiras e laboratórios de controle tecnológico na busca de soluções compartilhadas nasceu o projeto piloto, no qual participaram cinco canteiros de obras. A partir da certificação da metodologia, buscou-se a expansão e maior representatividade do projeto.

Em julho de 2010, foi lançada a primeira etapa com duração de um ano. Atualmente, o projeto está na 13ª etapa.

Atualmente, são cerca de 395 canteiros de obras no Distrito Federal cadastrados no Projeto, sendo 30 o número médio de canteiros que participam por etapa, enviando mensalmente seus dados para a equipe técnica do projeto, numa planilha Excel padrão. Essa equipe técnica, formada por profissionais de engenharia civil, estatística e tecnologia da informação, e coordenada pelo presidente da Diretoria de materiais e tecnologia do Sinduscon-DF, compila os dados recebidos e os consolida em dois tipos de indicadores:

## 1 - Indicadores de programação:

- Total de concretagens;
- Pontualidade no início das concretagens;
- Atraso no início das concretagens;
- Volume de concreto ( $m^3$ );

- Vazão de concretagem ( $m^3/h$ );
- Concretagens que utilizam concreto bombeado;
- Ocorrência de problemas nas concretagens;
- Tipificação dos problemas ocorridos durante as concretagens;
- Diferença entre o volume programado e o executado superior a 10%;
- Indicador de horas extras nas concretagens;

## 2 - Indicadores de análise tecnológica:

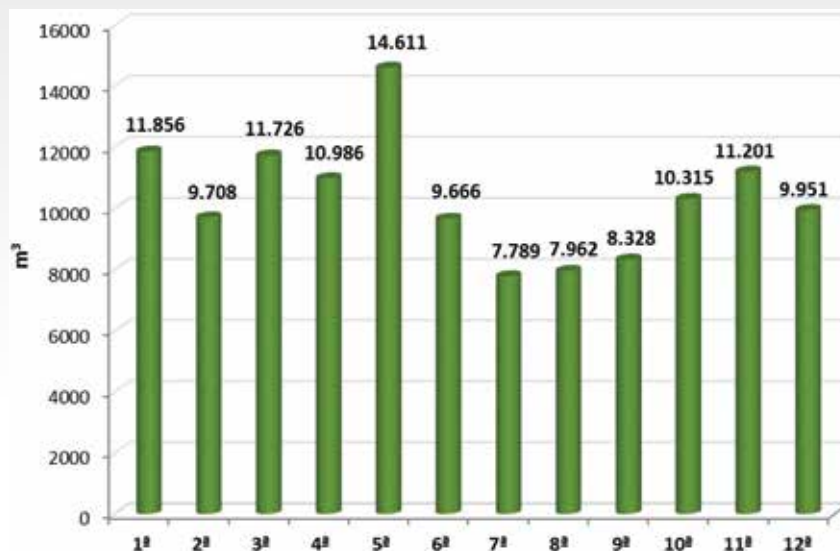
- Número de caminhões betoneira de concreto recebidos;
- Número de caminhões betoneira com corpos de provas moldados na obra;
- Número de caminhões devolvidos por slump acima do contratado pela construtora junto à concreteira;

- Número de séries com resistência inferior ao  $f_{ck}$  previsto em projeto. Percentualmente, o Projeto abrange cerca de 80% dos canteiros de obras imobiliárias formais e 30% do concreto usinado produzido em Brasília.

Os indicadores são publicados no site [www.projetoconcreto.org.br/site](http://www.projetoconcreto.org.br/site).

Bimestralmente, as empresas participantes recebem relatórios customizados com os quais podem comparar seus indicadores com os indicadores disponibilizados no site e as medianas do projeto. Com isso, têm à disposição uma ferramenta de gestão do processo de concretagem em seus canteiros de obras.

O Projeto Indicadores do Concreto é patrocinado pela empresa Federação das Indústrias de Brasília (Fibra) e pelo Senai-DF.



► **Figura 1**  
Volume médio concretado por etapa



## 1. INDICADORES MÉDIOS

O volume médio anual por etapa das concretagens tem girado em torno de 11 mil metros cúbicos, com um pico, em 2014, quando alcançou 14.600 m<sup>3</sup> e volumes de cerca de 7.000 m<sup>3</sup> nos anos de 2016 a 2018 (Figura 1).


Se no início do Projeto, a pontualidade no início da concretagem era um problema, estando presente em apenas pouco mais da metade dos canteiros de obras, nos últimos anos ela tem sido cumprida em quase 90% dos canteiros. Tanto é assim que a diferença entre o volume de concreto programado e o volume de concreto executado superior a 10% caiu ao longo do período avaliado (Figura 2).

O motivo principal para ser o não cumprimento da pontualidade no início da concretagem mudou também com o tempo: no início a responsabilidade pelo atraso era basicamente da concreteira; nos últimos anos, concreteiras e canteiros dividem essa responsabilidade.

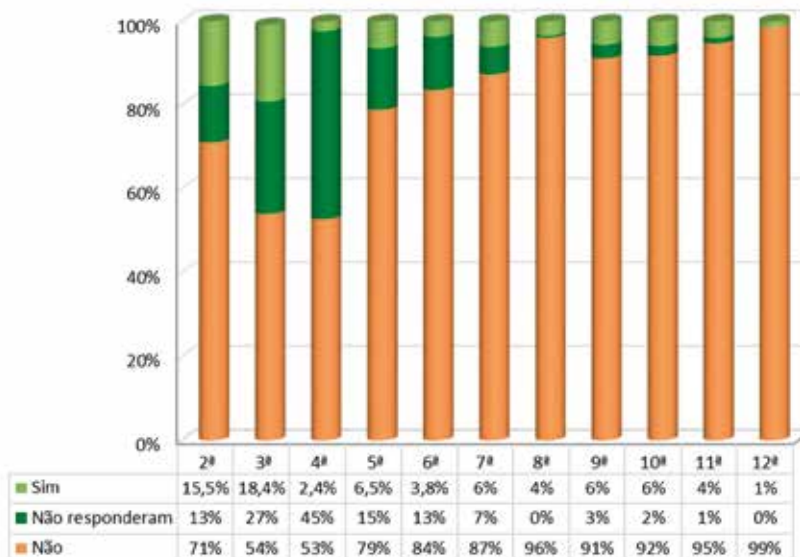
Os problemas de concretagem são de 3% a 10% das ocorrências nos canteiros de ano a ano, sendo que os principais são: descontinuidade do processo de concretagem; execução da concretagem; e qualidade do concreto (Figura 3).

Na avaliação do presidente do Sinduscon-DF, Eng. Dionyzio Antonio Martins Klavdianos, "a análise dos indicadores permite refletir o estado da arte do setor e o que se conclui é que, de fato, há uma acomodação em patamares relativamente fracos, por exemplo, a média de vazão histórica de concretagem, que é de meros 12 m<sup>3</sup>/h!".

Segundo ele, a não participação das concreteiras no Projeto não possibilitou efetivar ainda uma melhoria de qualidade do processo de concretagem com base nos indicadores apurados.

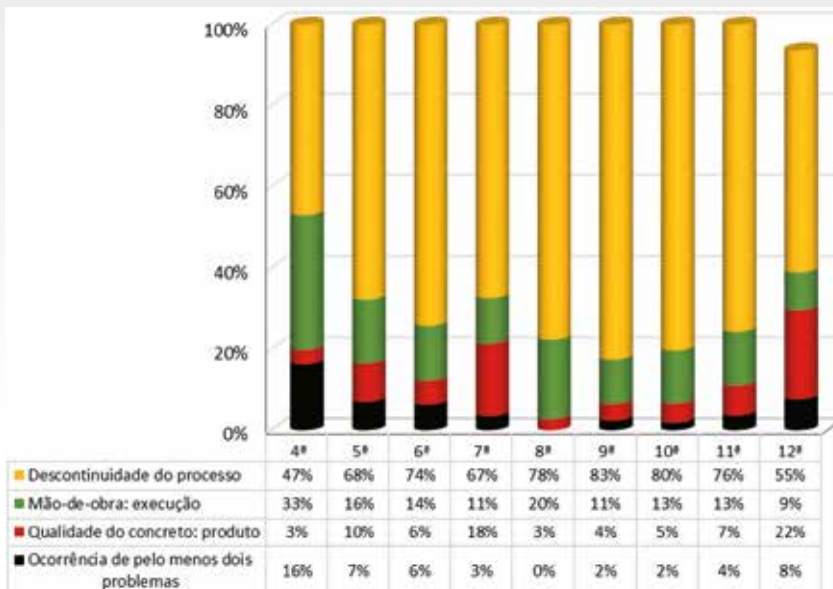
No entanto, o Projeto está com perspectiva de se expandir para outras cidades – já começou a receber dados de canteiros de obras de Goiânia - e de ampliar seus indicadores de qualidade do concreto, incluindo, por exemplo, o módulo de elasticidade do concreto e resultados de ensaios da qualidade dos agregados do concreto utilizados na elaboração do insumo. 

**Média por etapa relativa à questão: A diferença entre o volume de concreto programado e o executado foi superior à 10%?**



► **Figura 2**

Diferença entre o volume programado e o volume concretado superior a 10%



► **Figura 3**

Tipificação dos problemas ocorridos durante a concretagem

# Avaliação da **qualidade** do **concreto** **usinado** produzido no **Distrito Federal**

JORDANNA S. VERAS – ENG.<sup>a</sup> CIVIL – jordannasaboia@gmail.com; VITOR M. S. NUNES – ENG. CIVIL;  
VALDIRENE M. S. CAPUZZO – PROF.<sup>a</sup> – UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, UNB

## R E S U M O

**Por meio** do Projeto Indicadores do Concreto, concebido pelo Sinduscon-DF, verificou-se que diversos concretos usinados produzidos no Distrito Federal não atendiam às especificações de projeto. Com o objetivo de se quantificar tal inconformidade, foi realizada a avaliação da qualidade do concreto usinado produzido na região. Durante o estudo foi elaborado um banco de dados com 1.106 resultados englobando as consistências S100, S160 e S220 e a resistência à

compressão para as classes C30 e C40. Todos os ensaios de resistência à compressão foram realizados pelo SENAI e englobam idades diversas. Os resultados foram utilizados para calcular a mediana, a média, o desvio-padrão e a distribuição normal das resistências dos concretos. Dessa forma, foi possível apresentar um panorama da qualidade do concreto usinado produzido no Distrito Federal, de modo a produzir um retorno para a sociedade e para o setor da construção civil.

**PALAVRAS-CHAVE:** QUALIDADE DO CONCRETO, CONTROLE TECNOLÓGICO, ANÁLISES ESTATÍSTICAS, CONSISTÊNCIA, RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO.

## 1. INTRODUÇÃO

O uso do concreto usinado auxilia no enfrentamento de dificuldades da construção civil, tais como: escassez de mão de obra especializada e falta de espaço para armazenamento de materiais no canteiro (ISAIA, 2011). Na contratação desse material, a concreteira é responsável por entregar o concreto com as características especificadas em contrato, enquanto a contratante deve realizar o controle tecnológico do material.

O controle tecnológico é caracterizado pela verificação de, ao menos, duas propriedades fundamentais do material, sendo elas a consistência e a resistência à compressão, conforme especificado na NBR 12655 (ABNT, 2022). A primeira delas é medida de forma indireta por meio do ensaio de abatimento do tronco de cone, regido pela NBR 16889 (ABNT, 2020). O segundo indicador a ser verificado é a resistência à compressão, obtido por meio de ensaio realizado de acordo com a NBR 5739 (ABNT, 2018).

Do ponto de vista estatístico, o controle pode ser feito por amostragem parcial ou total. No primeiro caso, não se tem a identificação exata

da peça estrutural que recebeu o concreto e apenas algumas betonadas são testadas para resistência à compressão. Já, no segundo caso, todas as betonadas possuem corpo de prova para a comprovação da sua resistência, sendo esse método mais utilizado por promover uma maior rastreabilidade do material.

Os resultados obtidos dos ensaios de resistência à compressão são importantes para as construtoras e concreteiras. Para a primeira, a aceitação do concreto está condicionada ao atendimento da resistência característica de projeto. Já, para a segunda, os resultados podem ser submetidos a análises estatísticas, onde é possível analisar o controle de qualidade, verificando seu desempenho produtivo, indicado principalmente pelo desvio-padrão (ISAIA, 2011).

Devido à complexidade e importância do concreto usinado no Distrito Federal, torna-se necessária a realização de um estudo para se avaliar a qualidade do material produzido na região, empregando análise estatística. Utiliza-se, para isso, indicadores de controle tecnológico, o que pode contribuir com as construtoras para maior aceitação do concreto, com as concre-

teiras para melhorias no processo produtivo e com o mercado da construção civil de forma geral.

## 2. METODOLOGIA

Foram realizados estudos de indicadores estatísticos para concretos usinados de classe de resistência C30 e C40 produzidos no Distrito Federal por meio da construção de um banco de dados a partir de uma parceria entre os autores, o Sindicato da Indústria da Construção Civil do Distrito Federal (Sinduscon-DF) e o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI). Os dados coletados foram submetidos a análises estatísticas, definidas de acordo com a quantidade de resultados obtidos.

### 2.1 Banco de dados

O banco de dados foi constituído por ensaios de resistência à compressão realizados pelo SENAI e de consistência, realizados em campo, onde foram utilizados concretos usinados de classes de resistência característica C30 e C40 e de consistência de classe S100, S160 e S220. É importante salientar que todos os dados coletados foram

## ► Tabela 1

Níveis de controle com base no desvio-padrão

Classe de operação	Variação geral				
	Desvio-padrão para diferentes níveis de controle (MPa)				
	Excelente	Muito bom	Bom	Baixo	Muito baixo
Testes gerais de construção	Abaixo de 2,8	2,8 a 3,4	3,4 a 4,1	4,1 a 4,8	Acima de 4,8
Testes em laboratório	Abaixo de 1,4	1,4 a 1,7	1,7 a 2,1	2,1 a 2,4	Acima de 2,4

Fonte: ACI 214 R (2002), adaptado

obtidos com autorização das empresas responsáveis pela aplicação do concreto em obra.

### 2.2 Análises estatísticas

Com os resultados dos ensaios compilados em planilhas eletrônicas, realizou-se o tratamento de dados com dois pilares estatísticos principais: a estatística descritiva, caracterizada pelo resumo e descrição de uma grande massa de dados em informações de interesse; e a inferência estatística, caracterizada pela extrapolação de uma certa quantidade limitada de dados obtidos. Com a organização inicial dos dados, foi realizada a eliminação de dados espúrios (outliers), que são aqueles que diferem drasticamente dos dados em análise. Após a retirada desses elementos, prosseguiu-se com as análises envolvendo parâmetros de posição, utilizando a média e a mediana, e parâmetros de dispersão, com enfoque para o des-

vio-padrão. Esse indicador também foi utilizado para estabelecer os níveis de qualidade do controle de produção do concreto, sendo utilizado para isso o ACI 214 R [H2](2002), conforme apresentado na Tabela 1.

Com os resultados das resistências do concreto, foi obtida a curva de distribuição normal dos concretos de classe C30 para a resistência de  $28 \pm 3$  dias, o que possibilitou calcular a probabilidade de ocorrência de um valor inferior ao solicitado em projeto. Dessa forma, foi possível verificar se os concretos de classe C30 fornecidos pelas concreteiras estudadas e empregados no Distrito Federal atendem à resistência à compressão solicitada em projeto.

### 2.3 Controle e aceitação do concreto

O controle e a aceitação do concreto foram baseados nos ensaios de consistência e de resistência à compressão. A consistência é avaliada seguindo

a NBR 16889 (ABNT, 2020), tendo como referencial o valor do abatimento e da tolerância requeridos pelas construtoras. Assim, cada caminhão betoneira foi classificado em conforme, caso o seu abatimento se encontre dentro do intervalo.

Para a resistência à compressão, o valor obtido no ensaio do exemplar em análise é a própria resistência característica estimada da betonada, uma vez que, em todas as concreteiras da pesquisa, o controle tecnológico foi realizado por amostragem total. Classificou-se cada betonada como aprovada, caso a resistência à compressão do exemplar fosse igual ou maior que a resistência à compressão de projeto. Assim, calculou-se o percentual de aprovação.

## 3. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 3.1 Banco de dados

Foram coletados 1.106 dados relativos aos ensaios de compressão e consistência de três obras diferentes localizadas no Distrito Federal, referentes a três concreteiras distintas. Cada concreteira recebeu uma codificação (A, B e C) para que as análises fossem direcionadas ao concreto usinado da região de forma geral, evitando qualquer exposição das empresas. A Tabela 2 indica o número de dados coletados por empresa participante.

Os dados coletados contemplam concretagens ocorridas entre setembro de 2021 e março de 2022. Assim, 10,7% das concretagens ocorreram no período de estiagem em Brasília, no mês de setembro, enquanto 89,3% ocorreram entre outubro de 2021 e março de 2022. A distribuição dos dados ao longo do tempo de análise está apresentada na Figura 1.

O ano de 2021 contempla 45,6% dos dados, com uma forte concentração

## ► Tabela 2

Quantidade de dados

Código concreteira	Nº dados
Concreteira A	272
Concreteira B	672
Concreteira C	162
<b>Total</b>	<b>1.106</b>

## ► Figura 1

Distribuição de ensaios por concreteira



de dados da concreteira A, já os três primeiros meses de 2022 contemplam 54,4% dos dados, com uma concentração de dados da empresa B em janeiro e um maior equilíbrio nos meses subsequentes.

Observou-se que as construtoras analisadas optam por rompimentos nas idades de 7 e 28 dias. As duas idades representam 77,6% dos resultados, sendo 38,7% para 7 dias e 38,9% para 28 dias. Os demais resultados, 22,4%, contemplam rompimentos variados entre 3 e 41 dias de idade.

De forma geral, as três obras acompanhadas estavam em etapas similares de desenvolvimento, realizando a concretagem de elementos de fundação. Para esses elementos estruturais, a maioria das concretagens foram para concretos de classe C30, representando 92,5% dos dados coletados. A segunda classe de resistência mais utilizada foi a C40, com 4,5% do total, sendo fornecido apenas pela concreteira A. O concreto menos solicitado foi o de classe C25, representando apenas 2,7% do total, fornecido apenas pela concreteira B, o qual não será utilizado nas análises seguintes por não possuir dados comparativos suficientes e nem valores de resistência acima de 7 dias, até o momento do final da coleta de dados.

Já, no que se refere ao indicador de consistência do concreto em estado fresco, os dados são apresentados na Tabela 3, de acordo com o intervalo da classe de consistência em que o material foi solicitado.

**Tabela 3**  
Dados por consistência solicitada

Classe de consistência	Abatimento solicitado	Nº dados
S100	140	30
S160	160	56
	190	36
S220	220	238
	240	734
Não informado		12
<b>Total geral</b>		<b>1.106</b>

**Tabela 4**  
Média, mediana e desvio-padrão

Agrupamento analisado	Idade dos CPs	Média (MPa)	Mediana (MPa)	Desvio-padrão (MPa)
Classe C30	28 dias	33,6	33,9	3,8
Classe C40	28 dias	38,1	38,3	4,8
C30 – Concreteira A	28 dias	34,1	33,9	3,6
C30 – Concreteira B	28 dias	33,2	32,9	3,8
C30 – Concreteira C	28 dias	39,1	39,6	6,4
Abatimento S160 e Classe C30	28 dias	35,7	34,6	5,1
Abatimento S220 e Classe C30	28 dias	33,5	33,1	3,8
Classe C30	Todas	30,6	30,5	4,8
Classe C40	Todas	33,9	33,4	5,2
C30 – Concreteira A	Todas	31,9	31,8	4,3
C30 – Concreteira B	Todas	30,5	30,4	4,6
C30 – Concreteira C	Todas	28,5	27,7	5,9

Os dados se concentraram na classe de consistência S220, representando 87,8% dos casos. A classe S160 representa 8,3% dos casos analisados, enquanto a classe S100 representa 2,7%. A procura por abatimentos mais elevados advem da etapa construtiva, contemplando a concretagem de elementos de fundação, como a estaca hélice contínua, que demanda uma rapidez maior de preenchimento do espaço pelo concreto usinado.

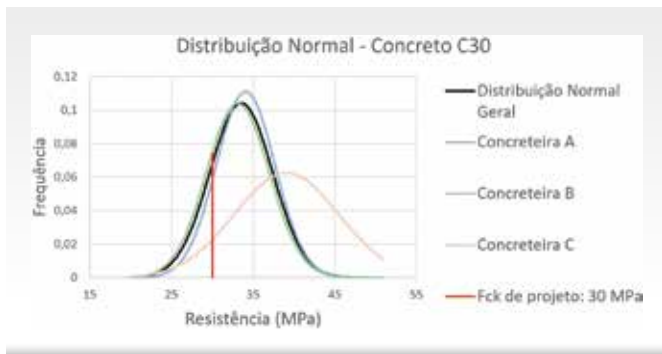
### 3.2 Análises estatísticas

A interpretação dos dados a partir dos indicadores de posição central, como média e mediana, auxiliam a entender o comportamento dos dados em comparação com a resistência à compressão de projeto, ou seja, se os dados estão próximos de um cenário de aceitação ou rejeição. Porém, além desses indicadores, faz-se necessário compreender também os indicadores de dispersão – esses são úteis para que se identifique o afastamento em relação à posição central (essa medida estabelece referência para as concreteiras usarem no processo de dosagem racional do material). A média, mediana e desvio-padrão calculados para cada análise realizada estão apresentados na Tabela 4.

Identifica-se uma diferença de 25,6% entre o desvio padrão calculado para os dados relativos à classe de resistência C40 em relação àqueles com classe C30. Ao se comparar a Tabela 4 com os níveis de controle apresentados pelo ACI 214 R (2002), Tabela 1, é possível verificar que o concreto C30 do Distrito Federal está classificado com um bom controle, uma vez que possui desvio-padrão entre 3,4 MPa e 4,1 MPa, assim como o material fornecido pelas concreteiras A e B. Entretanto, a concreteira C apresenta um controle muito baixo de produção, uma vez que possui desvio-padrão superior a 4,8 MPa.

Constata-se que a empresa A é aquela que possui o menor desvio-padrão, o que indica ter o melhor domínio sobre o processo produtivo. A produção de concreto com desvios grandes gera um maior impacto econômico nas concreteiras, pois, possuindo menor controle das variáveis que impactam na resistência final do material, acaba gastando mais para estarem em conformidade com o solicitado em projeto e com as normas vigentes.

Em relação ao concreto C40, esse foi classificado com baixo controle de produção, por estar com desvio entre 4,1 e 4,8 MPa. Com os dados analisados, constata-se um maior desvio padrão dos dados relativos a uma classe



► **Figura 2**  
Curva de Gauss para concreto C30

de resistência maior. Contudo, não é possível afirmar que essa correspondência é sempre verdadeira, pois apenas a concreiteira A apresentou dados para essa classe de resistência e, ainda assim, em quantidades significativamente inferiores à classe C30, o que pode culminar em uma maior sensibilidade estatística dos dados.

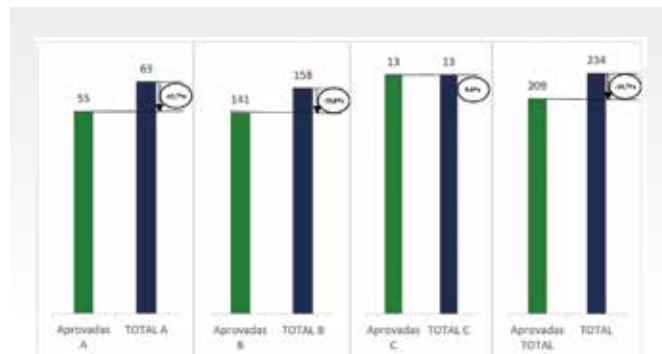
Sabe-se que a resistência do concreto é dada por uma distribuição normal, onde é possível verificar a frequência de um resultado e calcular a probabilidade de obtenção deste. Assim, será realizada a análise das curvas normais para os concretos C30, para as idades de  $28 \pm 3$  dias, apresentada na Figura 2.

A quantidade de dados obtidos é primordial para a avaliação das curvas apresentadas na Figura 2. Como foram obtidos mais dados para as empresas A e B, 113 e 307, respectivamente, essas tiveram maior influência sobre a curva de distribuição geral. Já, a empresa C obteve apenas 26 dados, portanto, tendo menor influência na forma da curva. Também é necessário destacar que a curva de Gauss é mais precisa à medida que se tem mais amostras, sendo considerada uma amostragem grande quando se obtêm mais de 35 dados. Dessa forma, a curva da Concreiteira C pode sofrer modificações ao decorrer da obra, quando serão obtidos mais dados, tornando-a mais precisa.

Também é possível verificar que as Concreteiras A e B possuíam menor desvio-padrão, porém, como

possuem menor média, suas curvas estão deslocadas para a esquerda, mais próximas do valor limite de 30 MPa. Enquanto a Concreiteira C apresentou maior variação dos resultados, porém com média superior, afastando-se da resistência de 30 MPa.

Por meio da curva de distribuição normal padrão foi possível calcular a probabilidade de ocorrência de valores inferiores à resistência característica. Para a curva geral do DF, há 17,62% de chance de se obter resistências inferiores à resistência característica de projeto. Considerando a distribuição de cada concreiteira, a empresa B apresentou a maior probabilidade de ocorrência de valores inferiores, sendo igual a 20,61%. Enquanto a concreiteira C apresentou menor probabilidade de ocorrência, igual a 7,64%. A expectativa de obtenção de valores inferiores na concreiteira A é de 12,71%. Com essa análise foi possível verificar que nenhuma empresa conseguiu atender à resistência característica de 30 MPa solicitada em projeto, uma vez que todas possuem probabilidade acima de 5% de não atingir o valor.



► **Figura 3**  
Aprovação dos concretos

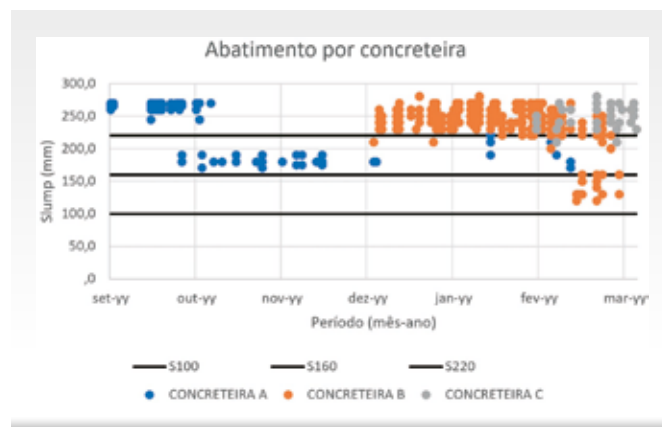
Como o concreto C40 possuía apenas 16 resultados para a idade de  $28 \pm 3$  dias, não foi realizada a sua distribuição normal, pois essa seria obtida com uma quantidade pequena de dados, tornando-a imprecisa.

### 3.3 Controle e aceitação do concreto

#### 3.3.1 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

A Figura 3 apresenta os resultados do número de séries totais e aprovadas entre as três concreiteiras em análise, bem como a porcentagem não aprovada em cada empresa.

Dentre todas as 63 séries componentes da concreiteira A, 87,3% delas foram aprovadas, ou seja, o



► **Figura 4**  
Abatimentos por concreiteira



► **Figura 5**  
Número de caminhões aprovados no indicador de consistência por concreta

exemplaratingiuvalorigualoumaiorà resistência característica à compressão do concreto solicitada. Já, na concreta B, das 158 séries componentes, 89,2% foram aprovadas. Por fim, na concreta C, das 13 séries componentes, todas foram aprovadas, ainda que se deva levar em consideração neste caso a baixa quantidade de dados. No total do conjunto de dados, 89,3% das séries foram aprovadas.

A concreta A é a única com dados para concretos C30 e C40. Para os dados relacionados à primeira classe de resistência, que constituem a maior parte do espaço amostral, identifica-se a aceitação de 51 séries dentre 53 existentes, resultando em um percentual de aceitação de 96,2%. Já, para os dados relacionados à segunda classe de resistência, identifica-se um percentual de aprovação de apenas 40,0%, com apenas 4 de 10 séries aprovadas.

Pode-se inferir, também, que o percentual total de aceitação das séries relacionadas a um  $f_{ck}$  de projeto de 30 MPa é de 91,5%. Valor próximo aos 89,3%, calculado para todas os dados de todas as concretas, tendo em vista que a maior parte deles está vinculado a este  $f_{ck}$  de 30MPa.

### 3.3.2 CONSISTÊNCIA

Os dados de consistência coletados de todas as três empresas foram plotados na Figura 4, que indica também os valores de referência de cada uma das classes de consistência, sendo elas S100, S160 e S220, ao longo do período de coleta de dados compreendido entre setembro de 2021 e março de 2022.

Os ensaios de consistência foram realizados antes da moldagem dos corpos de prova. O ensaio de abatimento é de simples realização e apresenta uma conformidade em relação ao abatimento solicitado em projeto muito maior do que a conformidade do indicador de resistência à compressão, como apresentado na Figura 5. Cabe destacar, também, que a consistência é medida por caminhão betoneira.

Constatou-se que 98,5% dos caminhões da concreta A apresentaram conformidade de consistência em comparação com o valor solicitado, 96,2% dos caminhões da concreta B apresentaram conformidade e 98,6% dos caminhões da concreta C adquiriram a consistência desejada. No total, 97,4% dos caminhões apresentaram consistência no intervalo solicitado pelas construtoras.

## 4. CONCLUSÕES

O concreto C30 produzido no Distrito Federal apresenta desvio-padrão igual a 3,8 MPa, sendo classificado pelo ACI 214 R (2002) como sendo um bom controle de produção. As empresas A e B também foram classificadas com bom controle, sendo apenas a empresa C classificada como controle muito baixo. Contudo, recomenda-se para todas as empresas o aprimoramento no controle de produção, a fim de se diminuir o valor da resistência média de dosagem, possibilitando uma maior economia.

Como consequência da qualidade do concreto produzido, tem-se uma rejeição de 10,7% dos concretos C30 utilizados no Distrito Federal, sendo necessário que as concretas melhorem o seu processo produtivo, a fim de se diminuir a rejeição no controle de aceitação do concreto.

Ao se analisar os concretos C40, esses valores tornam-se críticos, uma vez que se obteve a aceitação de apenas 40% do concreto lançado com essa classe de resistência. Essa classe também foi classificada como possuindo um baixo controle de produção, utilizando a classificação do ACI 214 R (2002).

No que se refere à consistência, as obras analisadas trabalharam com patamares mais elevados deste indicador, o que se justifica pelo fato de que os dados estão ligados a elementos de fundações. Em relação a esse controle tecnológico, as concretas alcançaram conformidade quase integral dos dados.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Sinduscon-DF, ao Projeto Indicadores do Concreto e ao SENAI pelo auxílio durante a realização da pesquisa.

## ► REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ABNT. NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.
- [2] ABNT. NBR 12655: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento. Rio de Janeiro, 2022.
- [3] ABNT. NBR 16889: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 2020.
- [4] ACI. 214 R-02: Evaluation of Strength Test Results of Concrete. Detroit, 2002.
- [5] ISAIA, G. C. Concreto: Ciência e Tecnologia. 1ª edição ed. São Paulo: IBRACON, 2011. v. 1.

# Avaliação da vulnerabilidade sísmica do Palácio do Planalto

PHILIPPE Q. RODRIGUES – MESTRE, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4661-1136>, [engcivil.philip@gmail.com](mailto:engcivil.philip@gmail.com);

JOÃO DA COSTA PANTOJA – PROF., ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0763-0107>, [engcivil.philip@gmail.com](mailto:engcivil.philip@gmail.com) – UNB;

PAULO DE SOUZA T. MIRANDA – PROF. – IFCE

## RESUMO

Classificado como país de baixa sismicidade, o Brasil está situado na intraplaca sul-americana. No entanto, aumento no número de registros sísmicos no país resultou na produção da norma brasileira de sismos ABNT NBR 15421. A capital brasileira possui edificações da arquitetura moderna que necessitam ser conservadas, perpetuando traços históricos, culturais e sociais. Este artigo visa avaliar a vulnerabilidade sísmica da estrutura de concreto armado do Palácio do Planalto pelo

método de Hirosawa. As características físicas e geométricas da estrutura, como resistência característica do concreto e área da seção transversal dos pilares são consideradas. Analisou-se a estrutura em diferentes cenários. Os resultados indicam que a estrutura na atual zona sísmica de Brasília e classe de terreno não apresenta vulnerabilidade sísmica. Todavia, quando a estrutura está assentada em zonas sísmicas superiores, o comportamento é incerto. Os índices estimados possibilitam uma tomada de decisão caso ocorra alteração de zona sísmica ao longo dos anos.

**PALAVRAS-CHAVE:** VULNERABILIDADE SÍSMICA, PATRIMÔNIO EDIFICADO, PALÁCIO DO PLANALTO, MÉTODO HIROSAWA.

## 1. INTRODUÇÃO

Brasília, capital do Brasil, é rica em monumentos da arquitetura moderna, como o Palácio do Planalto, Palácio da Alvorada, Palácio do Itamaraty e Palácio da Justiça, todos construídos totalmente em estruturas de concreto armado nos anos 60 e 70. Não apenas esses edifícios, mas alguns outros são agora considerados Patrimônio Mundial e Nacional da Humanidade. Foi ela a primeira cidade no século XX a ser tombada pela UNESCO.

Além do processo natural de degradação ou ainda da ausência de programas de conservação, manutenção e restauração, a ocorrência de sismos não deve ser descartada na busca pela preservação deste patrimônio.

Embora o Brasil não esteja situado em zona de vulnerabilidade sísmica de alto risco, sendo, portanto, as estruturas em seu território projetadas negligenciando as ações horizontais decorrentes da aceleração horizontal do solo, as atividades sísmicas têm aumentado no norte e nordeste do país. Essas, em geral, derivam da reativação de falhas sísmicas ou ainda da criação de novas falhas, consequência das tensões de

compressão na placa sul-americana. Os registros históricos demonstram abalos sísmicos acima de 5 graus de magnitude na escala Richter – suficientemente severo para causar danos potenciais às estruturas (Tedesco, 1998).

Salienta-se que frequentemente são observados sismos de magnitude inferior a 5. A título de exemplo, no ano de 2022, sete tremores foram

reportados somente no Estado de Minas Gerais, dois no mês de maio, na cidade Sete Lagoas, com magnitude de 2,6, sem relato de danos. Ainda neste ano, próximo à cidade de Mara Rosa, Goiás, houve tremor com magnitude 3,7 em 15 de abril, conforme observatório sismológico da UnB.

Em 2006, dada a constatação crescente de maiores atividades sísmicas no Brasil e por exigências internacionais quanto à adequação das normas brasileiras acerca das ações sísmicas, foi publicada a ABNT NBR 15421:2006 – Projeto de estruturas resistentes a sismos (MIRANDA, 2013).

Uma vez considerado um país de estabilidade sísmica, poucos pesquisadores têm avaliado a vulnerabilidade sísmica dos edifícios brasileiros. Miranda (2021) desenvolveu uma abordagem exaustiva das estruturas que representam os edifícios de Fortaleza, capital do Ceará e cidade com alto risco sísmico. Correlacionou as ações sísmicas (S) aplicadas nas estruturas com as ações do vento (V) definindo o parâmetro (S/V). Os valores deste parâmetro indicam um comportamento sísmico duvidoso das estruturas em concreto armado, principalmente com menor número de pavimentos. Filho (2021)

**Tabela 1**  
Atividade sísmica no Brasil

Cidade/Estado	Magnitude (Escala Richter)
Manaus – AM (1963)	5,6
Serra do Tombador – MT (1963)	6,6
Mato Grosso do Sul (1964)	5,4
Pacajus – CE (1980)	5,2
Codajás – AM (1983)	5,5
João Câmara – RN (1986)	5,1
João Câmara – RN (1989)	5,0
Plataforma – RS (1990)	5,0
Porto Gaúcho – MT (1998)	5,2
Acre/Amazonas (2007)	6,1
Itacarambi – MG (2007)	4,9
Acre (2021)	5,9

Fonte: Miranda (2013)

analisou dois edifícios típicos de seis pavimentos em Brasília e os resultados alcançados indicaram que as edificações são sísmo resistentes na Zona o e sobre solos de baixa resistência mecânica.

Neste contexto, o presente artigo trata da avaliação da vulnerabilidade da estrutura do Palácio do Planalto, situado em Brasília. Para este propósito, a metodologia japonesa, baseada no método de Hirosawa adaptado (MIRANDA, 2013), foi aplicada na estrutura de concreto armado, a fim de conhecer o desempenho da edificação e a vulnerabilidade sísmica em diferentes cenários, como variação de classe de solo, importância dos edifícios, aceleração horizontal do solo ou ainda o nível de deterioração. Esta pesquisa está inserida dentro do Laboratório de Reabilitação do Ambiente Construído (LABRAC), vinculado ao PPG-FAU-UnB, cujo objetivo é integrar inovação, desenvolvimento de ferramentas tecnológicas e conservação do patrimônio.

## 2. ANÁLISE DA VULNERABILIDADE ESTRUTURAL

A Organização Pan-Americana da Saúde (PAHO) classifica os métodos para avaliação estrutural em métodos quantitativos e qualitativos. Este é sugerido para avaliar de forma simples e rápida um conjunto de edifícios ou ainda corroborar o nível de segurança de uma estrutura. Por outro lado, os métodos quantitativos são aplicados quando os métodos qualitativos não são capazes de definir a segurança do edifício. Entre os métodos qualitativos, o Método de Hirosawa adaptado (MIRANDA, 2013) destaca-se por ser um método de rápida aplicação e permitir uma análise preliminar do parque edificado. Nesta avaliação, o desempenho sísmico de uma estrutura de concreto armado é verificado comparando-se dois índices (1): índice de desempenho sísmico e índice de solicitação sísmica  $I_{S0}$ . Calcula-se o índice de desempenho sísmico. Este indica a máxima resposta elástica do coeficiente de cisalhamento a que cada pavimento pode resistir (HIROSAWA, 1992). Este índice é comparado com o índice de solicitação sísmica da estrutura. Caso o valor de  $I_S \geq I_{S0}$ , o edifício tem segurança face

a um evento sísmico. Por outro lado, se  $I_S$  é inferior a  $I_{S0}$ , a edificação pode ter desempenho incerto frente a um sismo assumido (Figura 1).

$$[1] \quad I_S \geq I_{S0}$$

O índice  $I_S$  (2) é resultado do produto do subíndice de desempenho estrutural, subíndice de configuração estrutural, e subíndice de deterioração estrutural.

$$[2] \quad I_S = E_0 \cdot S_D \cdot T_D$$

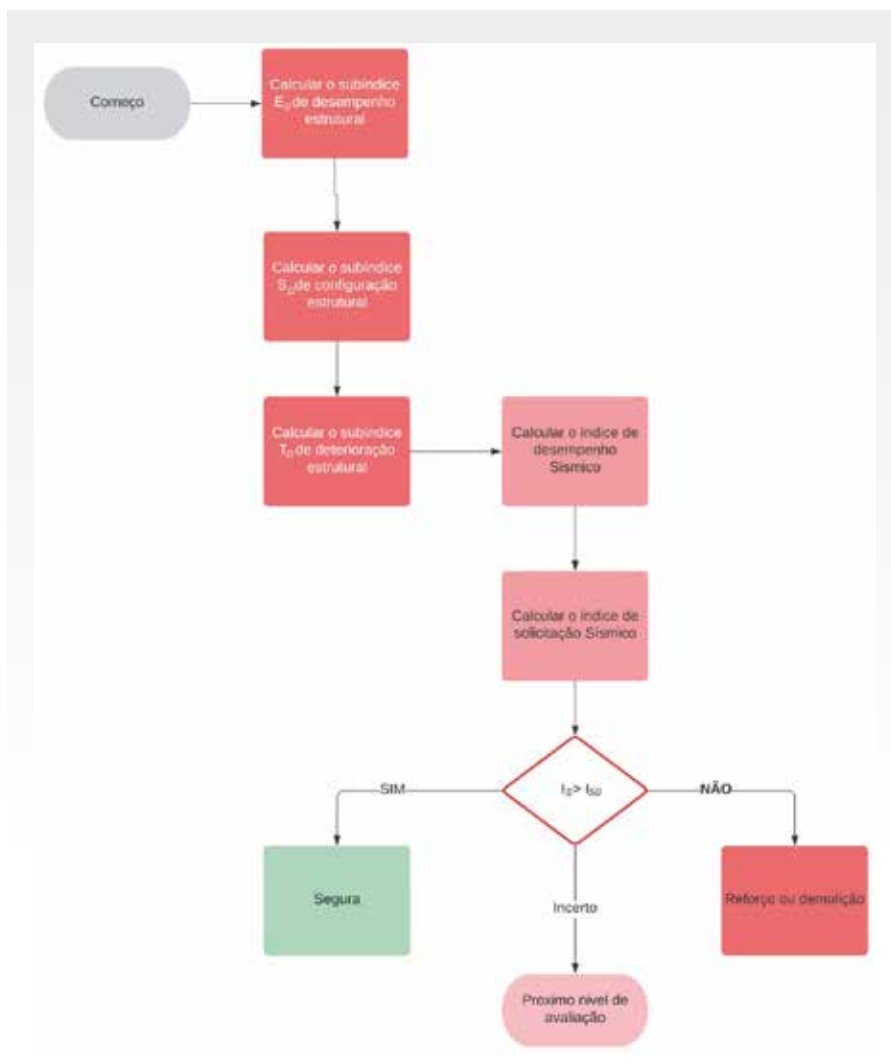
Onde

$E_0$ : subíndice de desempenho básico estrutural;

$S_D$ : subíndice de configuração estrutural;  
 $T_D$ : subíndice de deterioração estrutural.

O subíndice  $E_0$  (3) considera o número total de pavimentos, número de pavimentos sob avaliação, tensão última cisalhante e a ductilidade dos elementos estruturais como também o tipo de falha. Todos os elementos verticais como pilares devem ser incluídos, e também definidos se são curtos ou não.

$$[3] \quad E_0 = \left\{ \left( \frac{n+1}{n+i} \right) \right\} \cdot a_1 \left[ \frac{f_c}{20} \cdot \frac{(\tau_{c1} \cdot A_{c1} + \tau_{c2} \cdot A_{c2})}{W} \right] \cdot F_c$$



► **Figura 1**

Fluxograma da sequência de procedimentos de cada nível de avaliação sísmica

Fonte: Os autores (2022)





► **Figura 2**  
Palácio do Planalto  
Fonte: Os autores (2022)

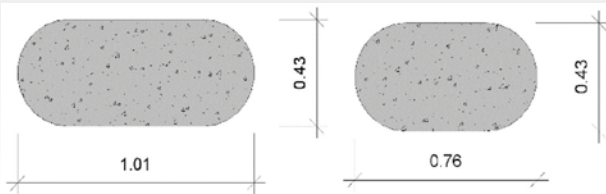
Onde:

- n: número de pavimentos do edifício;
- i: número de pavimentos sob avaliação;
- a<sub>i</sub>: fator de redução da capacidade resistente dos pilares de acordo com o deslocamento das paredes verificado no momento da ruptura das paredes;
- a<sub>i</sub> = 0,7 (se C<sub>w</sub> = 0, a<sub>i</sub> = 1,0);

- f<sub>c</sub>: resistência à compressão do concreto (kgf/cm<sup>2</sup>);
- A<sub>cr</sub>: somatório das áreas de seção transversal dos pilares cuja altura livre dividida pela base da seção do pilar é menor que 6,0 (cm<sup>2</sup>);

- A<sub>c2</sub>: somatório das áreas de seção transversal dos pilares cuja altura livre dividida pela base da seção do pilar é maior ou igual a 6,0 (cm<sup>2</sup>);
- τ<sub>cr</sub>: resistência média ao cisalhamento no estado limite último dos pilares cuja altura livre;
- dividida pela base da seção do pilar é menor que 6,0, podendo ser tomada como 10 kgf/cm<sup>2</sup>;
- W: peso da estrutura acima do pavimento analisado (kgf).

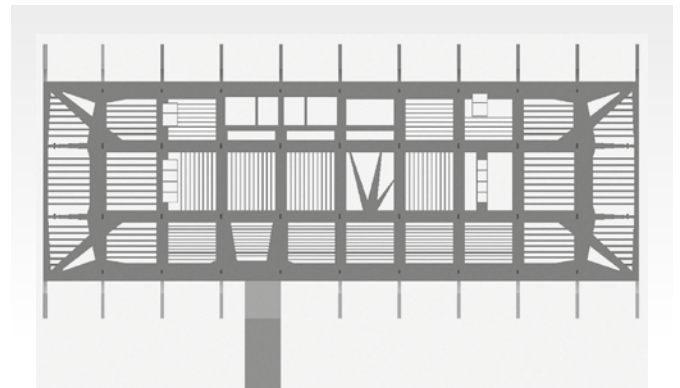
O método considera três elementos verticais no desempenho estrutural: pilares, pilares curtos e paredes de concreto e assume a ductilidade destes elementos por meio do índice de ductilidade F<sub>c</sub>. Os valores de F<sub>c</sub> para pilares de concreto armado cuja razão entre a altura livre (h<sub>o</sub>) e a base da seção do pilar (D) é maior que 2, F<sub>c</sub> = 1,0, para pilares



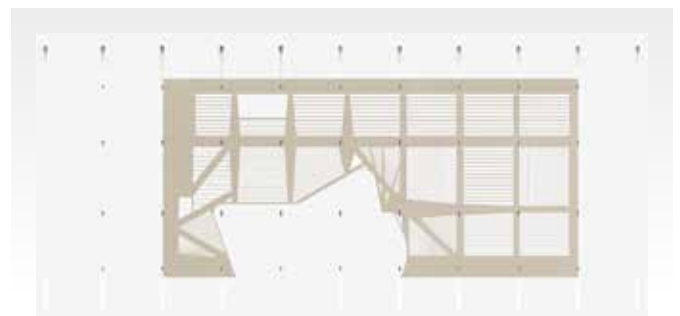
► **Figura 3**  
Seção transversal dos pilares internos  
Fonte: Os Autores (2022)



► **Figura 4**  
Modelo 3D do Palácio do Planalto  
Fonte: Os Autores (2022)



► **Figura 5**  
Forma da primeira laje do Palácio do Planalto  
Fonte: Os Autores (2022)



► **Figura 6**  
Forma da segunda laje do Palácio do Planalto  
Fonte: Os Autores (2022)

curtos cuja a razão  $h_o/D < 2$ ,  $F_c = 0,8$  e paredes de concreto sem pilares na extremidade,  $F_c = 1,0$ .

O subíndice  $S_D$  (4) leva em consideração a influência da irregularidade da estrutura ou rigidez, distribuição de massa e é estimado considerando a irregularidade do plano, a razão entre o comprimento e largura da planta, a existência de subsolos, a irregularidade das alturas dos pavimentos, a razão da área do átrio e a área total do pavimento. Estas irregularidades da edificação são tratadas por itens (a,b,c, ..., k). Nas equações 5 e 6,  $G_i$  são fatores de escala para determinação do valor de cada item e  $R_i$  são fatores que representam o peso atribuído a cada item na composição do subíndice  $S_D$ . Os valores de  $G_i$  e  $R_i$  são padronizados em tabela proposta por Hiroswawa e adaptado por Miranda (2013).

$$[4] S_{D1} = q_{1a} \times q_{1b} \times \dots \times q_{1k}$$

$$[5] q_{1i} = \{1 - (1 - G_i) \cdot R_i\}$$

Onde

$i = a, b, c, d, e, f, g, i, j, k$ ;

No caso de  $i = h$ , usa-se equação abaixo:

$$[6] q_{1i} = \{1,2 - (1 - G_i) \cdot R_i\}$$

O desempenho estrutural é também influenciado pela deterioração estimada pelo subíndice TD. Este índice é determinado por meio de inspeção estrutural *in loco*, observando as fissuras nas paredes, pilares, deformações, ocorrência de incêndio, idade da edificação e seu uso. São atribuídos valores variando entre 0,7 a 1,0 para cada item da inspeção definido no método adaptado por Miranda (2013). O menor dos valores obtido é considerado como valor único do subíndice  $T_D$  para toda a edificação.

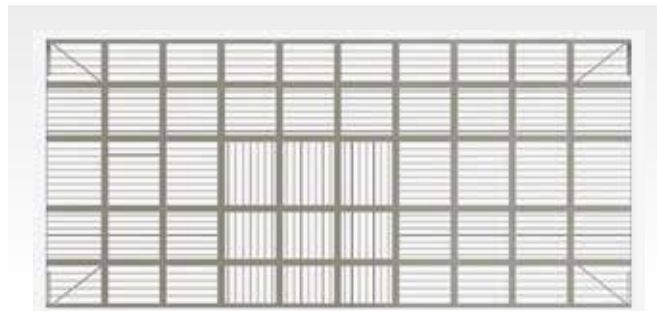
O índice de solitação sísmica (7) é determinado pela equação abaixo:

$$[7] I_{S0} = E_S \cdot Z \cdot G \cdot U$$

Onde

$E_S$ : 0,8 para o primeiro nível, Z é o índice de zona atribuído à aceleração horizontal do solo conforme mapa de aceleração sísmica horizontal característica da ABNT NBR 15421:2006 e o fator G

corresponde ao coeficiente dos efeitos topográficos. O último índice U considera a importância da edificação, sendo  $U = 1,0$  para edifícios em geral,  $U = 1,5$  para hospitais, quartéis gerais ou ainda edifícios com componentes químicos, como Usinas Nucleares.



► **Figura 7**  
Forma da quarta laje do Palácio do Planalto  
Fonte: Os Autores (2022)

### 3. PALÁCIO DO PLANALTO

O Palácio do Planalto é a sede oficial da Presidência da República, localizado em Brasília e inaugurado em 21 de abril de 1960 (Figura 2). Concebido pelo arquiteto Oscar Niemeyer, a forma plástica é alcançada pelas colunas, expressando leveza, seja pelos planos delgados, seja pela esbeltez dos apoios. Nas palavras dele, as formas

estruturais se modificam plasticamente em função de diferentes pontos de vista para assumir aspectos ricos e variados (SILVA, 2012).

A estrutura de concreto armado projetada pelo engenheiro Joaquim Cardoso conta com quatro pavimentos (Figura 4), forma retangular e dimensões em planta de 125,5 m x 58 m, incluindo o átrio, e altura

► **Tabela 2**  
Índice de desempenho sísmico do Palácio do Planalto

	Pavimento 1	Pavimento 2	Pavimento 3	Pavimento 4
Nível da laje	+4,10 m	+7,35	+10,60	+14,75
Soma da área da seção transversal	198.000 cm <sup>2</sup>	118.400 cm <sup>2</sup>	133.200 cm <sup>2</sup>	198.000 cm <sup>2</sup>
Peso total acima do nível considerado (W)	22.415.698 kgf	17.267.000 kgf	14.216.000 kgf	10.044.000 kgf
Área do pavimento	5.220 m <sup>2</sup>	2.989 m <sup>2</sup>	4.160 m <sup>2</sup>	7.228 m <sup>2</sup>
Período natural	0,4 s	0,4 s	0,4 s	0,4 s
Subíndice de desempenho sísmico básico estrutural $E_0$	0,2765	0,1789	0,2011	0,3857
Subíndice de configuração estrutural $S_D$	0,9405	0,99	0,99	1,1
Subíndice de deterioração estrutural $T_D$	0,8	0,8	0,8	0,8
Índice de desempenho	0,2081	0,1417	0,1593	0,3394

► **Tabela 3**  
Índice de solitação sísmica do Palácio do Planalto

Zona sísmica	Classe do terreno				
	A	B	C	D	E
0	0,0165	0,0206	0,0248	0,0330	0,0516
1	0,0332	0,0412	0,0495	0,0660	0,1031
2	0,0660	0,0825	0,0990	0,1320	0,2062
3	0,0990	0,1238	0,1485	0,1856	0,2599

## ► Tabela 4

Reserva da capacidade resistente do Palácio do Planalto

Zona sísmica	Classe do terreno				
	A	B	C	D	E
0	90,78%	88,49%	86,14%	81,55%	71,16%
1	81,55%	76,97%	72,33%	63,11%	42,37%
2	63,11%	53,88%	44,66%	26,22%	-15,26%
3-4	44,66%	30,80%	16,99%	-3,75%	-45,28%

total de 14,85 m. As lajes duplas nervuradas possuem variação de seção próximo ao apoio, reduzindo de 1,35 m para 0,60 m no quarto pano de laje (Figura 7). Os pilares internos assumem forma de falsa elipse com variação da seção (Figura 3). O maior vão entre estes pilares é de 15 m (Figura 5). As colunas externas apresentam variação de seção ao longo do eixo longitudinal, iniciando em 40 cm até 150 cm, e estão ordenadas a cada 12,5 m (Figura 6). O projeto inicial previu  $f_{ck}$  de 40 MPa.

### 3.1 Classe de terreno

É constatado que os efeitos locais de um sismo estão diretamente relacionados às características dos terrenos na superfície. A propagação das ondas sísmicas depende das características de rigidez e amortecimento das camadas superficiais. As ondas sísmicas tendem a ser amplificadas em solos mais fracos (LIMA, SANTOS 2008). A ABNT NBR 15421:2006 considera esses efeitos de forma aproximada, com o uso de fatores de amplificação sísmica no solo  $C_a$  e  $C_v$ . Estes fatores variam conforme a classe do terreno nos 30 metros superiores. Cada classe está vinculada a uma velocidade média de propagação de ondas de cisalhamento ( $v_s$ ).

O solo de Brasília, segundo diversos trabalhos e levantamentos, é composto de solos colapsíveis, argila de cor vermelha a vermelha amarelada também denominada de argila porosa, que é constituída de argilas, siltes e areias em diferentes proporções (CAMAPUM DE CARVALHO E MORTARI, 1994). Este tipo de solo se enquadra na classe E, que se refere a solos moles cujo ensaio de sondagem simples a percussão (SPT) resulte em valores inferiores a 15, conforme classificação da ABNT NBR 15421:2006. Ressalta-se que, em certas regiões, o solo apresenta resistências superiores que o farão ser categorizado na classe D da norma supracitada, isto é, solo rígido com NSPT entre 15 e 50.

### 4. VULNERABILIDADE SÍSMICA

A avaliação iniciou-se com a inspeção visual, a fim de conhecer as condições reais da edificação. Após isso, acessaram-se as plantas originais e pesquisas para caracterizar a estrutura

## ► Figura 8

Gráfico comparativo da estrutura do Palácio do Planalto em zona sísmica 0

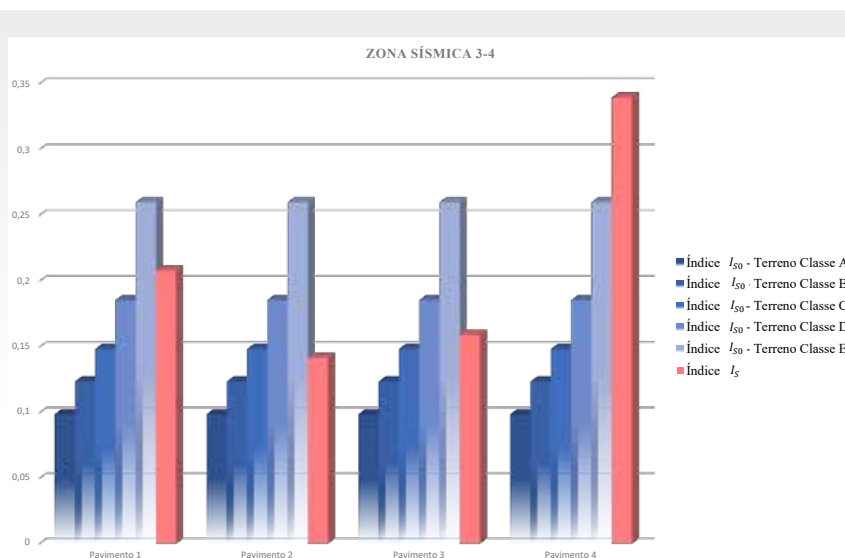
Fonte: Os autores (2022)



## ► Figura 9

Gráfico comparativo da estrutura do Palácio do Planalto em zona sísmica 3-4

Fonte: Os autores (2022)



do Palácio do Planalto. O método de Hirosawa adaptado (MIRANDA, 2013) foi implementado computacionalmente para otimizar a pesquisa.

O resultado dos subíndices  $E_o$ ,  $S_D$ ,  $T_D$ , bem como o índice de desempenho sísmico  $I_s$ , estão na Tabela 2. O período fundamental da estrutura e área total do pavimento estão descritos abaixo. Destaca-se que, apesar da Tabela 2 fornecer o  $I_s$  para cada pavimento, apenas o menor desses deve ser considerado na inequação 1.

Considerando a estrutura do Palácio do Planalto em todos os cenários possíveis como a alternância da classe de solo e a zona sísmica, a Tabela 3 reúne todos os valores do índice de sollicitação sísmica  $I_{SO}$ .

Comparações entre o menor índice de desempenho sísmico e o índice de sollicitação sísmica para a zona 0 indicaram que a estrutura do Palácio do Planalto possui suficiente desempenho sísmico face ao terremoto nos solos classe A até E, uma vez que os valores da Tabela 2 foram considerados. Observa-se que a soma da seção transversal dos pilares do segundo pavimento é menor e impacta diretamente no subíndice de desempenho básico estrutural. A Figura 8 ilustra os comparativos do índice de desempenho sísmico da estrutura com os vários índices de sollicitação sísmica encontrados na zona sísmica 0.

Os piores resultados estão relacionados à zona sísmica 3, onde o índice de desempenho é menor para os solos tipo C, D e E. Esta zona sísmica corresponde à cidade de Fortaleza, capital do Ceará. (Fig. 9).

A fim de demonstrar o desempenho da estrutura em outros cenários, todas as zonas sísmicas e classe do solo foram considerados nas Figuras 10 e 11. Como pode ser identificado, para o solo tipo A ao C, nas zonas 0, 1, e 2, o índice de desempenho sísmico é maior que o índice de sollicitação. Entretanto, da classe C e zona sísmica 3, a estrutura é vulnerável. Neste caso, o edifício foi classificado como de menor importância para segurança pública e assim o coeficiente  $U=1,0$ . Além disso, subíndice de deterioração  $T_D$  permanece 0,8, uma vez que a idade da estrutura é superior a 30 anos.

Uma proposta de utilização de superfícies tanto com índice de desempenho como índice de sollicitação sísmica é apresentada por Filho (2021). É ilustrado



► **Figura 10**

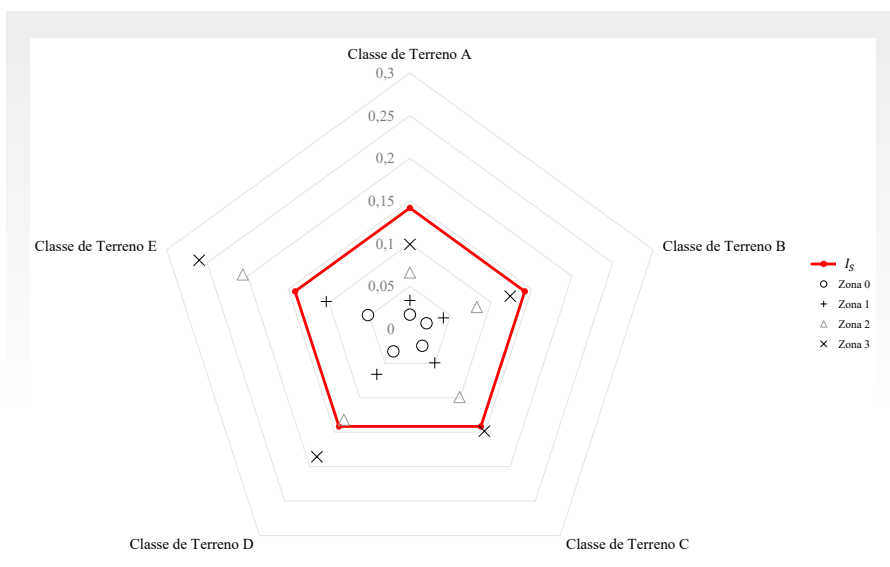
Gráfico comparativo do índice de desempenho e sollicitação sísmica para todas as zonas e classes de terreno

Fonte: Os autores (2022)

o índice de sollicitação sísmica em uma superfície para cada tipo de solo. Como exibido na Figura 12, o eixo x representa as zonas sísmicas, o eixo y, a importância da edificação oscilando de 1 (menor importância) até 1,5 (máxima importância) e o eixo Z de sollicitação sísmica. Utilizando-se somente o índice de solici-

tação sísmica, não é possível conhecer o desempenho da edificação, uma vez que este índice deve ser confrontado com o índice de desempenho sísmico.

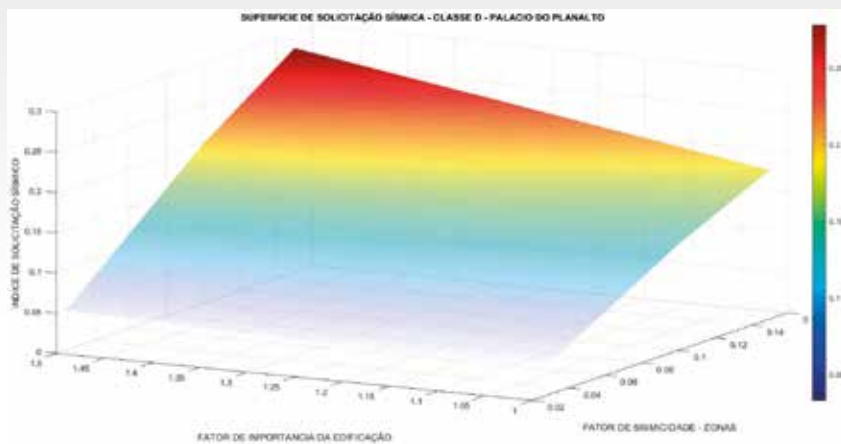
Vale a pena observar que esta superfície pode ser obtida também para o índice de desempenho sísmico, contudo, os eixos x, y e z mudam para a configuração básica



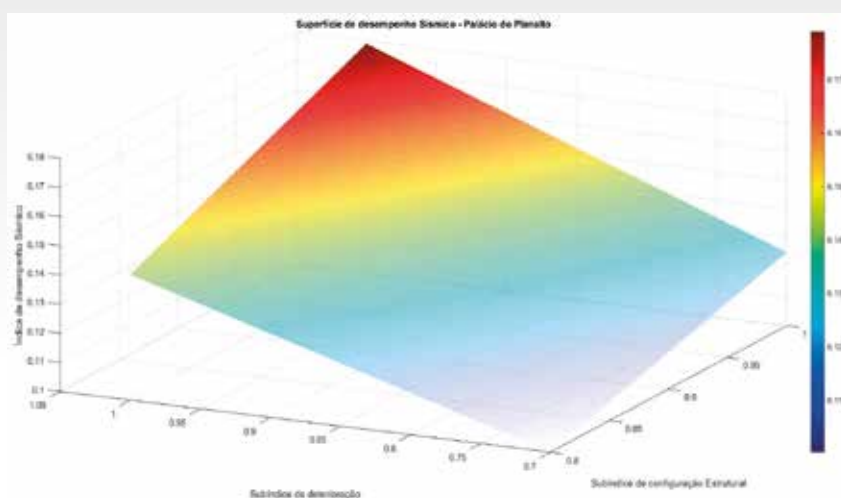
► **Figura 11**

Gráfico comparativo do índice de desempenho e sollicitação sísmica para todas as zonas e classes de terreno

Fonte: Os autores (2022)



► **Figura 12**  
Superfície de solicitação sísmica (Classe D)  
Fonte: Os autores (2022)



► **Figura 13**  
Superfície de desempenho sísmico  
Fonte: Os autores (2022)

estrutural ( $S_D$ ), deterioração (TD) e índice de desempenho, respectivamente. (Figura 13). Variou-se o subíndice de deterioração propositalmente de 0,7 a 1,0, onde o menor valor corresponde ao alto grau de deterioração e o valor 1,0 a nenhum dano existente.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho estimou a vulnerabilidade sísmica do Palácio do Planalto, por meio da aplicação do método de Hirosawa para cada pavimento e considerando diferentes tipos de solo, zonas sísmicas, classe de importância e deterioração da estrutura. As principais considerações deste estudo são: o segundo pavimento do Palácio do Planalto tem o menor índice de desempenho devido ao subíndice de desempenho básico estrutural. O método de Hirosawa não indica qual elemento estrutural pode sofrer qualquer dano ou ainda a distribuição do dano, justificando uma análise quantitativa mais cuidadosa. Quando  $I_{so} > I_s$  não implica que a estrutura deve ser demolida obrigatoriamente, mas sugerem-se análises mais complexas, como métodos quantitativos com informações mais precisas e caracterização da estrutura. Se confirmada a insegurança, deve-se aplicar procedimentos de reforço estrutural. Para classe de terreno D, o índice de desempenho demonstrou que o monumento pode ser considerado resistente a sismos na zona sísmica em que Brasília atualmente se encontra. ☐

## ► REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15421: Projeto de estruturas resistentes a sismos – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.
- [2] FILHO, J. C. DE C. F. Análise Sísmica E De Degradação Para Avaliação De Reabilitação Em Edificações Tipológicas Das Superquadras Do Plano Piloto Em Brasília/Df. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de Brasília, Brasília, 2021.
- [3] LIMA, S. S.; SANTOS, S. H. C. Análise Dinâmica das Estruturas. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda, 2008.
- [4] MIRANDA, P. S. T., A influência das ações sísmicas nas edificações brasileiras em concreto armado. 2021. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Universidade do Porto, Porto.
- [5] MIRANDA, P. S. T., Avaliação da Vulnerabilidade Sísmica na realidade predial brasileira. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2013.
- [6] SILVA, E. G. Os palácios originais de Brasília. Tese (Doutorado em arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de Brasília, Brasília, 2012.
- [7] CAMAPUM DE CARVALHO, J. & MORTARI, D. Caracterização Geotécnica de Solos Porosos do Distrito Federal. 3º Simpósio Brasileiro de Escavações Subterrâneas, ABMS/ABGE/CBT/CNPq/UnB, Brasília, DF, 1994, pp.109-122.
- [8] HIROSAWA, M. Retrofitting and Restoration of Buildings in Japan. International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, Lecture Note of Seminar Course, 1992.
- [9] PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION. PAHO. Principles of disaster mitigation in health facilities. Washington, D.C: 2000.
- [10] TEDESCO, J. W., Mc DOUGAL, W. G., ROSS. C. A., Structural Dynamics: Theory and Applications. California: Addison Wesley, 1998.

# Análise do comportamento de um edifício na cidade de Manaus sujeito a ação sísmica

ELBER DE ARAÚJO SILVA – ENG., SAMUEL CALÔBA AGUIAR – ENG., WAGNER QUEIROZ SILVA – PROF., UFAM – AM

## RESUMO

**Eventos** sísmicos de grandes proporções não são comuns no Brasil devido à localização do país no centro da placa tectônica sul-americana. No entanto, a região norte é suscetível a efeitos de terremotos com epicentro em países vizinhos, como Peru e Colômbia. Embora as ondas sísmicas normalmente atinjam o território nacional com menor amplitude, com a verticalização da cidade de Manaus/AM, observou-se recentemente um aumento de registros de vibrações. O presente trabalho avaliou o comportamento de um

edifício hipotético de concreto armado localizado em Manaus/AM quando submetido a ondas de terremotos com epicentro na Colômbia. O estudo foi realizado por meio de análises estáticas lineares seguindo critérios das normas brasileira e colombiana. Foi simulado também um terremoto de grande intensidade, tendo como referência um evento real, sendo este comparado a efeitos de cargas de vento. Os resultados demonstram a importância de avaliações sísmicas para edifícios altos na cidade de Manaus/AM.

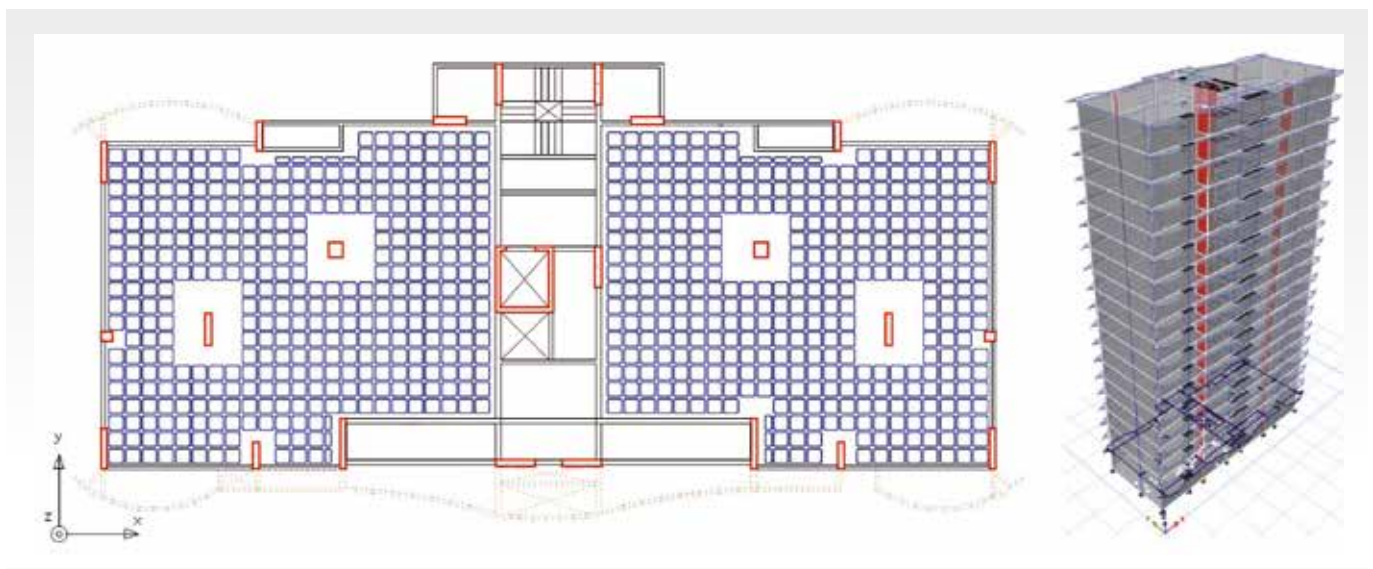
**PALAVRAS-CHAVE:** ENGENHARIA DE TERREMOTOS, EDIFÍCIOS ALTOS, TERREMOTO, EVENTOS SÍSMICOS.

## 1. INTRODUÇÃO

As ondas sísmicas podem causar diferentes impactos nas estruturas de edificações, desde pequenas vibrações até o colapso, porém os efeitos

desses impactos dependem principalmente da intensidade do evento sísmico. A magnitude do impacto dos terremotos, por sua vez, depende de vários fatores, incluindo intensidade da onda, distância en-

tre o edifício e o epicentro do tremor de terra, o sistema estrutural do edifício e até mesmo o tipo de solo. A principal causa dos terremotos mais intensos é o movimento das placas tectônicas que formam



► **Figura 1**  
Planta do pavimento tipo e vista 3D do modelo do edifício  
Fonte: Autor





► **Figura 3**  
Zonas sísmicas no Brasil  
Fonte: NBR 15421 (ABNT, 2006)

baixa, conforme mostra a Figura 2. Para este estudo de caso, foi adotada a área mais próxima da fronteira da Colômbia com o estado do Amazonas, que corresponde à área de baixo risco.

A análise estrutural foi realizada seguindo o Método da Força Lateral Equivalente, que é adequado para estruturas regulares de até 60 m de altura, observando que o modelo considerado neste trabalho possui altura de 58 m. O método consiste em assumir que a carga é estática e proporcional ao peso da estrutura. A carga é projetada na direção da aceleração, sendo necessária a correção de sua intensidade. As expressões de cálculo da força de cisalhamento na base variam com a ductilidade, tipo e localização da estrutura e com o país de análise (PEÑA, 2012).

De acordo com a norma NSR10, o período fundamental aproximado de construção  $T_a$  pode ser estimado por:

$$[1] T_a = C_t h^{\alpha}$$

Onde:

–  $C_t$  e  $\alpha$  são coeficientes usados

para calcular o período fundamental do edifício;

–  $h$  é a altura do edifício.

Para a determinação das forças sísmicas horizontais aplicadas a cada piso no programa ETABS, é necessário que seja determinado um coeficiente de distribuição vertical na base  $C_{vx}$ , e o expoente relacionado ao período fundamental  $k$  a ser dado. O coeficiente de distribuição vertical é definido pela NBR 15421 (ABNT, 2006) e seu valor é deter-

minado pela equação 2:

$$[2] C_{vx} = \frac{m_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n (m_i h_i^k)}$$

Onde:

- $m_x$  e  $m_i$  são as massas nos pavimentos  $x$  ou  $i$ , respectivamente;
- $h_x$  e  $h_i$  são as alturas dos pavimentos  $x$  e  $i$ , respectivamente.

A norma NSR10 determina o valor de  $k$  como sendo:

$$[3] \begin{cases} 1, se T \leq 0,5 \\ 0,75 + 0,5T, se 0,5 < T \leq 2,5 \\ 2, se T > 2,5 \end{cases}$$

Esses valores foram então introduzidos no ETABS para determinar as forças sísmicas horizontais aplicadas nas direções  $x$  e  $y$ . Os deslocamentos máximos da estrutura devido ao evento sísmico puderam ser assim verificados.

## 2.2 Análise de acordo a norma brasileira NBR 15421 (ABNT, 2006)

A norma NBR 15421 (ABNT, 2006) divide o território brasileiro em cinco

diferentes zonas sísmicas, desde o, que correspondente a 0,025g de pico de aceleração do solo ( $a_g$ ), a 4, sendo para essa última o valor de aceleração maior ou igual a 0,15g. Como pode ser observado na Figura 3, a cidade de Manaus/AM é localizada na Zona 0. Portanto, o valor de  $a_g$  usado na análise é de 0,025g.

Para efeito deste estudo de caso, foi considerado que o tipo de solo onde se encontra este edifício corresponde a "solo rígido", que é definido como solos com número médio de golpes no ensaio SPT entre 50 e 15, sendo esta definição estabelecida pela própria norma NBR 15421 (ABNT, 2006). Diante disso, foi possível determinar a aceleração de projeto e os fatores de amplificação sísmica no solo para o período de 0,05 ( $C_a$ ) e para o período de 1,05 ( $C_v$ ).

Após descobrir o valor do  $C_a$ , foi possível determinar o valor da aceleração espectral para o período de 0,05, já considerando o efeito da amplificação sísmica no solo ( $a_{gs0}$ ), dado pela equação:

$$[4] a_{gs0} = C_a a_g$$

Também foi necessário determinar o coeficiente de resposta sísmica ( $C_s$ ), da seguinte forma:

$$[5] C_s = \frac{2,5 \left( \frac{a_{gs0}}{g} \right)}{\left( \frac{R}{T} \right)}$$

Onde:

- $R$  é o coeficiente de modificação de resposta;
- $I$  é o fator de importância da edificação.

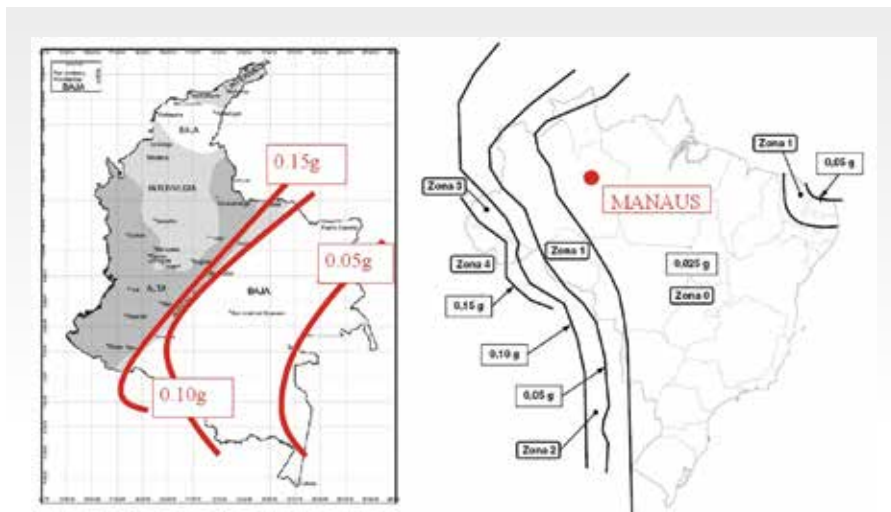
O valor mínimo de  $C_s$  conforme NBR 15421 deve ser maior ou igual a 0,01. O expoente de distribuição relacionado ao período natural da estrutura  $k$  foi calculado de forma semelhante ao padrão colombiano (conforme mostra a equação 2).

Realizou-se uma comparação entre os mapas que definem as zonas de risco sísmico das normas colombiana e brasileira. Essa comparação está ilustrada na Figura 4.

## 2.3 Análise no domínio do tempo para um terremoto de grande intensidade

A análise foi realizada levando-se em consideração as acelerações reais





► **Figura 4**  
 Comparação entre os picos de aceleração no solo de NSR10 e NBR15421  
 Fonte: AIS, 2010 e ABNT, 2006

Para calcular a pressão dinâmica do vento, a seguinte fórmula dada na NBR 6123 foi usada:

$$[6] \quad q = 0,613 * V_k^2$$

Para a consideração do vento, foi adotada velocidade de 30 m/s, fator  $S_1$  de 1,08; fator  $S_2$  igual a 0,91 e grupo 2 para a determinação do fator  $S_3$  (nesse caso, igual a 1,0).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Análise dos resultados de acordo com a norma colombiana NSR10

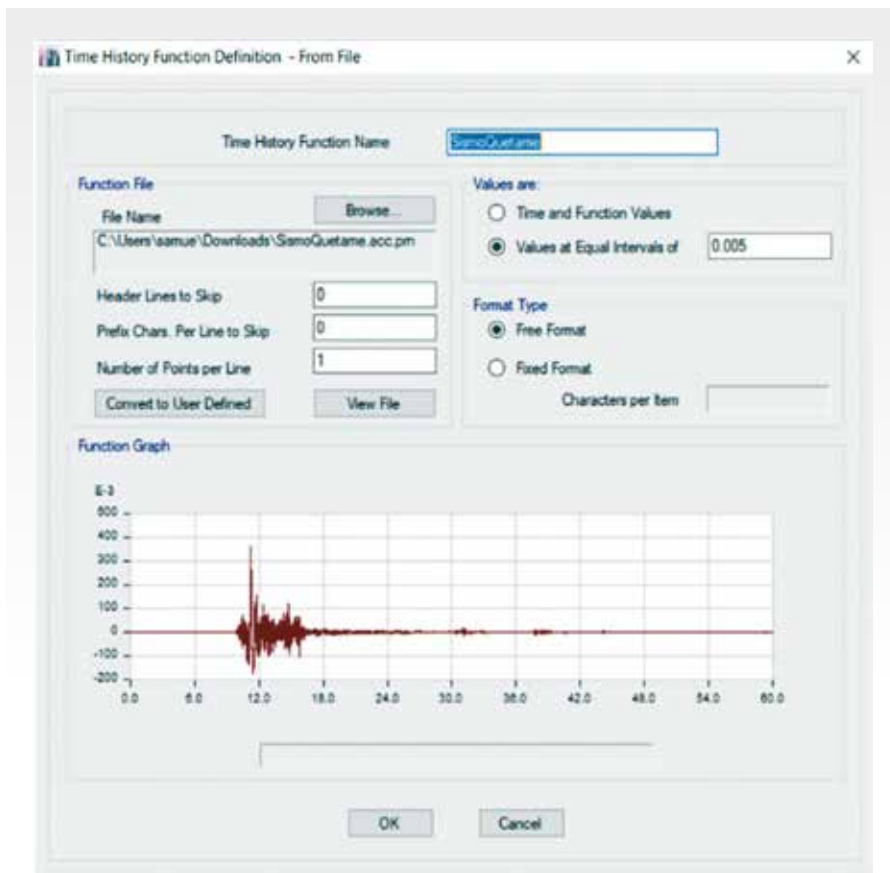
Primeiramente, para o cálculo do período fundamental, foram determinados os coeficientes  $C_t$  e  $\alpha$ . Os valores obtidos foram 0,047 e 0,9,

experimentadas no terremoto ocorrido na cidade de Quetame, Colômbia, em 2008 (RAB - SIRE, 2021). Este terremoto teve uma intensidade de 5,7 graus na Escala de Richter e deixou mortos e feridos. Foi sentido até na cidade de Bogotá, que fica a cerca de 55 quilômetros de distância. Para esta avaliação, os dados históricos de aceleração do terremoto Quetame foram aplicados no programa ETABS. O arquivo contendo a base de dados para direção Norte-Sul foi introduzido no programa utilizando a função *Time History* (Figura 5).

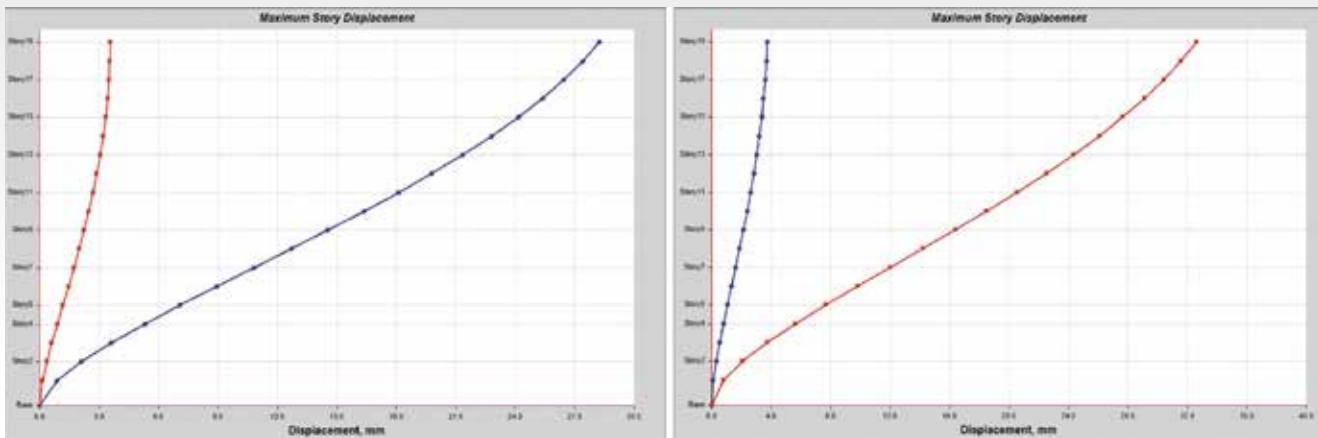
#### 2.4 Comparação das ações sísmicas com a ação do vento

Para a análise comparativa entre as cargas sísmicas e a ação do vento, foi avaliada apenas a pressão dinâmica do vento, que é determinada pela norma brasileira de vento NBR 6123 (ABNT, 1988). Para este estudo de caso, foram verificados os deslocamentos máximos causados pela pressão dinâmica do vento e as reações máximas de base nas direções x e y.

Além disso, os resultados de deslocamento e reações de base foram comparados com as três análises sismológicas para determinar qual delas era a mais crítica com base nos padrões brasileiro e colombiano.



► **Figura 5**  
 Função *Time History* aplicada no ETABS  
 Fonte: Autor



► **Figura 6**

Deslocamentos horizontais, em milímetros, nas direções x (em azul) e y (em vermelho) de acordo com NSR10 com a força sísmica aplicada na direção x (gráfico da esquerda) e na direção y (gráfico da direita)

Fonte: Autor

respectivamente. A altura total do edifício “h” é de 58 m. Após aplicar este valor na equação 1, um período fundamental de 1,82 s foi calculado.

Encontrado o período fundamental da estrutura, obteve-se o valor do expoente k, que, de acordo com a equação 3, tem o valor de 1,658. As massas médias do edifício e de cada andar foram obtidas através do ETABS, sendo essas de 65,516 kN e 3,326 kN, respectivamente. Aplicando

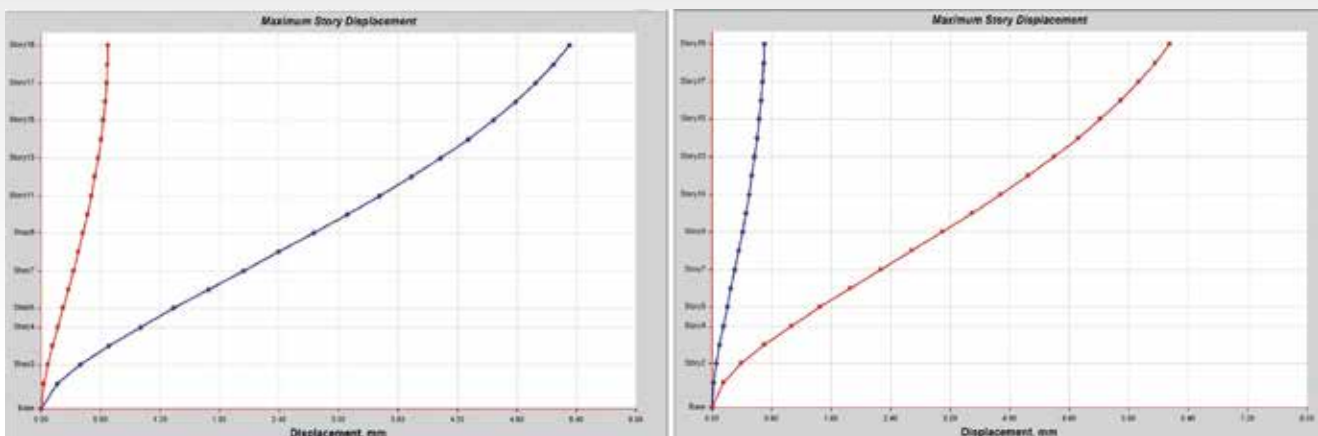
esses valores na equação 2, o valor C de 0,0526 foi obtido. Posteriormente, os parâmetros C e k foram aplicados em ETABS nas direções x e y. Foram encontrados os resultados ilustrados na Figura 6 para deslocamentos horizontais. Nestes gráficos, a linha em azul representa os deslocamentos na direção x, e a linha vermelha representa os deslocamentos na direção y.

Como pode ser observado, o deslocamento máximo sob este caso de carga do terremoto foi de 28,2 mm e 32,6 mm,

para as forças sísmicas aplicadas em x e y, respectivamente. Foram também avaliados os resultados de esforços máximos no pórtico do edifício. A força de cisalhamento na base do edifício foi de aproximadamente 3.354 kN.

### 3.2 Análise dos resultados de acordo com a norma brasileira NBR 15421 (ABNT, 2006)

Para a análise segundo a norma



► **Figura 7**

Deslocamentos horizontais em milímetros, nas direções x (em azul) e y (em vermelho) conforme NBR 15421 com a carga sísmica aplicada na direção x (gráfico da esquerda) e na direção y (gráfico da direita)

Fonte: Autor

brasileira, considerou-se que a edificação se encontra em classe de terreno do tipo solo rígido, de acordo com a definição da NBR 15421 (ABNT, 2006), e na zona sísmica zero. Obteve-se assim o valor de aceleração de projeto característica igual a  $0,245 \text{ m/s}^2$  e os valores de  $C_a(1,6)$  e  $C_v(2,4)$ . Em seguida, o valor de  $a_{gso}$  foi obtido de acordo com a equação 5, sendo este valor igual a  $0,3924 \text{ m/s}^2$ .

O coeficiente de importância do edifício "I" é igual a 1 e o coeficiente "R" é igual a 8. Aplicando esses valores na equação 6, um valor C de  $0,007$  foi obtido. Como a norma determina que esse valor não pode ser inferior a  $0,01$ , o valor considerado para análise foi o limite de  $0,01$ .

A carga sísmica também foi aplicada nas direções x e y. Com isso, o software indicou os seguintes resultados para deslocamento apresentados na Figura 7.

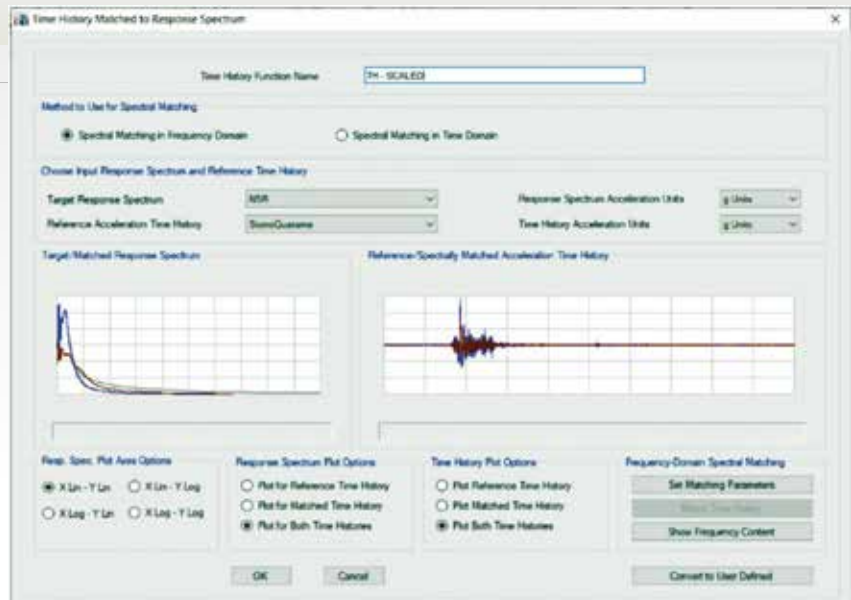
Como pode ser observado, o deslocamento máximo sob este caso de carga sísmica foi de  $5,33 \text{ mm}$  e  $6,15 \text{ mm}$  para as cargas sísmicas aplicadas em x e y, respectivamente. Nesta análise, a força de cisalhamento na base do edifício foi de aproximadamente  $633 \text{ kN}$ .

### 3.3 Resultados da análise no domínio do tempo para um terremoto de grande intensidade

A análise da "Time History" foi realizada considerando as acelerações do terremoto Quetame. As acelerações foram reduzidas para corresponder ao espectro de resposta de uma "zona baixa" no NSR10 (Figura 8). Os resultados da análise de deslocamento podem ser observados na Figura 9 a seguir. O deslocamento absoluto máximo calculado foi de  $90,33 \text{ mm}$ .

### 3.4 Resultados da comparação com a ação do vento

Para este estudo, foi considerado que Manaus/AM tem uma velocidade básica do vento de  $30 \text{ m/s}$ . Foi considerado que o edifício está localizado na periferia da cidade, em terreno plano e que a sua ruína total ou parcial pode comprometer a segurança ou possibilidade de resgate de pessoas



► **Figura 8**

A análise do *Time History* combinada com o espectro de resposta no ETABS de acordo com o NSR10

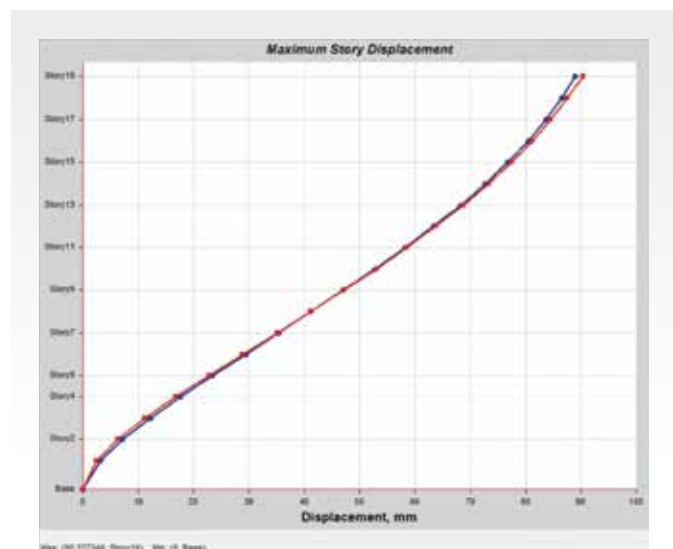
Fonte: Autor

após um desastre destrutivo após uma catástrofe. Com esses parâmetros, foi possível obter uma velocidade característica do vento de  $37,86 \text{ m/s}$  e, após a aplicação da equação 6, uma pressão dinâmica de  $0,88 \text{ kPa}$ . Com a função "Auto Draw Cladding" do ETABS, foi possível criar planos na fachada da torre e substituir as situações de pressão por sucção ( $C_{pi} = 0,4$ ) e sobrepressão ( $C_{pw} = 0,6$ ). As Figuras 10 e 11 exibem os resultados para análise da ação do vento.

Posteriormente, foi determinado no ETABS o deslocamento horizontal máximo para a edificação de aproximadamente  $23,07 \text{ mm}$  e uma reação de base de  $3,966 \text{ kN}$  para o caso de carga de vento na direção y, que é a direção mais crítica devido à área da fachada.

A Tabela 1 registra uma comparação das reações de base para os casos analisados, sendo as combinações de carga considerada relacionadas abaixo:

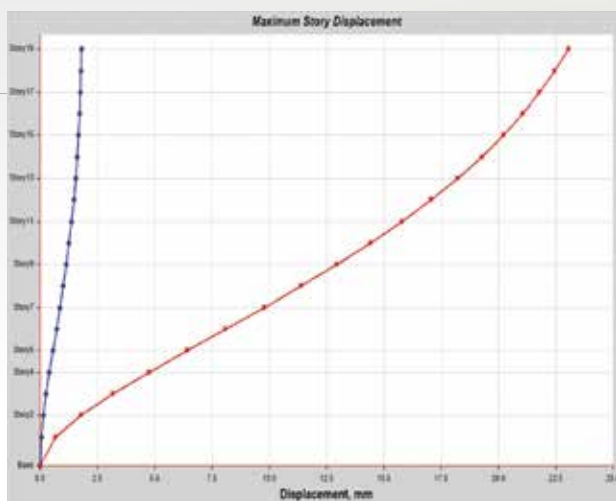
- NSR (1,2D + E + L);
- NBR (1,2D + E + 0,5L);
- WIN [NBR] (1,4D + 0,98L + 1,4W).



► **Figura 9**

Deslocamentos absolutos horizontais, em milímetros, nas direções x (em azul) e y (em vermelho) durante a análise com o terremoto Quetame

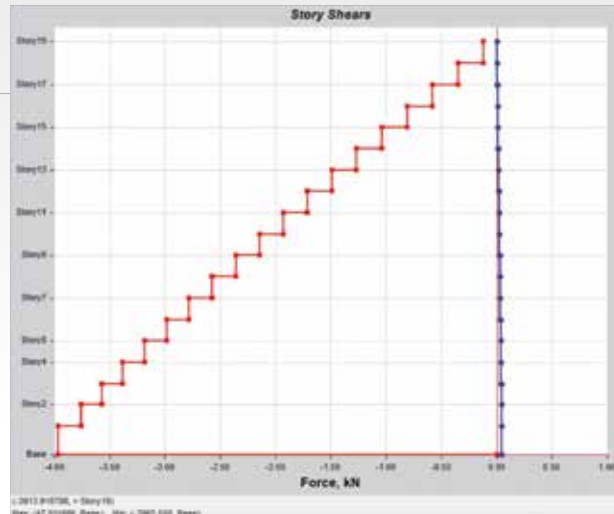
Fonte: Autor



► **Figura 10**

Deslocamentos horizontais máximos, em milímetros, nas direções x (em azul) e y (em vermelho) para carregamento de vento conforme NBR 6123

Fonte: Autor



► **Figura 11**

Cisalhamento máximo por piso na direção x (em azul) e y (em vermelho) para carregamento de vento na direção y, conforme NBR 6123

Fonte: Autor

Onde “D” representa a carga permanente, “L” representa a carga variável, “E” é o efeito do terremoto e “W” indica a ação do vento.

#### 4. CONCLUSÕES

Após a realização das análises estruturais, observou-se que a avaliação por meio dos parâmetros da norma colombiana resultou em valores maiores do que os avaliados pela norma brasileira. Os deslocamentos causados pelo modelo da norma NSR10, em relação ao modelo da norma NBR 15421, foram cerca de 5 vezes maiores nas duas direções. As reações na base, considerando as combinações últimas de ambos os padrões, também foram maiores e na mesma proporção. É importante lembrar que a Colômbia está

localizada mais perto da fronteira da placa sul-americana do que o Brasil.

Ao comparar as zonas de risco sísmico da NSR10 e da NBR 15421, foi possível realizar uma compatibilização aproximada entre os dois picos de aceleração do solo ( $a_g$ ) e confirmar que os resultados obtidos foram consistentes. Na Figura 4, apresentada no item 2.2, foi realizada uma sobreposição, sendo possível notar que algumas das zonas marcadas na norma brasileira fazem parte do território da Colômbia e isso se reflete bem na norma NSR10. No entanto, a norma brasileira separa em uma quantidade maior de zonas (5 no total), se comparada ao país vizinho, o que é esperado dada as diferenças entre dimensões dos dois países.

A engenharia sísmica não costuma fazer parte do currículo das universidades brasileiras. No entanto, as zonas 1 a 4 da norma brasileira experimentam picos de aceleração no solo semelhantes aos da Colômbia e de outros países vizinhos. Estas zonas (1 e 4) coincidem com a área da floresta amazônica, o que significa que, a maior parte desta região não há expectativa de construção de prédios altos, ao menos no curto prazo.

A análise no domínio do tempo usando a função de espectro para o terremoto Quetame combinada com o espectro de resposta de uma zona de baixo risco de acordo com NS10 indicou que a estrutura do edifício considerado para análise sofreria deslocamentos horizontais maiores do que o carregamento do vento em uma proporção de aproximadamente 4 vezes. Porém, o deslocamento máximo absoluto para este caso de carga é menor do que a razão altura/640, desprezando os fatores de redução de cargas normalmente aplicadas às combinações de carga ELS. Portanto, é razoável concluir que este edifício provavelmente não experimentaria danos estruturais graves devido a grandes deflexões se um evento dessa magnitude ocorresse na Colômbia novamente.

Em relação ao comparativo com a ação do vento, observou-se que os efeitos da carga de vento, para este

► **Tabela 1**

Reações de base para combinações de ELU para vento e terremoto

Caso de carregamento	Reações na base			
	FX kN	FY kN	MX kN.m	MY kN.m
Terremoto de Quetame	11919,87	11977,86	503588	553939
NSR10 – direção x	-3354,53	–	818120	–
NBR 15421 - direção x	-632,93	–	753049	–
Vento <sub>(NBR 6123)</sub> – direção x	-2279,27	–	930266	–
NSR10 – direção y	–	-3354,53	–	818120
NBR 15421 – direção y	–	-632,93	–	753049
Vento <sub>(NBR 6123)</sub> – direção y	–	-5720,02	–	1844606

caso, não cobriram os efeitos da carga de terremoto. Observa-se ainda que a velocidade básica do vento adotada (e usual para a região considerada) é baixa, quando comparada aos valores para outras regiões do país. Mas é importante destacar também a diferente natureza

entre estes dois fenômenos, sendo necessário e recomendado maiores estudos em relação a esta questão.

Apesar das demandas sísmicas de eventos sísmicos em países vizinhos aparentemente não comprometer de forma grave os elementos estruturais deste estu-

do de caso, é necessário chamar a atenção também para a necessidade de reforços para ações sísmicas em elementos não estruturais, como em placas de fachada, exaustores de cozinha, geradores etc., pois isso também pode representar um perigo significativo para as pessoas. ☒

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. AIS NSR-10: Regulamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente. Colômbia: AIS, 2010.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6120: Ações para o cálculo de estruturas de edificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.
- [3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações – Procedimentos. Versão corrigida 2: 2013. Rio de Janeiro: ABNT, 1988.
- [4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15421: Projeto de Estruturas Resistentes a Sismos – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.
- [5] DERZI, MARIA. Moradores de Manaus sentem chão tremer após terremoto na Guiana. Disponível em: <<https://www.acritica.com/channels/interior/news/moradores-de-manaus-sentem-chao-tremer-apos-terremoto-na-guiana>>. Acesso em: 26 jul. 2021.
- [6] PEÑA, LUIS ALEJANDRO PÉREZ. Análise dos efeitos provocados por abalos sísmicos em estruturas irregulares. 2012. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2012.
- [7] RED DE ACELERÓGRAFOS DE BOGOTÁ (RAB – SIRE). Información Sísmica de Bogotá, Colômbia. Disponível em: <<https://www.sire.gov.co/web/sab/rab>>. Acesso em: 26 jul. 2021.
- [8] SILVA, ELBER DE ARAÚJO. Avaliação do comportamento de edifícios de concreto armado, na cidade de Manaus, quando sujeitos a abalos sísmicos. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2017.

## Sistemas de Fôrmas para Edifícios

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



ANTONIO CARLOS ZORZI

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

Autor: Antonio Carlos Zorzi

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

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

### DADOS TÉCNICOS

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

Patrocínio



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

# Exemplo de dimensionamento de vigas reforçadas à flexão com o uso da técnica TRM/TRC

MATHEUS H. M. DE MORAES – ENG., ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7285-1344>, [matheus.h.h@hotmail.com](mailto:matheus.h.h@hotmail.com);

HENRIQUE M. FRANCKLIN – PROF., ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1416-7800> – UFSCAR.

GLÁUCIA M. DALFRÉ – PROF., ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3623-5103> – UFSCAR, UNIVERSITY OF BIRMINGHAM, UK;

BAHMAN GHIASSI – PROF., ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4212-8961> – UNIVERSITY OF BIRMINGHAM, UK.

## RESUMO

A técnica de reforço TRM/TRC (*Textile Reinforced Mortar/Concrete*), também baseada no uso de FRPs (Fiber Reinforced Polymers) embebidos em matriz cimentícia, tem se mostrado eficiente no aumento da capacidade de carga de elementos submetidos à flexão e cisalhamento. Esta técnica apresenta algumas vantagens quando comparadas às baseadas no uso de resinas epoxídicas, como a EBR (*Externally Bonded Reinforcement*) e NSM (*Near Surface Mounted*), tais como: possibilidade de aplicação em locais com umidade, em ambientes de alta agressividade e expostos a raios

UVA/UVB e, principalmente, devido à resistência ao fogo. Neste sentido, o presente trabalho apresenta um estudo analítico para verificação da eficiência da técnica TRM no incremento da capacidade resistente de vigas de concreto reforçadas à flexão com grelhas de CFRP (*Carbon Fiber Reinforced Polymer*) embebidas em matriz cimentícia. Tais resultados foram, posteriormente, comparados ao de um programa experimental realizado por Raoof, Koutas e Bournas (2017). De posse dessas informações, foi possível obter um melhor entendimento da eficácia do sistema de reforço TRM aplicado em vigas de concreto armado.

**PALAVRAS-CHAVE:** DIMENSIONAMENTO, ESTUDO COMPARATIVO, REFORÇO ESTRUTURAL, VIGAS DE CONCRETO ARMADO, TRM/TRC, GRELHAS DE FRP EM MATRIZ CIMENTÍCIA.

## 1. INTRODUÇÃO

O objetivo principal deste trabalho é obter um melhor entendimento do comportamento à flexão de vigas armadas não reforçadas (referência) e reforçadas com o uso da técnica TRM (*Textile-Reinforced Mortar*, em língua inglesa) ou TRC (*Textile-Reinforced Concrete*, em língua inglesa). Assim, espera-se contribuir com o avanço do conhecimento acerca da utilização de grelhas de FRP (*Fiber Reinforced Polymers*) embebidas em matriz cimentícia para aplicação no reforço de elementos de concreto armado. Para informações sobre a técnica de reforço TRM ou TRC em vigas de concreto armada consultar o artigo “Dimensionamento da técnica TRM/TRC para reforço à flexão de elementos de concreto armado segundo a norma americana ACI 529.4R (2020)”, na edição 106 da CONCRETO & Construções.

## 2. EXEMPLO DE CÁLCULO

Um estudo analítico do comportamento de uma viga biapoiada de concreto armado, sem reforço (Referência) e de três vigas biapoiadas de concreto armado reforçadas com grelhas de carbono, embebidas em matriz cimentícia, foi realizado. Posteriormente, os resultados analíticos foram comparados aos ensaios recentemente realizados por Raoof, Koutas e Bournas (2017). A Figura 1 apresenta o esquema do ensaio de flexão a quatro pontos (os pontos de aplicação de carga e apoios), as características geométricas e as armaduras longitudinais das vigas, enquanto os diagramas de momento fletor e esforço cortante, com  $a = 580$  mm e  $b = 340$  mm, são representados na Figura 2.

As quatro vigas foram confeccionadas com dimensões de  $101 \times 202 \times 1675$  mm<sup>3</sup>, vão livre entre os apoios de 1500 mm, altura útil de 17,6 cm, e concreto com resistência característica à compressão de 19,9 MPa (valor experimen-

talmente obtido). As vigas foram produzidas com armaduras longitudinais positivas compostas por 2 barras de aço, com tensão de escoamento do aço característica de 569 MPa, com diâmetro de 8 mm, e armadura transversal com barras de 8 mm de diâmetro.

O reforço das vigas foi realizado com grelhas de carbono com espessura nominal de 0,095 mm, massa de 384 g/m<sup>2</sup>, tensão última de tração ( $f_{tu}$ ) de 1518 MPa, deformação última tração ( $\epsilon_{fu}$ ) de 7,93% e módulo de elasticidade ( $E_t$ ) de 166,8 GPa, que foram aplicadas segundo a técnica TRM. Assim, as grelhas foram embebidas com argamassa cimentícia polimérica, com relação água/cimento de 0,23, com resistência média à flexão e à compressão de 39,2 MPa e 9,8 MPa, respectivamente. O reforço foi aplicado em uma, três e cinco camadas, com espessuras de 3 mm, 6 mm e 10 mm, com taxas de material de reforço ( $\rho_r$ ) de 0,0475%, 0,1425% e 0,2375%, respectivamente.

Com relação à viga armada de referência (sem reforço), a capacidade resistente foi determinada com base nas disposições da ABNT NBR 6118 (2014) e do ACI 318 (2019). Para o dimensionamento das vigas armadas com barras de aço, a ABNT NBR 6118 (2014) utiliza coeficientes de minoração das propriedades dos materiais, nomeadamente, resistência à compressão do concreto e resistência ao escoamento do aço, enquanto a ACI 318 (2019) não utiliza coeficiente de minoração das propriedades, entretanto reduz a capacidade resistente obtida por um coeficiente de segurança determinado com base no tipo de estribo utilizado e na deformação apresentada pelo aço. Para o dimensionamento das vigas reforçadas, o ACI 549.4R (2020) apresenta procedimentos baseados no ACI 318 (2019), ou seja, a capacidade resistente obtida é reduzida por um coeficiente de segurança determinado com base no tipo de ruína obtida. Assim, neste trabalho, os cálculos de capacidade resistente das vigas

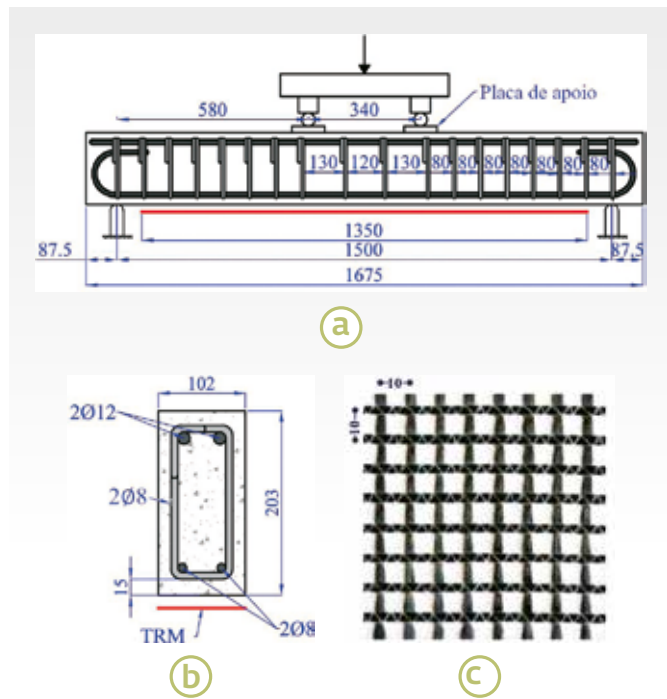
reforçadas segundo a técnica TRM foram realizados com e sem a utilização dos coeficientes de redução apresentados pelos códigos de dimensionamento utilizados de forma a se obter valores de projetos e, também, simular os resultados obtidos em laboratório.

## 2.1 ABNT 6118 (2014)

A determinação da resistência à flexão das vigas de referência tomou como base a ABNT NBR 6118 (2014), aplicando-se o método do diagrama simplificado de distribuição de tensões e deformações em seções retangulares para viga de concreto armado com armadura simples (Figura 3).

A determinação da profundidade da linha neutra é obtida com o uso da Equação 1, onde  $A_s$  é a área da armadura longitudinal ( $2\varnothing 8\text{mm}$ ,  $p$  e  $r$  f a z e n d o

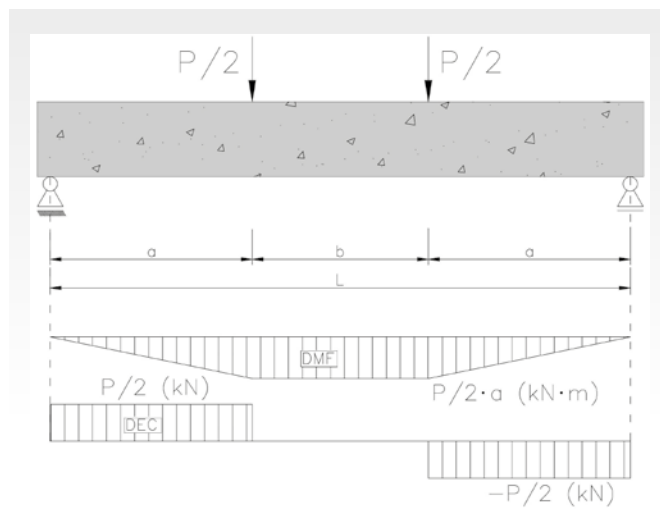
uma área de  $1,00\text{ cm}^2$ ),  $f_{yk}$  é a tensão de escoamento do aço característica (569 MPa),  $d$  é a altura útil (17,6 cm),  $\lambda$  é o valor definido em 0,8 para a altura do diagrama retangular simplificado da distribuição de tensões do concreto comprimido de resistência até 50 MPa,  $x$  é a profundidade da linha neutra,  $b_w$  é a largura da seção transversal,  $\alpha_c$  é igual ao valor de 0,85 da tensão máxima de compressão para concretos até 50 MPa e  $f_{cd}$  é a resistência característica do concreto (19,9 MPa). Em situações de projeto, no cálculo da profundidade da linha neutra, a resistência característica do concreto e a tensão de escoamento do aço são reduzidas por coeficientes de minoração iguais a 1,4 e 1,15, respectivamente.



► **Figura 1**

(a) Representação da viga adotada com armadura longitudinal, (b) seção transversal e (c) grelha de CFRP utilizada no reforço TRM (medidas em mm)

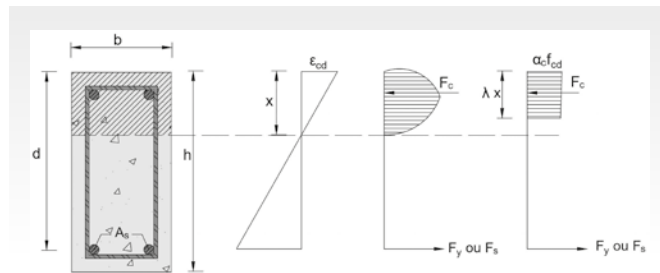
Fonte: Adaptado de Raouf, Koutas e Bournas (2017)



► **Figura 2**

Carregamentos e esforços atuantes na viga — diagrama de momento fletor e esforço cortante

Fonte: Próprio autor (2021)



► **Figura 3**

Diagrama de tensão e deformação seção retangular

Fonte: Próprio autor (2021)

$$[1] \quad x = \frac{A_s \cdot f_y}{\alpha_c \cdot \lambda \cdot b_w \cdot f_{cd}}$$

$$x = \frac{1,00 \text{ cm}^2 \cdot \left(56,9 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} / 1,15\right)}{0,85 \cdot 0,8 \cdot 10,2 \cdot \left(1,99 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} / 1,4\right)} = 5,02 \text{ cm}$$

Pela comparação com  $x_{2/3} = 0,259 \cdot d$  e  $x_{lim} = 0,45 \cdot d$ , pode-se observar que a profundidade da linha neutra se encontra no Domínio 3. Obtendo-se o valor do momento resistente do bloco comprimido ( $M_{rc}$ ) e tracionado ( $M_{rs}$ ), são utilizados os procedimentos de cálculo apresentados nas Equações 2 e 3, respectivamente.

$$[2] \quad M_{rc} = \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot \lambda \cdot x \cdot \left(d - \frac{\lambda \cdot x}{2}\right)$$

$$M_{rc} = 0,85 \cdot \left(\frac{19900 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}}{1,4}\right) \cdot 0,102 \text{ m} \cdot 0,8 \cdot 0,0502 \text{ m} \cdot \left(0,176 \text{ m} - \frac{0,8 \cdot 0,0502 \text{ m}}{2}\right)$$

$$[3] \quad M_{rc} = 7,72 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{rs} = A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{\lambda \cdot x}{2}\right)$$

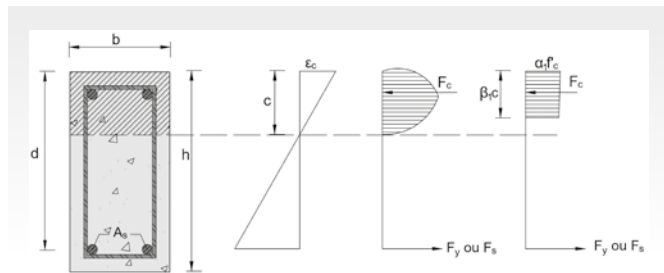
$$M_{rs} = 1 \text{ cm}^2 \cdot \left(\frac{56,9 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}}{1,15}\right) \cdot \left(0,176 \text{ m} - \frac{0,8 \cdot 0,0502 \text{ m}}{2}\right)$$

$$M_{rs} = 7,71 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Levando em conta a disposição do carregamento aplicado, o momento resistente é correspondente a uma força P igual a 26,58 kN (P/2 igual a 13,29 kN).

## 2.2 ACI 318 (2019)

O dimensionamento segundo as prescrições da norma ACI 318 também



► **Figura 4**  
Diagrama retangular equivalente  
Fonte: Próprio autor (2021)

permite como simplificação o uso de um diagrama retangular equivalente e as distribuições de deformações nos materiais, como as apresentadas na Figura 4. Entretanto, o dimensionamento é realizado com o uso de valores característicos de propriedades dos materiais, e a capacidade resistente é posteriormente minorada pelo fator de redução  $\phi$ .

Os valores de  $\beta_1$  variam de acordo com a classe de resistência à compressão do concreto ( $f'_c$ ) e possuem os valores apresentados na Equação 4. Tendo em vista a resistência à compressão de 19,9 MPa, um valor de  $\beta_1$  igual a 0,85 foi obtido.

$$[4] \quad \beta_1 = \begin{cases} 0,85 & \text{para } 17 \leq f'_c \leq 28 \text{ MPa} \\ 0,85 - \frac{0,05 \cdot (f'_c - 28)}{7} & \text{para } 28 < f'_c < 55 \text{ MPa} \\ 0,65 & \text{para } f'_c \geq 55 \text{ MPa} \end{cases}$$

Considerando-se que a área da armadura longitudinal ( $A_s$ ) é de 1,00 cm<sup>2</sup>,  $f_y$  é a tensão de escoamento do aço característica (569 MPa),  $b$  é a largura da seção transversal, e  $f'_c$  é a resistência característica do concreto (19,9 MPa), a profundidade do bloco retangular equivalente ( $a$ ) é obtida com o uso da Equação 5.

$$[5] \quad a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b}$$

$$a = \frac{1,00 \text{ cm}^2 \cdot 56,9 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}}{0,85 \cdot 1,99 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \cdot 10,2 \text{ cm}} = 3,30 \text{ cm}$$

O valor da linha neutra ( $c$ ) é calculada por meio da Equação 6.

$$[6] \quad c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{3,30}{0,85} = 3,88 \text{ cm}$$

A deformação do aço ( $\epsilon_s$ ) pode ser obtida com o uso da equação de compatibilidade das deformações apresentada pela Equação 7. A norma ACI 318 (2019) leva em conta que deformação última no concreto ( $\epsilon_{cu}$ ) acontece para o valor de 3‰.

$$[7] \quad \epsilon_s = \left(\frac{d-c}{c}\right) \cdot \epsilon_{cu}$$

$$= \left(\frac{17,6 - 3,88}{3,88}\right) \cdot 3\text{‰} = 10,61\text{‰}$$

Sabendo que módulo de elasticidade do aço ( $E_s$ ), definido pela norma americana com o valor de 200 GPa, é possível calcular a deformação de início de escoamento ( $\epsilon_{sy}$ ) da armadura, tal como o apresentado na Equação 8.

$$[8] \quad \epsilon_{sy} = \frac{f_y}{E_s} = \frac{569 \text{ MPa}}{200000 \text{ MPa}} = 0,0028 = 2,8\text{‰}$$

Assim, verifica-se que o aço está escoando (ou seja,  $\epsilon_s > \epsilon_{sy}$ , Equação 7) e que  $f_y = 569$  MPa.

O momento nominal resistido pela análise do bloco tracionado ( $M_n$ ) é calculado com o uso da Equação 9.

$$[9] \quad M_n = A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_n = 1 \text{ cm}^2 \cdot 56,9 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \cdot \left(0,176 \text{ m} - \frac{0,0330 \text{ m}}{2}\right) = 9,07 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

O coeficiente de redução  $\phi$  pode ser obtido por meio da Equação 10, onde  $\epsilon_s$  é o nível de deformação da armadura de aço obtida no dimensionamento (neste caso, 10,61‰) e  $\epsilon_{sy}$  é a deformação de escoamento da armadura de aço (2,8‰).

$$[10] \quad \phi = \begin{cases} 0,90 & \text{para } \epsilon_s \geq 0,005 \\ 0,65 + \frac{0,25 \cdot (\epsilon_s - \epsilon_{sy})}{(0,005 - \epsilon_{sy})} & \text{para } \epsilon_{sy} < \epsilon_s < 0,005 \\ 0,65 & \text{para } \epsilon_s \leq \epsilon_{sy} \end{cases}$$

Considerando os resultados apresentados, o coeficiente de redução  $\phi$  possui o valor de 0,90. Segundo a ACI 318 (2019), o momento resistente de cálculo ( $M_u$ ) pode ser obtido pelo produto entre o momento nominal e o fator de redução  $\phi$  (Equação 11).

$$[11] \quad M_u = \phi \cdot M_n = 0,90 \cdot 9,07 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

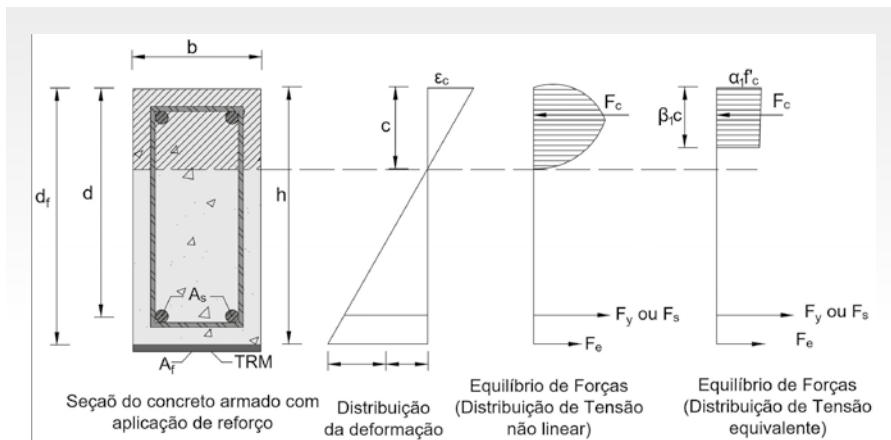
$$= 8,16 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Considerando o esquema estático e o carregamento, este momento corresponde a uma força P igual a 28,14 kN (P/2 igual a 14,07 kN).

## 2.3 ACI 549.4R (2020)

A determinação da capacidade resistente da seção transversal reforçada





**Figura 5**  
Equilíbrio de forças de uma seção retangular de uma viga reforçada  
Fonte: Adaptado ACI 549.4R (2020)

segundo a técnica TRM foi realizada com o uso da norma americana ACI 549.4R (2020). A esquematização do equilíbrio de forças de uma viga de concreto armado reforçada segundo a técnica TRM pode ser verificada na Figura 5.

O cálculo do sistema de reforço é iniciado com a determinação da deformação no substrato de concreto que receberá o material de reforço no momento da aplicação ( $\epsilon_{bi}$ ), com o uso das Equações 12 a 18, onde  $M_{DL}$  é o momento fletor devido a atuação do peso próprio,  $E_c$  é o módulo de elasticidade do concreto e  $E_s$  é o módulo de elasticidade do aço. Para o cálculo de  $E_c$  foi utilizada a formulação proposta pela norma ACI 318 (2019), tal como o apresentado na Equação 12.

$$[12] \quad E_c = 4700 \cdot \sqrt{f'_c} = 4700 \cdot \sqrt{19,9 \text{ MPa}} = 20966,43 \text{ MPa}$$

Considerando-se que o módulo de elasticidade do aço ( $E_s$ ) possui o valor de 200 GPa e que para cálculo do momento fletor devido a atuação do peso próprio ( $M_{DL}$ ) foi considerado elemento de concreto armado, com peso próprio de 25 kN/m<sup>3</sup>, obtém-se  $M_{DL}$  igual a 0,146 kN·m. Assim:

$$[13] \quad n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000}{20966,43} = 9,54$$

$$[14] \quad B = \frac{b}{n \cdot A_s} = \frac{10,2}{9,54 \cdot 1,00} = 1,06 \text{ cm}^{-1}$$

$$[15] \quad I_g = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{10,2 \cdot 20,3^3}{12} = 7110,61 \text{ cm}^4$$

$$[16] \quad k \cdot d = \frac{(\sqrt{2 \cdot d \cdot B + 1} - 1)}{B} = \frac{(\sqrt{2 \cdot 17,6 \cdot 1,06 + 1} - 1)}{1,06} = 4,89 \text{ cm}$$

$$[17] \quad I_{cr} = \frac{b \cdot (k \cdot d)^3}{3} + n \cdot A_s \cdot (d - k \cdot d)^2 = \frac{10,2 \cdot (4,89)^3}{3} + 9,54 \cdot 1,00(17,6 - 4,89)^2 = 1938,69 \text{ cm}^4$$

Considerando-se que o TRM aplicado em 1 camada possui espessura de 3 mm, obtém-se  $d_f$  igual a 20,3 cm + 0,15 cm), considerando a medida como sendo a altura total da viga somada a metade da altura do material de reforço).

$$[18] \quad \epsilon_{bi} = \frac{M_{DL} \cdot (d_f - k \cdot d)}{I_{cr} \cdot E_c} = \frac{14,56 \text{ kN} \cdot \text{cm} \cdot (20,45 \text{ cm} - 4,89 \text{ cm})}{1938,69 \text{ cm}^4 \cdot 2096,64 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}} = 0,056\%$$

Para dar início ao dimensionamento, arbitra-se uma posição inicial para a posição da linha neutra ( $c$ ). O valor para a profundidade de linha neutra recomendado pela norma ACI 440.2R (2017) para a primeira iteração é igual a 0,2 ·  $d$ , resultando em um valor de 3,52 cm. Isso permite calcular a deformação efetiva do sistema de reforço ( $\epsilon_{fe}$ ) com o uso da Equação 19, onde  $\epsilon_{cu}$  é a deformação

última do concreto, a qual possui o valor de 3‰.

$$[19] \quad \epsilon_{fe} = \epsilon_{cu} \left( \frac{d_f - c}{c} \right) - \epsilon_{bi} \leq \epsilon_{fd}$$

$$\epsilon_{fe} = 3\% \left( \frac{20,45 - 3,52}{3,52} \right) - 0,056\%$$

$$= 14,37\% \leq \epsilon_{fd} = 7,93\%$$

Logo para o processo iterativo, considerou-se uma deformação efetiva do sistema de reforço ( $\epsilon_{FE}$ ) de 7,93‰.

Assim como recomendado pela norma ACI 549.4R (2020), determinam-se as deformações da armadura longitudinal no aço ( $\epsilon_s$ ) e do concreto ( $\epsilon_c$ ), assim como a tensão da armadura longitudinal ( $f_s$ ), tal como o apresentado nas Equações 20 a 22.

$$[20] \quad \epsilon_s = (\epsilon_{fe} + \epsilon_{bi}) \cdot \left( \frac{d - c}{h - c} \right) = (7,93\% + 0,056\%) \cdot \left( \frac{17,6 \text{ cm} - 3,52 \text{ cm}}{20,3 \text{ cm} - 3,52 \text{ cm}} \right) = 6,70\%$$

$$[21] \quad \epsilon_c = (\epsilon_{fe} + \epsilon_{bi}) \cdot \left( \frac{c}{h - c} \right) = (7,93\% + 0,056\%) \cdot \left( \frac{3,52 \text{ cm}}{20,3 \text{ cm} - 3,52 \text{ cm}} \right) = 1,67\%$$

$$[22] \quad f_s = E_s \cdot \epsilon_s = 200000 \cdot 6,70\% = 1340 \text{ MPa} \leq f_y$$

Portanto,  $f_y = 569 \text{ MPa}$

Posteriormente, foi calculado a tensão no sistema de reforço ( $f_{fe}$ ), apresentado na Equação 23.

$$[23] \quad f_{fe} = E_f \cdot \epsilon_{fe} = 166,8 \text{ GPa} \cdot 7,93\% = 1322,72 \text{ MPa}$$

Com as tensões e deformações na armadura longitudinal e no material de reforço TRM/TRC determinados, verifica-se as condições de equilíbrio da seção, que são calculadas com o uso das Equações 24 a 27, onde  $\epsilon_c$  é a deformação máxima do concreto,  $\epsilon'_c$  é a deformação do concreto não confinado,  $E_c$  é o módulo de elasticidade do concreto e  $A_s$  é a área da seção transversal da armadura longitudinal existente. Aqui será apresentado o processo de cálculo para 1 camada de material de reforço aplicado segundo a técnica TRM, com área de reforço ( $A_f$ ) igual a 0,0984 cm<sup>2</sup>, tal como o apresentado na Equação 27.

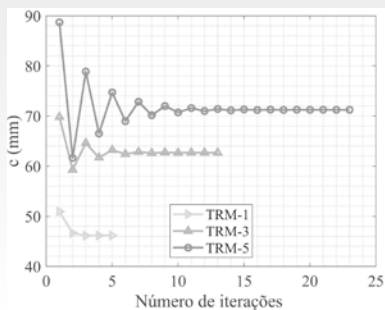
$$[24] \quad \varepsilon'_c = \frac{1,7 \cdot f'_c}{E_c} = \frac{1,7 \cdot 19,9 \text{ MPa}}{20966,43 \text{ MPa}} = 0,00161 = 1,61\%$$

$$[25] \quad \beta_1 = \frac{4 \cdot \varepsilon'_c - \varepsilon_c}{6 \cdot \varepsilon'_c - 2 \cdot \varepsilon_c} = \frac{4 \cdot 1,61\% - 1,67\%}{6 \cdot 1,61\% - 2 \cdot 1,67\%} = 0,7549$$

$$[26] \quad \alpha_1 = \frac{3 \cdot \varepsilon'_c \cdot \varepsilon_c - \varepsilon_c^2}{3 \cdot \beta_1 \cdot \varepsilon_c^2} = \frac{3 \cdot 1,61\% \cdot 1,67\% - (1,67\%)^2}{3 \cdot 0,7549 \cdot (1,61\%)^2} = 0,8994$$

$$[27] \quad c = \frac{A_s \cdot f_s + A_f \cdot f_{fe}}{\alpha_1 \cdot f'_c \cdot \beta_1 \cdot b} = \frac{1,00 \text{ cm}^2 \cdot 56,9 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} + 0,0984 \text{ cm}^2 \cdot 132,272 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}}{0,8994 \cdot 1,99 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \cdot 0,7549 \cdot 10,2 \text{ cm}} = 5,07 \text{ cm}$$

Como a profundidade de linha neutra (c) arbitrada é diferente da obtida no dimensionamento, atribui-se nova profundidade de linha neutra e realizam-se novos cálculos até que a posição calculada da linha neutra seja igual a arbitrada. Para esta análise, considerou-se, como critério de convergência, diferença entre valores da linha neutra de  $1 \cdot 10^{-5}$  m, necessitando de 5, 13 e 23 iterações para obter a convergência para as vigas reforçadas com 1, 3 e 5 camadas de TRM, respectivamente. A Figura 6 ilustra o comportamento da linha



**Figura 6**  
Comportamento da linha neutra versus número de iterações para cada uma das vigas  
Fonte: Próprio autor (2021)

**Tabela 1**  
Resumo das variáveis obtidas do cálculo iterativo das vigas

Variável	1 camada	3 camadas	5 camadas
c (cm)	4,62	6,27	7,13
$\varepsilon_c$ (%)	7,93	6,67	5,49
$\varepsilon_c$ (%)	2,40	3,00	3,00
$\varepsilon_s$ (%)	6,60	5,40	4,40
$f_{fe}$ (MPa)	1322,72	1110,55	915,89
$f_s$ (MPa)	569,00	569,00	569,00
$\varepsilon'_c$ (%)	1,61	1,61	1,61
$\beta_1$	0,8240	0,9383	0,9383
$\alpha_1$	0,9094	0,7534	0,7534

Fonte: Próprio Autor (2021)

neutra (c) ao decorrer das iterações para as vigas reforçadas, onde TRM-1, TRM-3 e TRM-5 representam as vigas reforçadas com 1, 3 e 5 camadas, respectivamente

Pode-se observar que, com o aumento do número de camadas, houve o aumento no número de iterações necessárias para se obter a convergência da linha neutra. A Tabela 1 apresenta um resumo dos resultados obtidos para os diferentes números de camadas avaliados.

Finalizando-se o procedimento de cálculo para ELU calcula-se o momento nominal resistente ( $M_n$ ) do elemento reforçado com o uso da Equação 30, o qual consiste na somatória das parcelas de momento nominal resistido pela armadura ( $M_{ns}$ ) e pelo material de reforço ( $M_{nf}$ ), respectivamente, tal como apresentado nas Equações 28 e 29 respectivamente. Tendo em vista a resistência à compressão de 19,9 MPa, um valor de  $\beta_1$  igual a 0,85 foi obtido. Ainda, considerando-se o dimensionamento com o uso de 1 camada de TRM, tem-se:

$$[28] \quad M_{ns} = A_s \cdot f_s \left( d - \frac{\beta_1 \cdot c}{2} \right) = 1 \cdot 56,9 \left( 17,3 - \frac{0,85 \cdot 4,62}{2} \right) = 872,6 \text{ kN} \cdot \text{cm} = 8,73 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$[29] \quad M_{nf} = A_f \cdot f_{fe} \cdot \left( d_f - \frac{\beta_1 \cdot c}{2} \right) = 0,0984 \cdot 132,272 \cdot \left( 20,45 - \frac{0,85 \cdot 4,62}{2} \right) = 240,6 \text{ kN} \cdot \text{cm} = 2,41 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$[30] \quad M_n = M_{ns} + M_{nf} = 8,73 + 2,41 = 11,14 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

O fator de redução ( $\phi$ ), apresentado na Equação 31, depende da deformação do aço ( $\varepsilon_s$ ) e da deformação de escoamento do aço ( $\varepsilon_{sy}$ ). Para  $\varepsilon_s = 6,60\% > 5\%$ , tem-se  $\phi$  igual a 0,90.

$$[31] \quad \phi = \begin{cases} 0,90 & \text{para } \varepsilon_s \geq 0,005 \\ 0,65 + \frac{0,25 \cdot (\varepsilon_s - \varepsilon_{sy})}{0,005 - \varepsilon_{sy}} & \text{para } \varepsilon_{sy} < \varepsilon_s < 0,005 \\ 0,65 & \text{para } \varepsilon_s \leq \varepsilon_{sy} \end{cases}$$

O momento último ( $M_u$ ) é obtido com o produto do momento resistente ( $M_n$ ) e o fator de redução ( $\phi$ ), assim como apresentado na Equação 32.

$$[32] \quad M_u = \phi \cdot M_n = 0,90 \cdot 11,14 = 10,03 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos para o momento nominal resistente pela armadura ( $M_{ns}$ ), pelo reforço TRM ( $M_{nf}$ ), o momento nominal resistente ( $M_n$ ), o fator de redução ( $\phi$ ), o momento último ( $M_u$ ) e a Força (P) correspondente para as vigas reforçadas.

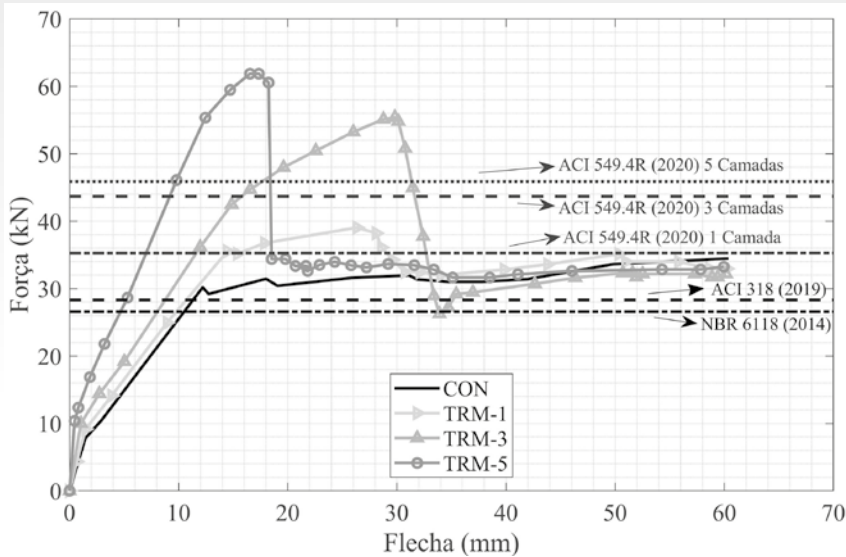
### 3. COMPARAÇÃO ENTRE OS MODELOS DE DIMENSIONAMENTO E RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Os resultados do programa experimental conduzido por Raoof, Koutas e Bournas (2017) permitem avaliar a expectativa de capacidade resistente obtida via modelos de dimensionamento. A Figura 7 apresenta as curvas Força (F) versus deslocamento

**Tabela 2**  
Resumo das variáveis obtidas do cálculo iterativo das vigas

Variável	1 camada	3 camadas	5 camadas
$M_{ns}$ (kN·m)	8,73	8,39	8,16
$M_{nf}$ (kN·m)	2,41	5,69	7,64
$M_n$ (kN·m)	11,14	14,08	15,80
$\phi$	0,900	0,900	0,842
$M_u$ (kN·m)	10,03	12,67	13,30
P/2 (kN)	17,29	21,84	22,93
P (kN)	34,58	43,68	45,86

Fonte: Próprio Autor (2021)



► **Figura 7**  
 Diagrama de força *versus* deslocamento vertical  
 Fonte: Adaptado de Raouf, Koutas e Bournas (2017)

vertical (mm) das vigas avaliadas, enquanto a Tabela 3 apresenta um resumo dos resultados de forças obtidas no ensaio experimental para três momentos distintos: fissuração ( $P_{cr}$ ), escoamento da armadura longitudinal existente ( $P_e$ ) e para a máxima força registrada ( $P_{max}$ ).

Ao se avaliar os dados da Tabela 3 e da Figura 7, verifica-se a efetividade do sistema de reforço TRM. A viga sem reforço apresentou fissuração quando uma força de 9,8 kN foi obtida, enquanto as vigas reforçadas apresentaram fissuras visíveis com forças de 10,0 kN, 12,8 kN e 16 kN, indicando que o uso da técnica de reforço pode retardar o início da fissuração do elemento. A partir desses pontos, todas as vigas apresentaram redução de rigidez devido à fissuração. Essa nova rigidez mantém-se estável até o início do escoamento da armadura longitudinal tracionada. Percebe-se, mais uma vez, que o início do escoamento da armadura ocorreu para forças aplicadas de 30,1 kN (referência), 35,6 kN (TRM-1), 43,0 kN (TRM-3) e 57,2 kN (TRM-5), indicando um aumento de 18,3% a 90,0%, em relação a viga sem reforço, para a

força que leva ao escoamento da armadura longitudinal do elemento. Por fim, para a máxima força registrada no ensaio das vigas de concreto reforçadas, verificou-se aumento da capacidade de 12,7%, 59,8% e 79,8% para as vigas reforçadas com 1, 3 ou 5 camadas de grelhas de carbono embebidas na matriz cimentícia, respectivamente.

Com relação aos modos de ruptura, a viga de referência (sem nenhum tipo de material de reforço) apresentou ruptura dúctil baseada no escoamento da armadura longitudinal tracionada. As vigas reforçadas apresentam ruptura menos

dúctil que a viga de referência. Para além disso, verificou-se que o número de camadas de material de reforço também influencia na ductilidade do elemento.

A Figura 7 também apresenta a comparação entre o comportamento obtido em laboratório e a expectativa de carga obtidas com as normas ABNT NBR 6118 (2014), ACI 318 (2014) e ACI 549.4R (2020). Verifica-se, para as vigas analisadas, que os modelos de dimensionamento utilizados conduzem a resultados seguros em relação à capacidade de carga da estrutura. Observa-se, também, que o aumento do número de camadas de TRC leva a uma diminuição da tensão da armadura longitudinal existente, visto que o sistema de reforço passa a absorver os esforços de tração dos elementos reforçados.

#### 4. CONCLUSÕES

A técnica de reforço de estruturas de concreto armado com FRPs está cada vez mais presente na indústria da construção civil para o aumento da capacidade de carga de um elemento estrutural. Neste sentido, este trabalho apresentou o dimensionamento à flexão de uma viga biapoiada reforçada segundo o sistema TRM, cujos resultados foram comparados aos obtidos em ensaios.

A partir dos resultados obtidos neste trabalho, conclui-se que:

- O dimensionamento baseado no uso da técnica TRM proposto pelo ACI 549.4R (2020) mostra-se analiticamente eficaz para determinar o incremento da capacidade

► **Tabela 3**  
 Resumo dos resultados de forças obtidas no ensaio experimental

Viga	Força (kN)		
	Fissuração ( $P_{cr}$ )	Escoamento ( $P_e$ )	Máxima ( $P_{max}$ )
Sem reforço	9,80	30,10	34,60
TRM-1	10,00	35,60	39,00
TRM-3	12,80	43,00	55,30
TRM-5	16,00	57,20	62,20

Fonte: Adaptado de Raouf, Koutas e Bournas (2017)

de carga de vigas de concreto armado reforçadas com grelhas de FRP embebidas em matriz cimentícia;


- Os modelos apresentados permitem dimensionamento seguro dos elementos de concreto, com e sem sistemas de reforço;
- O aumento do número de camadas

de TRM causa a redução da ductilidade do elemento reforçado;

- O uso da técnica TRM/TRC é altamente dependente das propriedades do compósito (grelha de FRP + matriz cimentícia) a ser utilizado. Assim, ensaios para caracterização do compósito são mandatórios para possibilitar o cor-

reto dimensionamento do sistema de reforço.

#### AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. 

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. ACI COMMITTEE. Building Code Requirements for Structural Concrete – ACI 318. Michigan – USA, ACI, 2019.
- \_\_\_\_\_. Guide for the design and construction of externally bonded FRP systems for strengthening concrete structures – ACI 440.2R. Michigan - USA, ACI, 2017.
- \_\_\_\_\_. Guide to Design and Construction of Externally Bonded Fabric-Reinforced Cementitious Matrix and Steel-Reinforced Grout Systems for Repair and Strengthening of Concrete Structures – ACI 549.4R. Michigan - USA, ACI, 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Ações para o cálculo de estruturas de edificações – NBR 6120. Rio de Janeiro – RJ, ABNT, 2019.
- \_\_\_\_\_. Projeto de estruturas de concreto - Procedimento: NBR 6118. Rio de Janeiro – RJ, ABNT, 2014.
- RAOOF, S. M.; KOUTAS, L. N.; BOURNAS, D. A. “Textile-reinforced mortar (TRM) versus fibre-reinforced polymers (FRP) in flexural strengthening of RC beams”, Construction and Building Materials, v. 151, p. 279–291, 2017. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2017.05.023.

# 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 aposentado da Escola Politécnica da USP 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](http://www.ibracon.org.br))



PRODUÇÃO



PATROCÍNIO



REALIZAÇÃO



# Precificação de emissões de carbono e desdobramentos para a cadeia produtiva do concreto

FERNANDA BELIZARIO-SILVA – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO

VANDERLEY JOHN – ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO/ INCT TECNOLOGIAS CIMENTÍCIAS ECO-EFICIENTES AVANÇADAS

O aumento da frequência e da intensidade de eventos climáticos extremos é uma consequência já perceptível do aquecimento global. A temperatura média do planeta está 1°C acima dos níveis prévios à revolução industrial, o que corresponde a um aquecimento sem precedentes em pelo menos 2000 anos [1]. Se nada for feito, os modelos indicam um aquecimento acima de 2°C já em 2050 e acima de 3°C até 2100 [1], o que, nas palavras do “*The Economist*”, significará que os seres humanos não estarão seguros em nenhum lugar do planeta [2]. Para evitar esse cenário, é urgente reduzir a emissão de gases de efeito estufa (GEE), sobretudo dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Os custos decorrentes desses eventos climáticos extremos já estão sendo pagos pela sociedade, no reparo de infraestruturas danificadas, secas que afetam o abastecimento de água, incêndios que destroem florestas, biomas e comunidades, blecautes de energia durante ondas de calor extremo, entre outros. Trata-se de um exemplo da tragédia dos comuns (*tragedy of the commons*) [3], em que a busca por benefícios privados legítimos levam a um dano coletivo pelo qual todos pagam, inclusive aqueles que não usufruem dos benefícios.

A precificação das emissões de gases de efeito estufa, ou simplesmente “precificação do carbono”, tem por objetivo internalizar esses custos nos negócios responsáveis pelas emissões, reduzindo a competitividade

de atividades poluentes e tornando mais competitivas as tecnologias de baixo carbono [4]. Os recursos advindos da precificação das emissões de carbono podem ser utilizados para financiar o desenvolvimento de novas tecnologias e, até mesmo, subsidiar o emprego destas, acelerando sua penetração no mercado.

Este artigo tem como objetivo apresentar um panorama sobre a precificação das emissões de carbono, incluindo os principais conceitos relativos a este assunto, e discutir possíveis desdobramentos para a cadeia produtiva do concreto no Brasil.

## 1. MECANISMOS DE PRECIFICAÇÃO DE CARBONO

### 1.1 Impostos ou taxas sobre emissões de carbono

Nesse mecanismo, o governo estabelece um “preço” sobre as emissões de GEE provenientes de determinadas atividades, por exemplo, a produção de combustíveis fósseis. Os recursos arrecadados com esses impostos podem ser investidos em tecnologias de baixo carbono.

### 1.2 Mercados de créditos de carbono

Nos mercados de “créditos” de carbono, empresas que emitem GEE abaixo de determinadas metas ou capturem/removam GEE da atmosfera podem vender os “créditos de carbono” para empresas

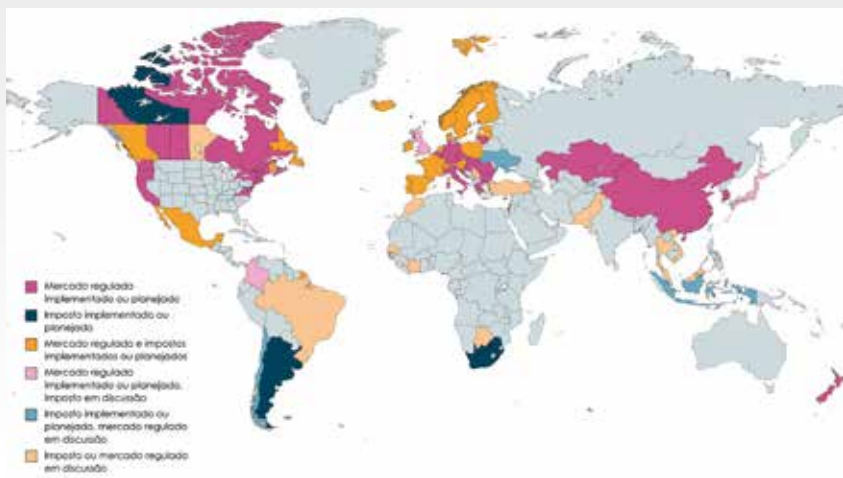
que estejam emitindo acima de determinadas metas ou que queiram voluntariamente compensar suas emissões. O crédito comercializado é medido em toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (t CO<sub>2e</sub>), unidade que pondera os GEE pelo seu potencial de contribuição para o aquecimento global. O preço da emissão de carbono é definido pelo mercado, em função da oferta e da demanda, podendo também ser afetado por especulação.

#### 1.2.1 MERCADOS DE CARBONO REGULADOS

Nos mercados de carbono regulados, também conhecidos pela sigla ETS, de *Emissions Trading System* ou pelo termo *cap-and-trade*, as entidades reguladoras, normalmente governos, definem limites máximos de emissão (*cap*) compulsórios para setores intensivos em carbono. As permissões de emissão são distribuídas ou leiloadas entre as empresas. Caso uma empresa emita menos do que o permitido, ela pode vender o seu excedente (*trade*) para outra empresa que emita mais do que o permitido, de modo que o setor como um todo reduza suas emissões de GEE [5].

#### 1.2.2 MERCADOS DE CARBONO VOLUNTÁRIOS

Nos mercados de carbono voluntários, os “créditos de carbono” são adquiridos voluntariamente, por uma questão de reputação das empresas, sobretudo com o crescimento do



► **Figura 1**

Mapa das iniciativas de impostos e mercados regulados de carbono (ETS) no mundo. No Brasil, a precificação de carbono encontra-se em análise. Adaptado do mapa de iniciativas de precificação de carbono do Banco Mundial [8]

movimento de governança ambiental, social e corporativa (ESG – Environmental, Social, and Corporate Governance) [6]. Nessa modalidade, empresas que demonstrem que reduziram suas emissões ou que removeram GEE da atmosfera - por exemplo, com a plantação de florestas - podem gerar unidades de “redução/remoção verificada de emissões” (RVE), termo técnico para o “crédito de carbono” [5]. Os créditos de carbono podem então ser adquiridos por empresas que queiram compensar suas emissões (*offset*). Para isso, a empresa que faz a compensação precisa “aposentar” o crédito adquirido, para que a mesma unidade de crédito não seja utilizada para compensar mais de uma unidade de emissão [7]. Os créditos recebem números de série e os sistemas de comércio possuem mecanismos de rastreabilidade que visam garantir a integridade das transações e evitar duplo crédito [6].

## 2. PANORAMA DA PRECIFICAÇÃO DE CARBONO

### 2.1 Panorama mundial

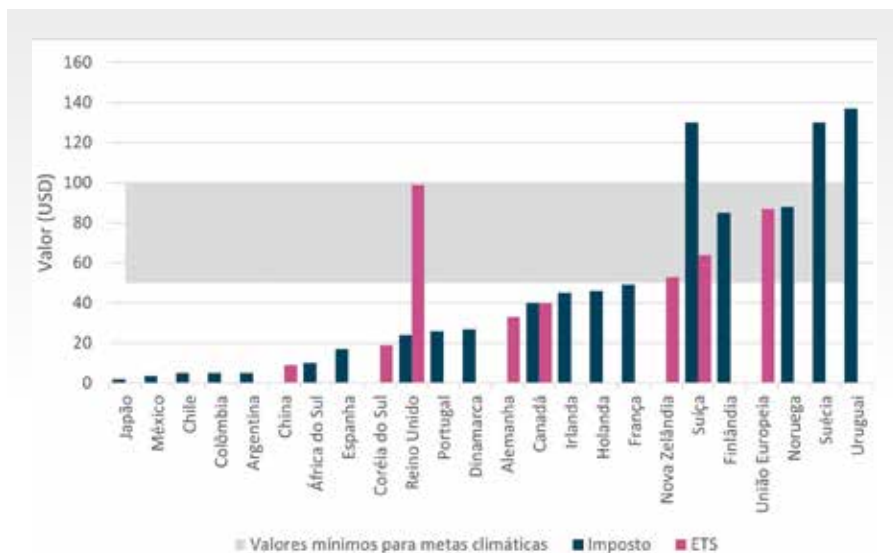
De acordo com o Banco Mundial, em 2021 havia 68 iniciativas compulsórias de precificação de carbono em operação no mundo, sendo 37 de tributação e 34 mercados regulados de carbono, que juntos cobrem aproximadamente 23% das

emissões globais de GEE (Figura 1). Além disso, os mercados voluntários movimentaram 362 milhões de “créditos de carbono” em 2021 [8].

O preço da emissão de uma tonelada de carbono equivalente é bastante variável – de menos de USD 1/tCO<sub>2e</sub> a USD 137/tCO<sub>2e</sub> – como mostra a Figura 2, que considera iniciativas de impostos e mercados regulados de carbono. Nos mercados voluntários, o preço médio em 2021 foi de USD 3,82/tCO<sub>2e</sub>. Estimativas apontam que, para gerar uma redução das emissões de GEE condizente com as metas do Acordo de Paris, o preço das emissões de carbono deveria estar entre USD 50/tCO<sub>2e</sub> e 100/tCO<sub>2e</sub>. Entretanto, embora os preços estejam aumentando, menos de 4% das emissões mundiais de GEE estão precificadas dentro ou acima desta faixa [8].

Os recursos captados por impostos e mercados regulados de carbono geraram uma arrecadação total estimada em USD 84 bilhões no ano de 2021 [8].

Um marco importante para a precificação do carbono foi a regulamentação do Artigo 6º do Acordo de Paris em 2021, que estabelece as



► **Figura 2**

Preços (em dólares) de uma tonelada de CO<sub>2e</sub>, em 1º de abril de 2022. Adaptado de estimativa do Banco Mundial [8]

regras para o comércio internacional de emissões, que até então era restrito a empresas e a algumas iniciativas, como o mercado regulado europeu (EU-ETS). O Artigo 6º permite que países adquiram permissões de emissão de outros países para cumprirem as metas estabelecidas em suas Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC – *Nationally Determined Contribution*), por meio de um instrumento denominado ITMO (*Internationally Transferred Mitigation Outcomes*). O país que adquire o ITMO pode deduzir as emissões de suas emissões nacionais, enquanto o país que vende o ITMO precisa acrescentar as emissões vendidas às suas emissões nacionais. Entretanto, ainda leva tempo até que esse comércio internacional de emissões seja operacionalizado [8].

## 2.2 Panorama nacional

Em maio de 2022, o Governo Federal publicou o Decreto nº 11.075, que estabelece os procedimentos para a elaboração dos Planos Setoriais de Mitigação das Mudanças Climáticas e institui o Sistema Nacional de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa (Sinare). Embora o decreto mencione o Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE), ele não estabelece as regras de operação desse mercado, nem a metodologia para quantificação e certificação das reduções de emissões de GEE.

O decreto atribui a cada setor o estabelecimento de suas próprias metas de redução, o que pode gerar inconsistências no grau de ambição climática entre setores e descolamento das metas previstas na contribuição brasileira para o Acordo de Paris. Além disso, o prazo para definição das metas setoriais é curto – apenas 180 dias a partir da publicação do decreto, prorrogáveis por igual período – sobretudo considerando-se que, exceto para o setor de cimento, ainda faltam aos demais setores econômicos o

estabelecimento da linha de base de emissões, o que exige elaborar inventários em uma amostra representativa do mercado. Essa linha de base é fundamental para a definição das metas de mitigação, que implicam em negociação setorial e com órgãos governamentais.

Há também um projeto de lei em tramitação no Legislativo (PL 528/2021) que trata da regulamentação do MBRE.

Sendo assim, o Brasil ainda não tem iniciativas reguladas de precificação de carbono, mas há empresas que operam no mercado voluntário, seja gerando créditos por meio de projetos de redução de emissões ou remoção de GEE da atmosfera, seja adquirindo créditos para compensação de emissões.

## 3. QUESTÕES SOBRE A PRECIFICAÇÃO DE CARBONO

Há diversos debates sobre a melhor forma de precificar as emissões de carbono e sobre a eficácia desses instrumentos para limitar o aquecimento global. A seguir, apresentam-se algumas das principais questões identificadas para as diferentes estratégias de precificação.

### 3.1 Imposto sobre emissões de carbono

No caso do imposto sobre carbono, o valor ou a taxa são conhecidos de antemão e se refletem diretamente no preço dos bens e serviços associados a emissões de carbono. Os recursos arrecadados pelo Estado com os impostos podem ser utilizados para apoiar iniciativas de sustentabilidade.

Por outro lado, a criação de impostos em geral é uma medida impopular, que pode enfrentar resistência tanto da população quanto de setores econômicos [9]. Além disso, os impostos de carbono podem ter um impacto proporcionalmente maior sobre a população de baixa renda, o que levanta questões sobre justiça social, uma vez que essa população em geral tem meno-

res emissões de CO<sub>2</sub> per capita. Entretanto, os recursos arrecadados com os impostos de carbono podem ser utilizados para corrigir essa assimetria [10].

Outra questão é que, diferentemente dos mercados de carbono, os impostos não estão associados a reduções de emissões de antemão; em outras palavras, caso as pessoas ou empresas paguem pelo custo adicional, as emissões de GEE podem continuar crescendo [10]. A resistência política e a negociação que se segue têm levado em muitos países ao estabelecimento de impostos de valor muito baixo, incapazes de alterar a competitividade das tecnologias de baixo carbono.

### 3.2 Mercados de carbono regulados

No caso dos mercados regulados, há um teto de emissões estabelecido pelo Estado, que não pode ser ultrapassado. Isto traz maior grau de certeza sobre a redução das emissões [4]. Esta cota de emissões é alocada entre as diferentes atividades geradoras de CO<sub>2</sub>. Por outro lado, o valor da tonelada de carbono varia conforme a oferta e a demanda.

A efetividade desse mecanismo para combater as mudanças climáticas depende do quão baixo é o teto estabelecido, bem como de sua redução gradativa ao longo do tempo, que precisa estar alinhada com os compromissos de longo prazo do país. Se o teto for muito alto, o preço pago pelo direito de emitir acima do teto tende a ser mais baixo, o que reduz o incentivo para as empresas mitigarem suas emissões. Quando a economia desaquece, a tendência é o preço do carbono baixar, revertendo parcialmente os ganhos. O estabelecimento de um teto adequado exige um diagnóstico verificável das emissões atuais de cada setor, bem como um *roadmap* consistente que aponte metas de redução de emissão que sejam ao mesmo tempo desafiado-

ras e tecnicamente viáveis.

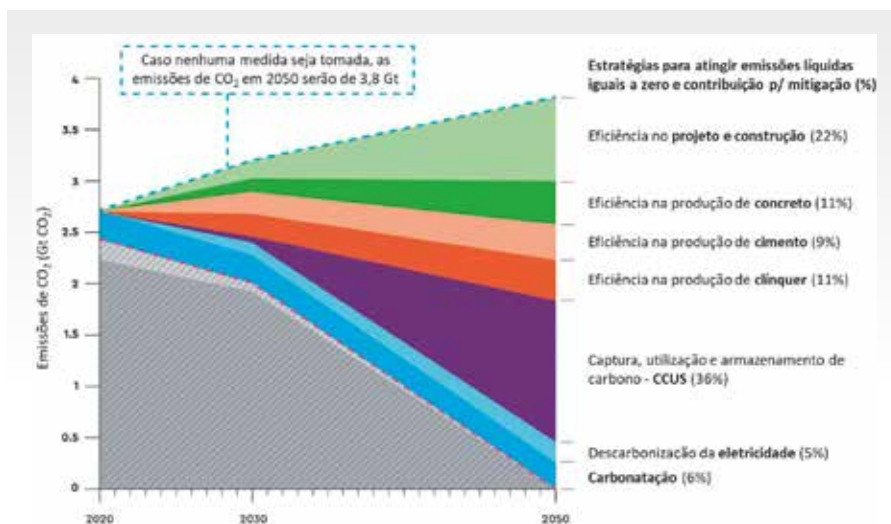
### 3.3 Mercados de carbono voluntários

Embora os créditos do mercado voluntário sejam gerados por reduções ou remoções verificadas de emissões, essa verificação está sujeita a diferentes padrões, mantidos por entidades privadas e não necessariamente consistentes entre si [8].

Além disso, há operações de geração de créditos em que a remoção de GEE é, no mínimo, questionável. Por exemplo, a manutenção de florestas nativas em pé pode gerar créditos de carbono, sob o argumento de que, se não houvesse ganho financeiro, a floresta seria derrubada ("desmatamento evitado"). Entretanto, o que efetivamente remove CO<sub>2</sub> da atmosfera é o aumento da biomassa florestal<sup>1</sup> (de forma duradoura); além disso, há casos em que a taxa base de desmatamento foi superestimada, gerando créditos maiores do que a realidade [11].

Outro ponto problemático é que empresas podem optar por compensar suas emissões antes mesmo de considerar sua redução. Além disso, é sempre mais fácil vender promessas do que entregar resultados: os anúncios de projetos para captura de carbono com plantação de florestas já feitos no Brasil é muito maior que a capacidade de produção de mudas de árvores – insumo obrigatório – e certamente enfrentará limitações de áreas para plantação [12].

Ou seja, a eficácia das estratégias de precificação de carbono requer que elas sejam bem desenhadas e ajustadas ao longo do tempo, frente às respostas dadas pelo mercado. Combinações entre diferentes estratégias podem trazer bons resultados. Além disso, a precificação de carbono não deve ser vista como a única estratégia de descarboniza-



► **Figura 3**

Contribuição das diferentes ações para a cadeia produtiva do concreto atingir emissões líquidas de carbono iguais a zero até 2050, em nível global. Adaptado do roadmap da *Global Cement and Concrete Association* [14]

ção, mas sim integrada a outros instrumentos e políticas públicas, uma vez que as mudanças necessárias para limitar o aquecimento global são de grande escala e permeiam todos os setores da economia [10]. Apenas mecanismos de mercado não são suficientes para enfrentar esse desafio [9].

### 4. DESDOBRAMENTOS PARA A CADEIA PRODUTIVA DO CONCRETO NO BRASIL

A precificação do carbono significa que cimentos, concretos e estruturas mais intensivos em carbono podem se tornar mais caras. Como os efeitos das emissões são globais, a tendência é de convergência dos preços no mercado global. Assumindo um preço de carbono de US\$ 50/t (limite inferior da faixa indicada pelo Banco Mundial) e uma emissão de 0,8 t CO<sub>2</sub>/t clínquer, o imposto de carbono de um cimento com 90% de clínquer será de US\$ 35/t, um significativo

aumento considerando o preço típico internacional do cimento de US\$ 100/t. Esse custo seria repassado para o concreto – o cimento é tipicamente um pouco mais de 50% do custo do concreto usinado – e para os edifícios. Mesmo um preço de carbono de US\$ 30/t (40% abaixo da faixa indicada pelo Banco Mundial) configuraria um forte incentivo à busca da inovação na cadeia de valor. Ou seja, reduzir as emissões de carbono é essencial para a competitividade econômica do setor.

Em um futuro próximo, é provável que iniciativas reguladas de precificação de carbono no Brasil incluam a cadeia produtiva do concreto, uma vez que a Política Nacional de Mudanças Climáticas considera a "indústria da construção" como um dos setores chave para redução de emissões. Além disso, internacionalmente, diversos mercados regulados de carbono contemplam a produção de cimento, por ser uma atividade com altas emissões diretas de CO<sub>2</sub> [8].

<sup>1</sup> Em plantas em crescimento, o CO<sub>2</sub> é absorvido pela fotossíntese e transformado em celulose, hemi-celulose e lignina, que são as moléculas constituintes de troncos, galhos e folhas. Plantas maduras, por outro lado, transformam o CO<sub>2</sub> em glicose durante a fotossíntese, mas emitem o CO<sub>2</sub> pela respiração, de modo que o balanço de CO<sub>2</sub> de plantas maduras é relativamente estável. A destruição da madeira por combustão ou biodeterioração libera CO<sub>2</sub> (ou metano) para a atmosfera novamente.




A indústria brasileira do cimento está preparada, pois já conta com uma linha de base estabelecida no âmbito do *Cement Sustainability Initiative* – que cobre cerca de 2/3 da produção brasileira – e de metas de mitigação baseadas em um *roadmap*, em que se propõe reduzir a intensidade do carbono do cimento (t CO<sub>2</sub>/t) em 33% até 2050. Entretanto, como se projeta um aumento de 65% do consumo de cimento até 2050, as emissões absolutas devem aumentar em 10% no mesmo período (de 40 para 44 milhões t CO<sub>2</sub>/ano) [13]. Cabe observar que a pegada de carbono do cimento brasileiro é hoje uma das menores do mundo.

Sendo assim, para reduzir as emissões totais do setor, como propõe o mais recente *roadmap* da *Glo-*

*bal Cement and Concrete Association* (GCCA) [14], que prevê emissões neutras em 2050, é necessário envolver outros elos da cadeia produtiva do concreto (Figura 3). Ainda falta ao mercado de concreto e de edifícios uma linha de base das emissões atuais e o estabelecimento de metas de redução ao longo do tempo, em um *roadmap* que identifique as tecnologias possíveis para redução das emissões para cada agente, observando, obviamente, os requisitos de desempenho aplicáveis aos materiais e produtos cimentícios.

Quem for mais eficiente em reduzir as emissões de carbono terá custos mais baixos e poderá até vender créditos de carbono para os menos eficientes do ponto de vista das emissões. Esta é uma atividade

de médio prazo que exige produção de conhecimento, capacitação, negociação entre as associações setoriais e órgãos governamentais e a elaboração de *roadmaps* consistentes entre si, para que não haja dupla contabilização das reduções. Isso exige um esforço conjunto da comunidade empresarial, técnica e científica, assim como dos órgãos governamentais competentes, atuando em todas as fases de produção das edificações, desde a fabricação do cimento, passando pela produção do concreto, até o projeto e execução dos empreendimentos, considerando tanto obras de edifícios quanto de infraestrutura. A boa notícia é que os primeiros passos já estão sendo dados pelas lideranças do setor. 

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *Climate Change 2022 - Mitigation of Climate Change - Summary for Policymakers*. Cambridge: Cambridge University Press, 2022. DOI: 10.1017/9781009157926.001.
- [2] THE ECONOMIST. A 3°C world has no safe place. *The Economist*, 2021. [Online]. Disponível em: <https://www.economist.com/leaders/2021/07/24/a-3degc-world-has-no-safe-place>. Acesso em 24 ago. 2022.
- [3] HARDIN, G. The tragedy of the commons. *Science*, vol. 162, no. 3859, pp. 1243–1248, 1968. DOI: 10.1126/science.162.3859.1243.
- [4] THE WORLD BANK. *Pricing carbon*. 2022. Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/programs/pricing-carbon#CarbonPricing>. Acesso em 24 ago. 2022.
- [5] LABORATÓRIO DE INOVAÇÃO FINANCEIRA. Q&A Básico - Mercados Voluntários de Carbono no Brasil. 2022. Disponível em: <https://labinovacaofinanceira.com/wp-content/uploads/2022/06/LAB-QA-Basico-sobre-Mercados-Voluntarios-de-Carbono-no-Brasil.pdf>. Acesso em 24 ago. 2022.
- [6] RESET. Guia RESET de créditos de carbono. 2022. Disponível em: <https://materiais.capitalreset.com/guia-reset-de-creditos-de-carbono>. Acesso em 24 ago. 2022.
- [7] CARBON PRICING LEADERSHIP COALITION. *Carbon Pricing Leadership Coalition*. 2022. Disponível em: <https://www.carbonpricingleadership.org/> Acesso em 24 ago. 2022.
- [8] THE WORLD BANK. *State and Trends of Carbon Pricing 2022*. Washington DC: The World Bank, 2022. DOI: 10.1596/978-1-4648-1895-0.
- [9] ROSENBLUM, D.; MARKARD, J.; GEELS, F. W.; FUENFSCILLING, L. Why carbon pricing is not sufficient to mitigate climate change—and how ‘sustainability transition policy’ can help. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 117, no. 16, pp. 8664–8668, Apr. 2020, DOI: 10.1073/pnas.2004093117.
- [10] ISLAM, R. What a carbon tax can do and why it cannot do it all. *World Bank Blogs*, 2022. Disponível em: <https://blogs.worldbank.org/energy/what-carbon-tax-can-do-and-why-it-cannot-do-it-all> Acesso em 24 ago. 2022
- [11] GREENFIELD, P. Carbon offsets used by major airlines based on flawed system, warn experts. *The Guardian*, 2021. [Online]. Disponível em: <https://www.theguardian.com/environment/2021/may/04/carbon-offsets-used-by-major-airlines-based-on-flawed-system-warn-experts> Acesso em 24 ago. 2022.
- [12] VASCONCELLOS, M. Todos querem ser ESG, mas ignoram que vai faltar floresta. *Folha de São Paulo*, São Paulo, 15 de maio de 2022. [Online]. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/colunas/marcos-de-vasconcellos/2022/05/todos-querem-ser-esg-mas-ignoram-que-vai-faltar-floresta.shtml> Acesso em 24 ago. 2022.
- [13] SNIC. *Roadmap Tecnológico do Cimento - Potencial de redução das emissões de carbono da indústria do cimento brasileira até 2050*. Rio de Janeiro: SNIC, 2019.
- [14] GLOBAL CEMENT AND CONCRETE ASSOCIATION. *Concrete Future – the GCCA 2050 Cement and Concrete Industry Roadmap for Net Zero Concrete*. 2022. Disponível em: <https://gccassociation.org/concretefuture/> Acesso em 24 ago. 2022

# Avaliação de desempenho e degradação de estruturas híbridas de concreto e aço: Santuário Dom Bosco

IBERÊ P. DE OLIVEIRA – DOUT., ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5409-3474>, [iberep@gmail.com](mailto:iberep@gmail.com);  
JOÃO C. PANTOJA – PROF., ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0763-0107> – PPG/FAU/UNB

## R E S U M O

São divulgados anualmente muitos artigos e estudos a respeito do ciclo de vida e desempenho dos edifícios, obtidos através de variáveis como vida útil de projeto, degradação dos materiais ou ainda vida útil estimada dos sistemas construtivos envolvidos. Neste contexto existe um paradigma importante: É perceptível um grupo significativo de empreendimentos cuja vida útil, tanto de projeto da edificação como dos materiais e sistemas, já foi ultrapassada e, mesmo assim, estes imóveis mantêm-se estáveis, funcionais e com boa aparência. Este é o caso do Santuário Dom Bosco, edificação em concreto híbrido e acervo edilício da cidade de Brasília. Este artigo tem por objetivo apresentar os primeiros

resultados da coleta coordenada de inspeções visuais, com dados de 1576 imóveis cadastrados entre os anos de 2014 a 2021. A proposta é utilizar a inspeção visual e os conceitos normativos para aferir o desempenho de uma edificação de cunho simbólico na arquitetura de Brasília. Ao final, o estudo apresenta a correlação com polinômio adaptado das curvas teóricas de desempenho e degradação obtida da amostra. Os resultados são promissores, apresentando diretamente a correlação do indicador de degradação no valor de 17,0%, o que corresponde 99,5% de desempenho para uma estrutura híbrida de concreto e aço, classificada na categoria especial e com 54 anos de uso, dados que auxiliarão na conservação do ambiente construído de Brasília/DF.

**PALAVRAS-CHAVE:** DESEMPENHO, DEGRADAÇÃO, PATOLOGIA, ESTRUTURAS HÍBRIDAS, GRADE PARA AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO DO HABITAT.

## 1. INTRODUÇÃO

Para demonstrar o estudo sobre estruturas, nada mais justificado que lançar mão de ícones da arquitetura de Brasília. Entre os grandes edifícios históricos, o Santuário Dom Bosco (SDB) é a referência em estrutura híbrida em concreto aparente

e cobertura metálica que desponta na região da Asa Sul, área do Plano Piloto da cidade. A arquitetura utiliza a estrutura como parte do conjunto estético (Figura 1), com pilares que possuem métrica constante e seção de 2,30 × 0,30 m, que saem da fundação e projetam-se a 12,60 metros de altura, con-

vertendo-se em arcos góticos como base para uma viga caixão na platibanda da fachada. Este detalhe arquitetônico oferece esbelteza aos pórticos e leveza para o edifício.

Com o crescimento da capital, a região ao entorno do Santuário desenvolveu-se, como demonstra a sequência

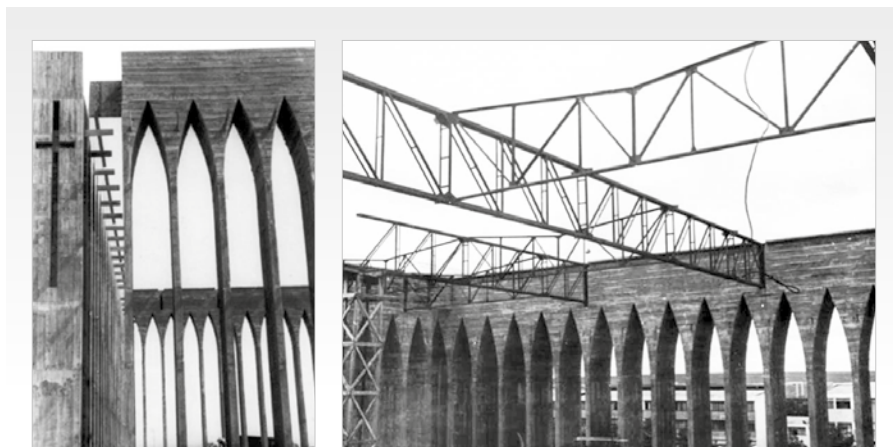


► **Figura 1**  
Vista do Santuário Dom Bosco  
Fonte: Autores



► **Figura 2**  
Vista do Santuário em 1970 e em 2022  
Fonte: Acervo do Santuário Dom Bosco





► **Figura 3**  
 Detalhes da construção dos pilares e instalação das treliças do telhado  
 Fonte: Acervo do Santuário Dom Bosco

de imagens da Figura 2. Junto a isto, diversos fatores externos, como poluição, aumento de vibração na estrutura ocasionado tráfego nas vias próximas e até mesmo vandalismo, passaram a influenciar a vida útil total prevista dos sistemas e conseqüentemente o desempenho do edifício.

Construído em 1970 e de autoria do Arquiteto Carlos Alberto Naves, teve como investidores a Congregação Salesiana em parceria com o Governo Federal. Os dados coletados durante vistoria deixaram evidentes a estrutura híbrida de concreto convencional aparente e os pórticos simétricos replicados nas quatro faces do santuário. A qualidade do concreto e das formas pode ser percebido no esmero acabamento do concreto aparente. Fica evidente o controle primoroso da fluidez do material à qualidade das formas durante a concretagem. O conjunto de imagens da Figura 3 apresenta partes dos detalhes construtivos dos pilares e arcos de concreto, já com os nichos para posicionamento das treliças metálicas da cobertura.

Para compreensão dos esforços e a interferência no conjunto arquitetônico, foi montado o modelo digital com detalhes que podem ser vistos no grupo de imagens Figura 4. A inspeção registrou as manifestações patológicas e os danos visíveis no sistema estrutural.

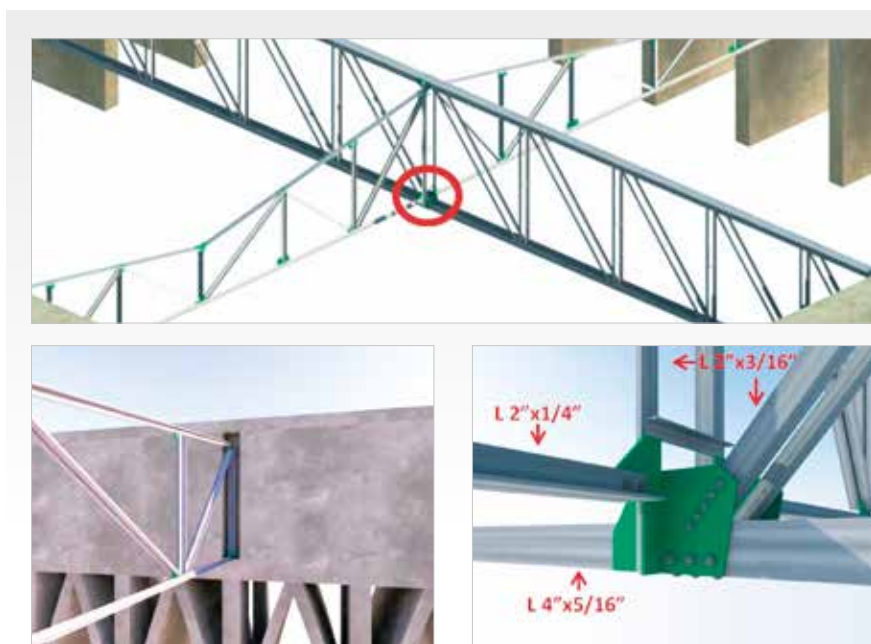
Sem um plano gestor para manu-

tenção definido e contando com contribuições voluntárias de fiéis e visitantes, as manutenções limitam-se a troca de lâmpadas e preservação dos jardins. Nos últimos dez anos, conforme informações dos gestores, houve a pintura do concreto das fachadas e a reforma do subsolo para receber as relíquias

sagradas de São João Belchior Bosco. Entender como uma edificação sem investimento recorrente em manutenção manteve-se em tão bom estado foi o principal fato motivador para seleção como amostra nesta pesquisa.

## 2. AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO, VIDA ÚTIL E DESEMPENHO

Com base de imóveis comerciais densa, já demonstrada em pesquisas do Laboratório do Ambiente Construído (LabRAC), parte integrante do programa da PPG/FAU/UnB vem apresentando uma curva de aprendizado significativo para a área da análise da degradação, depreciação, desempenho e ciclo de vida de ambientes edificados. Com base em formulários para apoio à inspeção predial, como apresentado em Oliveira (2018), a coleta de informações em diversos edifícios tem sido organizada, contando atualmente com o registro de 1576 imóveis comerciais. Para a análise de edifícios especiais, como o Santuário Dom Bosco, exige-se o planejamento elaborado, anamnese da documentação histórica, aferição das parcas manutenções, estudo dos



► **Figura 4**  
 Ligação parafusada – modelo virtual  
 Fonte: Autores

projetos e percepção dos esforços estruturais. Os autores captaram informações sobre a qualidade dos materiais empregados, qualidade dos projetos, qualidade da execução, dados sobre condições de uso e operação, sinais de manifestações patológicas decorrentes do uso e exposição a intempéries e, finalmente, dados sobre manutenção empreendimento.

## 2.1 Degradação

É perceptível aos técnicos que fazem inspeção predial que a degradação de um material ou sistema é um indicador importante para avaliar o desempenho. Inspeções rotineiras e a análise dos agentes que podem indicar as perdas na aparência, funcionalidade ou segurança, além de eficientes, representam investimentos de baixo custo. Os dados cadastrados com inspeção visual e apresentados de forma estruturada geram informações significativas para operação e manutenção dos habitats. Além da ABNT NBR 15575-1:2021, outras

fontes de estudo como a norma Holandesa NEM 2767:2017, Grade de Avaliação da Degradação do Habitat [Anah (2011)], serviram de referência neste artigo como métodos para coleta qualitativa e quantitativa da degradação. Em sua maioria, métodos como os supracitados orientam que o vistoriador deve registrar em formulário padrão os danos e sinais de degradação, qualificando-os conforme escalas e parâmetros pré-estabelecidos por cada método aplicado.

O método bem difundido no mercado francês é o guia metodológico *Grille d'évaluation de la dégradation de l'habitat (GADH) Anah* (2011), ou Grade para Avaliação da Degradação do Habitat. Desenvolvida por técnicos, arquitetos e engenheiros, a metodologia tem como objetivo captar informações através da inspeção visual e cadastrar de forma coordenada a quantificação do estado de conservação dos imóveis. Já aplicado em pesquisas com imóveis brasileiros, com pode ser visto em Silva (2022) o laudo final da GADH auxilia no

processo para captação de financiamentos de reformas e reabilitações do patrimônio edificado, independente de quantos anos têm edifício vistoriado. Outra grande vantagem da GADH é a possibilidade de rastrear as informações de forma organizada e transparente.

Segundo os procedimentos da GADH, o vistoriador deve quantificar as variáveis Degradação de Sistema Principais (DM) e Degradação de Sistemas Gerais (DG) durante a inspeção, observando sistemas e materiais que possam apresentar indicadores de degradação. Com base nestas duas variáveis é possível calcular o Indicador de Degradação (ID), ou simplesmente, degradação do edifício. A equação 1 representa a fórmula para o cálculo do indicador de degradação (ID) global do sistema vistoriado.

$$[1] \quad ID = 1 - \sqrt{\frac{(1 - DM)^2 + (1 - DG)^2}{2}}$$

Onde:

DM = Degradação dos elementos principais;



### ► Figura 5

Fissuras na base e corpo do pilar da estrutura de concreto híbrida – fachada norte

Fonte: Autores

<sup>1</sup> A variável "vida útil de referência" (VUR) pode ser compreendida como a "vida útil de projeto" (VUP), definida pela ABNT NBR 15575, apresentada como "ni" nos cálculos apresentados.

### ► Tabela 1

Valores de referência do Indicador de Degradação (ID)

#### Valores de referência de ID

Se ID < 0,40 – degradação inexistente ou fraca

Se 0,40 < ID < 0,55 – degradação média

Se ID > 0,55 – degradação muito importante

Fonte: Anah (2011)

DG = Degradação dos elementos gerais.

O valor de ID, obtidos no cálculo, deve ser comparado com a escala da Tabela 1, auxiliando na tomada de decisão dos proprietários ou mesmo do fundo investidor.

Neste artigo será dada a prioridade na análise de desempenho da estrutura do imóvel amostral, uma vez que a metodologia para aplicação já foi apresentado em Silva (2022) e existem manuais explicativos para ampla divulgação e aplicabilidade em Anah (2011).

## 2.2 Vida útil

Os estudos da vida útil de elementos e sistemas construtivos partem de modelos para cálculo da degradação de padrão estocástico, atribuindo probabilidades na ocorrência de danos em determinado universo amostral. A previsão de investimentos durante o ciclo de vida do imóvel, também de forma global, é apresentada na ISO 15686-5:2017, indicando que a Vida Útil Total Prevista (VUE) do sistema em análise deve ser decomposta de acordo com a equação (2):

$$[2] \quad VUE = VUR * A * B * C * D * E * F * G$$

Onde:

VUE = vida útil total prevista;

VUR = vida útil de referência<sup>1</sup>;

A = fator relativo à qualidade dos materiais;

B = fator relativo ao nível de qualidade do projeto;

C = fator relativo ao nível de qualidade de execução;

D = fator relativo ao nível de qualidade do ambiente interior;

E = fator relativo ao nível de qualidade do ambiente exterior;

F = fator relativo às características de uso;

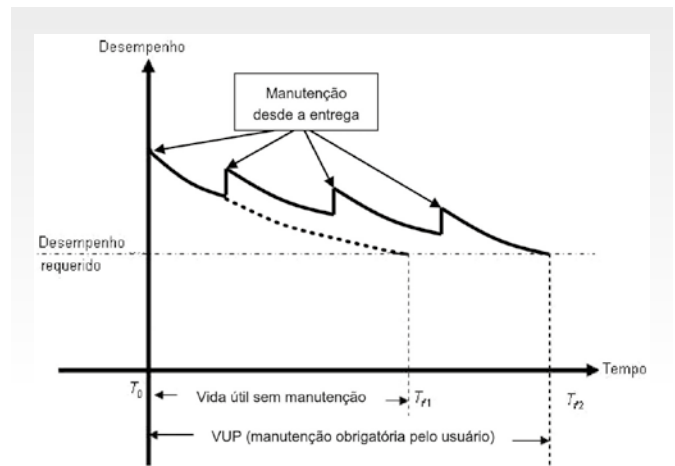
G = fator relativo ao nível de manutenção.

Percebe-se que a equação (2) demonstra que mesmo sistemas estruturais compostos de materiais de características ortotrópicas e isotrópicas como o concreto e o aço quando trabalhando conjuntamente, devem ser analisados pelos oito fatores apresentados. O estudo que embasou a equação (2), e a correlação destes fatores durante o ciclo de vida do imóvel, foi apresentado na BS ISO 15686-5:2017 e atende como linha de referência para pesquisas e gestão financeira dos processos de manutenção do patrimônio edificado.

## 2.3 Inspeção visual

Podem ser utilizados diversos procedimentos na padronização de coleta de dados durante vistoria de inspeção predial, mas, em todos os casos, é importante salientar que o vistoriador deve manter registros fotográficos dos danos como vistos na Figura 5.

Durante a inspeção visual, autores, como ABNT NBR 16747:2020, sugerem o cadastro em formulários que possibilitem rastrear as informações dos agentes de degradação, as anomalias técnicas, as falhas de manutenção,



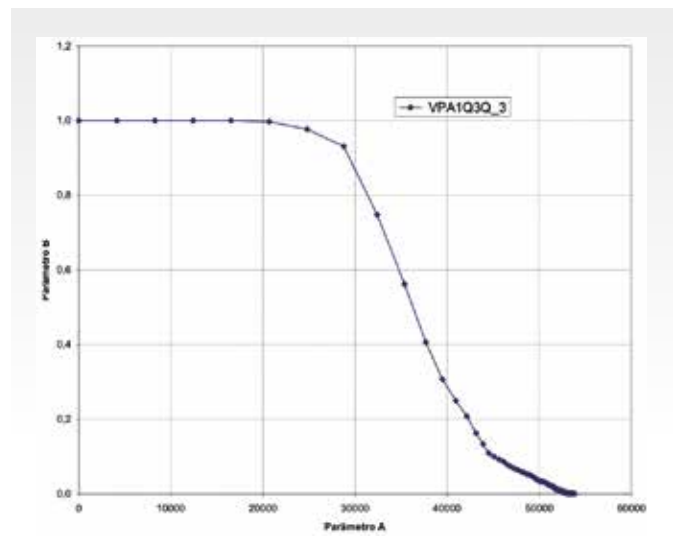
### ► Figura 6

Desempenho ao longo do tempo

Fonte: ABNT NBR 15575-1:2021

os problemas de uso e mesmo desgaste natural de forma ordenada, inclusive com registro fotográfico.

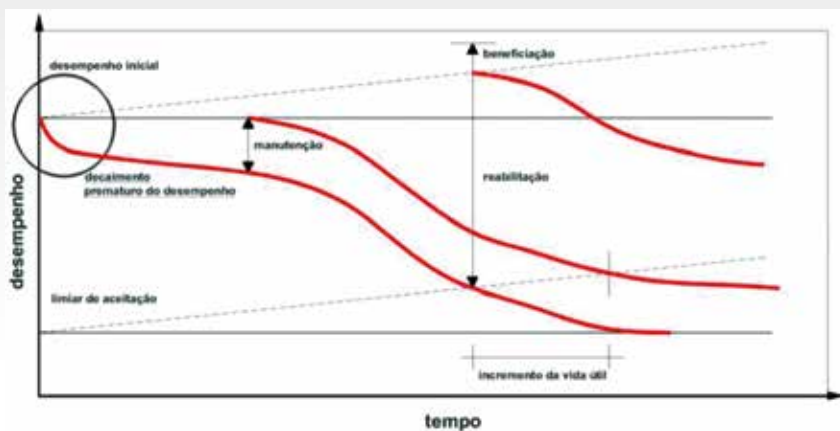
Com a coleta visual e constante de acervo para o banco de dados do ambiente construído, os autores aplicaram a metodologia que reúne as normas e relatórios supracitados. Estes documentos podem ser aferidos em pesquisas como Oliveira e Pantoja (2019).



### ► Figura 7

Degradação dos parâmetros da matriz de rigidez da estrutura

Fonte: Pantoja (2003)



**Figura 8**  
Nível de desempenho e sua evolução  
Fonte: Miranda e Calejo (2020)

## 2.4 Desempenho

A aplicação de métricas para cálculo do desempenho exigiu na indústria da construção civil, a revisão profunda de procedimentos de mão de obra, aplicação de tecnologia nos materiais e processos construtivos. Para avaliar o impacto desses aspectos nas edificações, novos conceitos foram criados e a terminologia técnica também passou por

ajustes conforme estabelecido na ABNT NBR 15575-1:2021, que apresenta de forma intuitiva curva teórica do desempenho pelo tempo decorrido (Figura 6).

As normas da ABNT NBR 15575-1:2021 e suas demais partes caracterizam de forma referencial o níveis de desempenho em função das necessidades básicas, como segurança, saúde, higiene e economia de acordo. Os principais sistemas construtivos são citados na

norma e de forma sutil, os dados são muito aderentes às pesquisas de Moser (1999). Quando se trata de desempenho em sistemas estruturais, além da capacidade resistente para suportar os esforços, o pórtico deve ser avaliado quanto à sua rigidez, pois impacta na deformabilidade da estrutura. Para Pantoja (2003) a variação de dois parâmetros isolados, como rigidez (A) e degradação (B), convergem quando solicita-

das até a carga de colapso, como demonstra a Figura 7, via análise não linear.

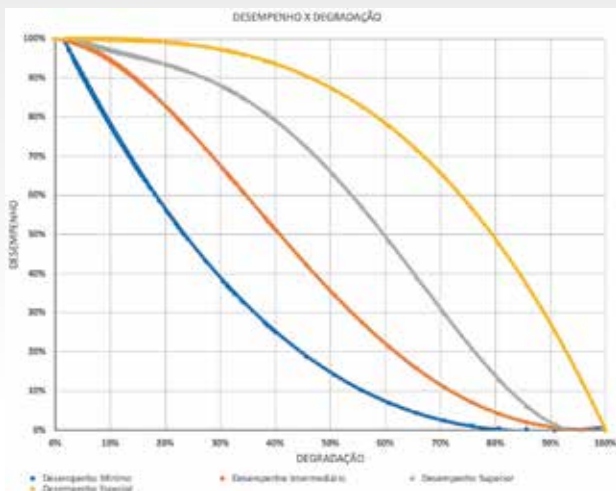
A variação de rigidez e deformação possui íntima correlação com desempenho e a degradação. Estudos da convergência dos múltiplos parâmetros, quando solicitados a trabalharem conjuntamente em simbiose, também são demonstrados em P.G. Bergan e T.H. Soreide (1977) e Pantoja (2003). Estes pesquisadores deixaram o paradigma do material de forma isolada e passaram a analisar o conjunto de variáveis aplicadas em sistemas estruturais de forma simbiótica. Esta é a análise mais próxima da real condição de uso da estrutura e seus componentes durante o ciclo de vida de um empreendimento.

Pesquisadores como Miranda e Calejo (2020) apresentaram estudos a respeito de curvas conceituais semelhantes quando analisaram o desempenho global e a degradação de edificações em Portugal, como demonstrado na Figura 8.

Na pesquisa é demonstrado que, apesar da grande busca por desempenho em períodos diferentes da humanidade, ao longo dos anos, a degradação afeta o imóvel com uma perda semelhante ao gráfico demonstrado na Figura 8. Três etapas do desempenho podem ser salientadas. A primeira é no início de ocupação do edifício onde há o melhor desempenho e não há degradação. A curva tem baixa inclinação e prevalece assim até a etapa seguinte onde há uma acentuada perda desempenho, alterando drasticamente sua inclinação. Ao final do ciclo de vida, o ângulo de inclinação da curva reduz, demonstrando que o desempenho está baixo e o nível de degradação já não afeta o imóvel. Esses efeitos são muito próximos do que se percebe ao vistoriar o ciclo de vida do imóvel e aferido em Miranda e Calejo (2020).

## 3. ESTUDO DE CASO

Com as amostras de 1576 imóveis coletados durante 6 anos a partir de inspeções visuais, e apoio da equipe técnica de engenheiros e arquitetos da Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos brasileira (ECT), registrando de forma coordenada parâmetros



**Figura 9**  
Curvas conceituais para de desempenho mínimo, intermediário, superior e especial  
Fonte: Autores

de qualidade para materiais, projetos, execução, ambiente interior, uso e manutenção foi possível organizar um banco de dados significativo. Todo este conjunto de imóveis amostrais foi triado, analisado e utilizado para obtenção de indicadores de degradação e desempenho. Quatro grandes grupos foram formados, denominados pelo tipo de desempenho esperado como desempenho mínimo, desempenho intermediário, desempenho superior e desempenho especial. A forma final das curvas fora semelhante ao já apresentado por pesquisadores como Miranda e Calejo (2020) e podem ser vistas na Figura 9. A última curva concebida como desempenho especial foi desenvolvida para imóveis que possuem características como bens artísticos, culturais ou mesmo função primordial para a sociedade, como centros de referência hospitalar e outros com fundamental importância para cidade. Imóveis com desempenho especiais também devem possuir atenção dedicada quanto aos investimentos de manutenção e preservação a fim de evitar sua paralisação ou mesmo perda de funcionalidade.

A fase atual do trabalho de todos esses anos de triagem e seleção das amostras, com apoio de pesquisadores do Laboratório do Ambiente Construído – LabRAC/ PPG/FAU/UnB e da Faculdade de Engenharia do Porto FEUP, além de muitos testes de modelos matemáticos, permitiu calibrar a escala de degradação e o correspondente desempenho esperado para o grupo com características de imóveis com desempenho especial, via interpolação e regressão linear. A equação para análise de imóveis com desempenho especial é apresentada no polinômio da Equação (3).

$$[3] \quad D_e = -1,0000 \cdot (ID)^3 - 6,0000 \cdot 10^{-12} \cdot (ID)^2 + 2,0000 \cdot 10^{-12} \cdot (ID) + 1,0000$$

Onde:

$D_e$  = Desempenho do sistema;

ID = Indicador de Degradação.

No caso da estrutura híbrida do Santuário Dom Bosco, foram coletados dados do sistema estrutural decomposto em dois subsistemas: os pórticos de concreto aparente da

fachada e o pórtico da estrutura metálica da cobertura. Com apoio dos

modelos digitais, os registros coletados na inspeção permitiram cadastros



► **Figura 10**

Registro de corrosão na diagonal da treliça

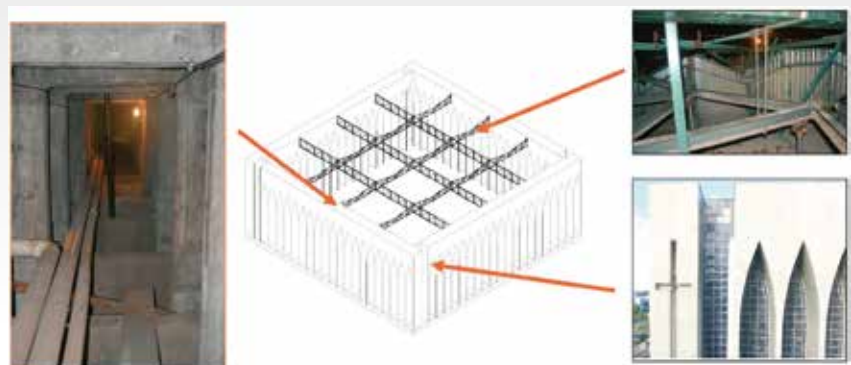
Fonte: Autores



► **Figura 11**

Registro de corrosão armadura na base do pilar e microfissuras esparsas

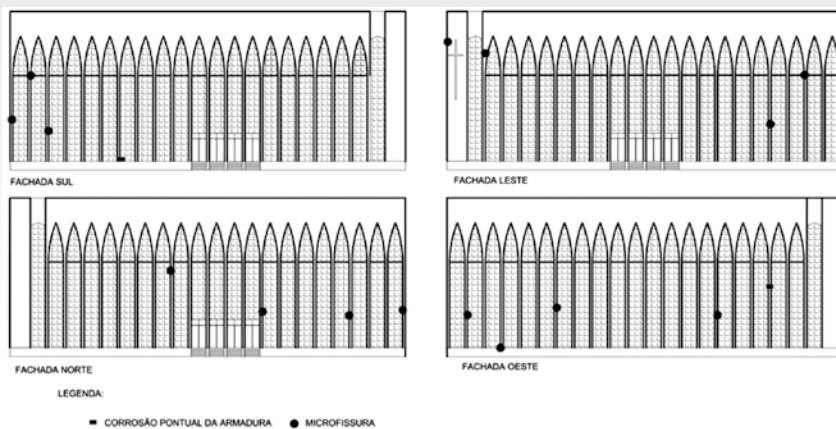
Fonte: Autores



► **Figura 12**

Vista interna da viga caixão, treliça da cobertura e microfissuras esparsas na fachada

Fonte: Autores



**Figura 13**  
Mapa de danos – microfissuras e corrosão de armadura  
Fonte: Autores

das informações de forma coordenada, como, por exemplo, o conjunto de imagens da Figura 10.

Os pilares da estrutura de concreto na fachada foram caracterizados conforme sua função de resistência agrupados em principais e secundários, pois nem todos possuem função estrutural e parte deles faz somente da composição arquitetônica. Na inspeção visual, foram detectados poucos danos diante da robustez da estrutura. Um dos casos vistoriados, por exemplo, são os pontos

de corrosão e microfissuras na parte inferior dos pilares da fachada oeste, mas com baixo indicador de degradação efetiva. A capacidade resistente do elemento estrutural está intacta como pode ser visto na Figura 11.

Através dos dutos de acessos e manutenção, toda a estrutura de concreto híbrida foi inspecionada, possibilitando visão ampla tanto da parte interna como externa das estruturas de concreto e metálica, como registro demonstrado no conjunto de imagens

da Figura 12. Apesar da sujidade, o comportamento e a integridade da estrutura, tanto de concreto como metálica, é admirável, mesmo após 54 anos ocupação do edifício.

Face a importância da obra em análise e com apoio de drones, foi composto o mapa de danos com as principais manifestações patológicas encontradas na estrutura de concreto aparente, demonstrado no croqui da Figura 13. Os registros serviram para alimentar GADH e calcular o indicador de degradação do sistema de estrutura híbrida.

A parte do subsolo não apresentou danos. Com as anotações dos indicadores de degradação, notas de status, extensão dos danos e rateio, foi aplicada a GADH, como pode ser verificado na Figura 14.

O indicador de degradação (ID) do sistema estrutural híbrido foi calculado em 17% e, conforme escala, pode ser validado como degradação fraca. Gráficamente, a Figura 15 indica as zonas de degradação adotadas pela GADH.

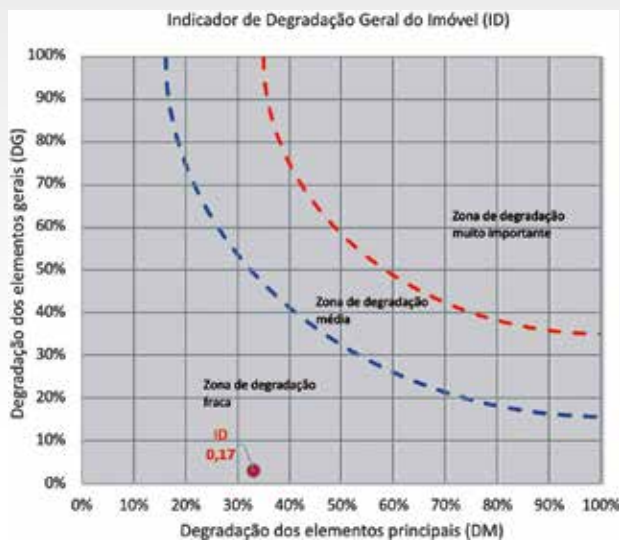
Por tratar-se de patrimônio histórico foi calculado na curva do desempenho especial, com apoio Equação (3). O valor obtido de  $D_e = 99,51\%$  demonstra que o sistema estrutural está praticamente novo, ação muito condizente ao que pode ser visto no local. Gráficamente, o desempenho do sistema estrutural analisado pode ser visto Figura 16.

Uma parte deste alto desempenho encontrado nos cálculos pode ser justificado pela robustez dos pórticos e o controle de qualidade empregado nos materiais e mão de obra durante a construção do imóvel. Outro ponto que contribui com o baixo indicador de degradação é que, apesar das modificações no trânsito local e a ampliação do tráfego de automóveis, as fissuras não se propagaram por todo o edifício. Os agentes externos como clima e intempéries, apresentam baixo risco devido à grande quantidade de árvores na região, mantendo baixos os indicadores de poluição do ar. Esses são os principais fatores encontrados na pesquisa que possam justificar a estrutura tão preservada com valores de desempenho alto, mesmo com baixo investimento em manutenção.

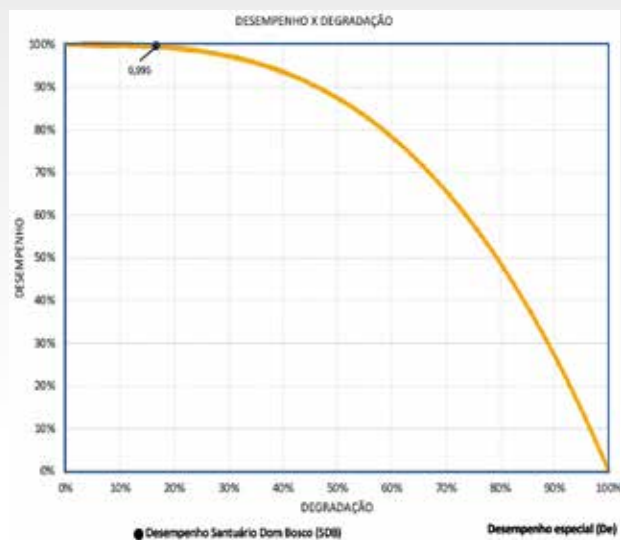


**Figura 14**  
GADH Santuário Dom Bosco  
Fonte: Autores





► **Figura 15**  
Indicador de degradação GADH  
Fonte: Autores



► **Figura 16**  
Desempenho do sistema estrutural híbrido do SDB  
Fonte: Autores

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Calcular o desempenho a partir da condição de uso e seu estado de conservação, como demonstrado neste artigo, é um grande progresso. Utilizar a inspeção visual para coleta de variáveis como aparência, funcionalidade e segurança, tem se demonstrado uma forma de baixo custo e grande valia para calcular de

forma sistemática o desempenho. Esta é a visão mais próxima da condição real de uso de uma edificação e seus sistemas. É perceptível que o ambiente construído é o resultado da simbiose de todos os seus materiais e sistemas construtivos trabalhando conjuntamente.

Mesmo quando se trata de um sistema isolado e complexos, como

o sistema estrutural de uma edificação cuja referência artística e cultural é notória, a equação gerada para o Desempenho especial se demonstrou aderente. Os estudos continuam para modelar as outras curvas e assim auxiliar decisões dos gestores quanto à operação e manutenção no cunho de preservar o ambiente construído. ☒

#### ► REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ABNT NBR 15575-1:2021. Associação Brasileira de Normas Técnicas. <https://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. [S.l: s.n.], [S.d.]
- [2] ABNT NBR-16747:2020. Inspeção predial – Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento. Associação Brasileira de Normas Técnicas, p. 12, 2020.
- [3] ANAH. Grille d'évaluation de la dégradation de l'habitat. p. 40, 2011. Disponível em: <[http://www.anah.fr/fileadmin/anhamedias/Textes\\_et\\_publications/Guide/Guide\\_Grille\\_Evaluation.pdf](http://www.anah.fr/fileadmin/anhamedias/Textes_et_publications/Guide/Guide_Grille_Evaluation.pdf)>.
- [4] Koninklijk Nederlands Normalisatie-Instituut. NEM 2767 -1+C1- Condition assessment built environment – Part 1: Methodology. . [S.l: s.n.], 2017
- [5] MIRANDA, F. M. F. e CALEJO, R. M. G. R. DEGRADAÇÃO PRECOCE DE EDIFÍCIOS - Análise e exploração de um banco de dados. . [S.l: s.n.], [S.d.], 2020. Disponível em: <<http://www.fe.up.pt>>.
- [6] MOSER, Konrad. Towards the practical evaluation of service life — Illustrative application of the probabilistic approach. Durability of Building Materials and Components 8, n. June, p. 1319–1329, 1999.
- [7] OLIVEIRA, I. Diretrizes para a Conservação Patrimonial a Partir da Avaliação da Depreciação do Ambiente Construído. 2018 Disponível em: <<http://scholar.google.com/scholar?hl=en%7B&%7DbtnG=Search%7B&%7Dq=intitle:Universidade+de+Bras%7Bi%7Dlia%7B#%7D9>>.
- [8] OLIVEIRA, Iberê e PANTOJA, João. Proposta de Análise do Patrimônio Histórico Teatro Nacional Cláudio Santoro-Brasília. . [S.l: s.n.], [S.d.], 2019. Disponível em: <<http://revistas.icesp.br/index.php/REBEFA>>.
- [9] PANTOJA, J.C. Cálculo da carga de colapso plástico de vigas parede via modelagem numérica. 2003. UnB, Brasília, 2003.
- [10] P.G. BERGAN e T.H. SOREIDE. Solution of large displacement and stability using the current stiffness parameter. 1977, Trondheim, Norway: [s.n.], 1977. p. 647–669.
- [11] SILVA, D.S.T. Gestão e conservação do patrimônio de Brasília: Um estudo comparativo entre metodologias de inspeção brasileiras e internacionais. 2022. Universidade de Brasília – UnB, Brasília, 2022.

# Erro de modelo de lajes lisas de concreto armado submetidas a carregamento centrado

ELYSON A. P. LIBERATI – PROF., ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7905-1593> – eapliberati@uem.br, UEM-PR;  
 MARÍLIA G. MARQUES – PROF., ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0234-5224>, UFV-MG;  
 LEANDRO M. TRAUTWEIN – PROF., ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4631-9290>, UNICAMP-SP

## RESUMO

A determinação da capacidade resistente de estruturas de concreto armado pode ser realizada a partir de modelos analíticos, presentes em normas ou na literatura específica, ou por meio de modelos numéricos mais refinados. Entretanto, qualquer modelo utilizado para estimar a resposta de um sistema estrutural está sujeito a hipóteses e simplificações. Neste contexto, este trabalho apresenta uma investigação de modelos analíticos de previsão

da resistência à punção de lajes lisas de concreto armado, de acordo com quatro especificações de projeto: EUROCODE 2 (2004), *fib* MODEL CODE (2010), ABNT 6118 (2014) e ACI 318 (2019). O estudo envolveu 249 resultados experimentais de carga de ruptura de lajes lisas com ou sem armaduras de cisalhamento, como também de lajes com ou sem aberturas, sendo que todas foram submetidas a carregamento centrado, de modo que estatísticas da variável aleatória erro de modelo pudessem ser construídas.

**PALAVRAS-CHAVE:** CONCRETO ARMADO, LAJES LISAS, PUNÇÃO, ERRO DE MODELO.

## 1. INTRODUÇÃO

O sistema estrutural denominado de lajes lisas é constituído por lajes de concreto armado ou protendido que são apoiadas diretamente sobre pilares. A utilização de estruturas com

lajes lisas tornou-se habitual há muitos anos.

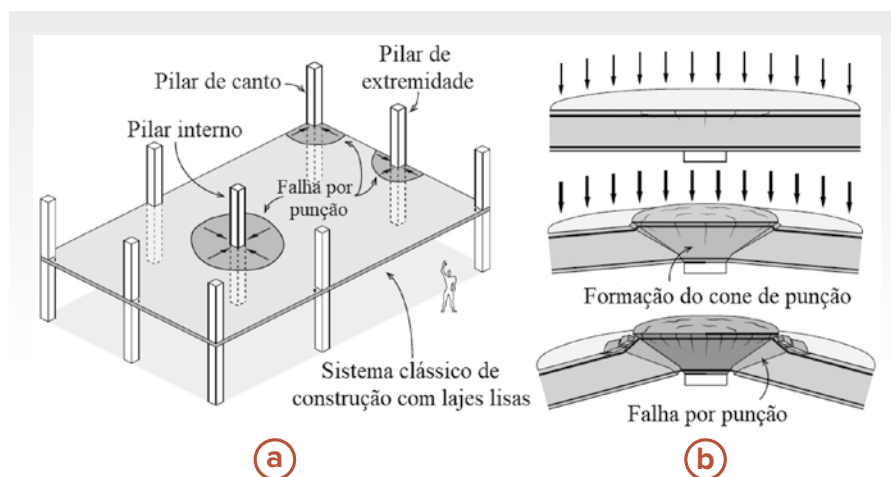
As principais vantagens desse sistema estrutural são: flexibilização do layout, diminuição da altura total do edifício, simplificação das armaduras e formas, diminuição da quantidade

de formas e escoramento; maior facilidade no lançamento do concreto e menor carga na fundação, devido a diminuição do peso próprio.

Embora pareça simples, esse sistema apresenta um comportamento estrutural complexo, principalmente no que se refere ao fenômeno de punção em lajes, caracterizado por elevadas tensões de cisalhamento nas regiões próximas da conexão laje-pilar (Figura 1).

Dentre os problemas que podem diminuir a resistência ao funcionamento de lajes lisas está a existência de aberturas nas regiões adjacentes ao pilar. Isso ocorre devido à diminuição da resistência ao cisalhamento provocada pela retirada de concreto e de armadura na abertura, reduzindo o perímetro crítico da laje.

De modo geral, os modelos utilizados pelas normas consistem em definir uma tensão nominal de cisalhamento obtida pela razão entre a força de reação do pilar e a área de uma superfície de controle normal ao plano da laje situada ao redor da área carregada. Com relação a essa área de



### Figura 1

Fenômeno de punção: (a) tipos de falha em uma laje lisa; (b) fases consecutivas para solicitação axissimétrica (pilar interno)

Fonte: Brantschen, 2016 – adaptado

carregamento, cada norma de projeto especifica suas próprias recomendações. Isso resulta em diferentes previsões obtidas pelas normas, o que mostra que não se têm de fato um modelo de cálculo único e definitivo para a avaliação desse fenômeno.

De acordo com Marque e Nogueira (2021), essa característica fica ainda mais evidenciada, uma vez que a superfície de controle é apenas uma grandeza de referência, não sendo necessariamente a superfície onde ocorre a ruptura. Em virtude das diferenças observadas nos modelos de previsão da resistência à punção de cada código de projeto, a obtenção de um parâmetro definido como erro de modelo que expressa a precisão desses modelos é de grande importância.

## 2. MODELOS DE CÁLCULO À PUNÇÃO

De acordo com a ABNT NBR 6118 (2014) e EUROCODE 2 (2004), a resistência à punção ( $V_{NBR}$  e  $V_{EC}$ , respectivamente) para lajes lisas sem armaduras de cisalhamento é definida como:

$$[1] \quad V_{NBR}, V_{EC} = \gamma \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot f_c)^{\frac{1}{3}} \cdot u_1 \cdot d$$

(unidades no SI: MPa; mm)

Onde:

$\gamma$  – é igual a 0,13 para a ABNT NBR 6118 (2014) e 0,18 para o EUROCODE 2 (2004);

$u_1$  – é o perímetro de controle posicionado a uma distância  $2d$  a partir das faces do pilar;

$\rho$  – é a taxa de armadura de flexão e;

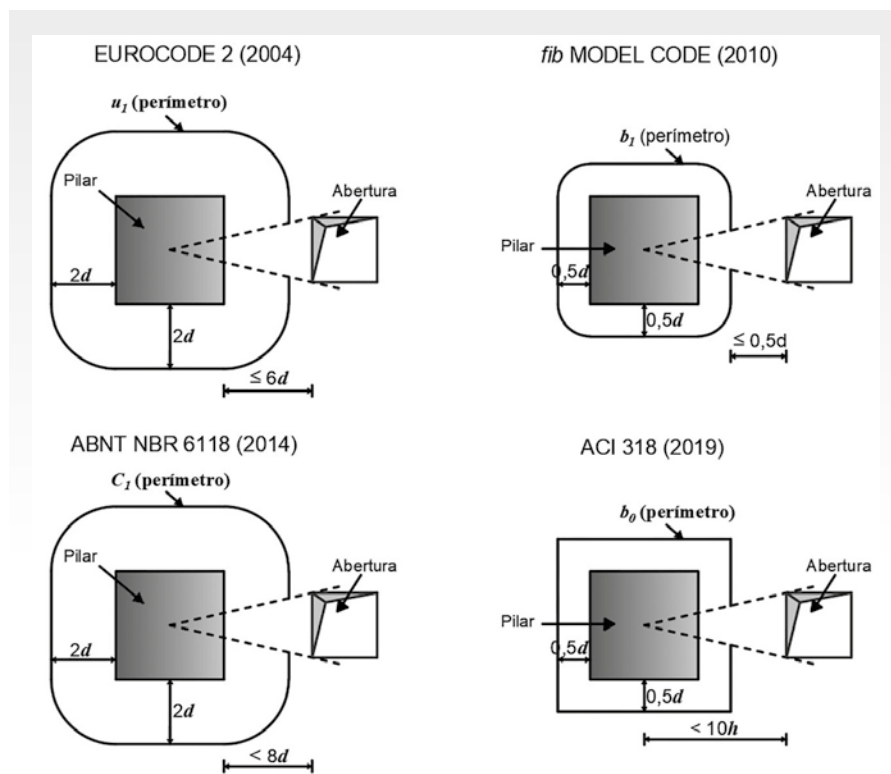
$d$  – é a altura útil do elemento.

O fator  $k$  é responsável pelo *size effect* (efeito em que a resistência ao cisalhamento nominal decresce com o aumento do tamanho do elemento estrutural), cujo valor é obtido da seguinte forma:

$$[2] \quad k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \quad (\text{com } d \text{ em mm})$$

A norma europeia limita o valor deste efeito em  $k \leq 2,0$ , enquanto que, na norma brasileira, isso não é limitado.

O *fib Model Code* (2010) é ba-



► **Figura 2**  
Perímetros de controle considerados pelos códigos de projeto

seado na *Critical Shear Crack Theory* ou Teoria da Fissura Crítica de Cisalhamento, proposta por Muttoni (2008). Portanto, a resistência à punção depende da rotação da laje, que resulta da carga aplicada e da rigidez da laje definida pela resistência à flexão. Para lajes sem armaduras de cisalhamento, o *fib Model Code* (2010) permite a avaliação da resistência à punção ( $V_{MC}$ ) por meio da Equação 3.

$$[3] \quad V_{MC} = k_{\psi} \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_1 \cdot d$$

Onde:

$b_1$  – é o perímetro de controle e;

$k_{\psi}$  – depende da deformação e é definido como:

$$[4] \quad k_{\psi} = \frac{1}{1,5 + 0,9 \cdot k_{dg} \cdot \psi \cdot d} \leq 0,6$$

O parâmetro  $\psi$  denota o ângulo de inclinação da laje em radianos na força máxima, enquanto  $k_{dg}$  leva em conta a influência da granulometria máxima do agregado no concreto, e é apresentado de acordo com a Equação 5.

$$[5] \quad k_{dg} = \frac{32}{16 + d_g} \geq 0,75$$

Onde:

$d_g$  – é a granulometria máxima do concreto, ou seja, 16 mm neste caso.

O ângulo de inclinação (rotação) da laje  $\psi$  é obtido experimentalmente ou usando algumas expressões teóricas que são propostas de acordo com o *fib Model Code* (2010).

Nesta pesquisa, a aproximação de nível II é usada para a previsão da rotação das lajes. Sendo assim:

$$[6] \quad \psi = 1,5 \cdot \frac{r_s}{d} \cdot \frac{f_y}{E_s} \cdot \left( \frac{m_s}{m_R} \right)^{1,5}$$

Onde:

$r_s$  – é a distância ao ponto em que o momento fletor radial é zero;

$f_y$  – é a tensão de escoamento da armadura;

$E_s$  – é o módulo de elasticidade da armadura de flexão;

$m_R$  – é a capacidade de momento da laje;

$m_s$  – é o momento atuante médio na faixa do pilar, onde, para pilares

### ► Tabela 1

Adaptação do critério de Collins (2001) – DPC

Intervalo	$E_m = V_{exp} / V_{teo}$	Classificação	Penalidade
I	< 0,50	Extremamente perigoso	10
II	[0,50 – 0,85]	Perigoso	5
III	[0,85v 1,15]	Segurança apropriada	0
IV	[1,15 – 2,00]	Conservador	1
V	≥ 2,00	Extremamente conservador	2

Fonte: Collins, 2001 – adaptado

internos em lajes com geometria suficientemente regular, pode ser aproximada como  $m_s = V/8$  ( $V$  é a força cortante característica).

Assumindo um comportamento perfeitamente plástico da armadura após o escoamento, um bloco de tensão retangular para concreto na zona de compressão e desprezando a armadura de compressão, a capacidade de momento  $m_R$  da seção é então:

$$[7] \quad m_R = \rho \cdot f_y \cdot d^2 \cdot \left(1 - \frac{\rho \cdot f_y}{2 \cdot f_c}\right)$$

As disposições do código ACI 318 (2019) referente à punção de lajes sem

armadura de cisalhamento é bastante simples e direta. A área do perímetro de controle é multiplicada pela tensão de cisalhamento admissível. Assim, a força de punção ( $V_{ACI}$ ) é avaliada da seguinte forma para este estudo:

$$[8] \quad V_{ACI} = \frac{1}{3} \cdot \lambda_s \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_0 \cdot d$$

(unidades no SI: MPa; mm)

O parâmetro  $\lambda_s$  refere-se ao *size effect* dado pela Equação 9:

$$[9] \quad \lambda_s = \sqrt{\frac{2}{1 + 0,004 d}} \leq 1$$

(com  $d$  em mm)

As instruções normativas reduzem o perímetro de cisalhamento crítico com base no tamanho e na localização de aberturas, sendo que parte do perímetro de controle contido entre duas tangentes traçadas a partir do centro do pilar é considerada ineficaz. Nesses casos, o perímetro de controle será reduzido somente se a distância entre o perímetro do pilar e a borda da abertura atender aos valores estipulados para cada código de projeto, conforme detalhado na Figura 2.

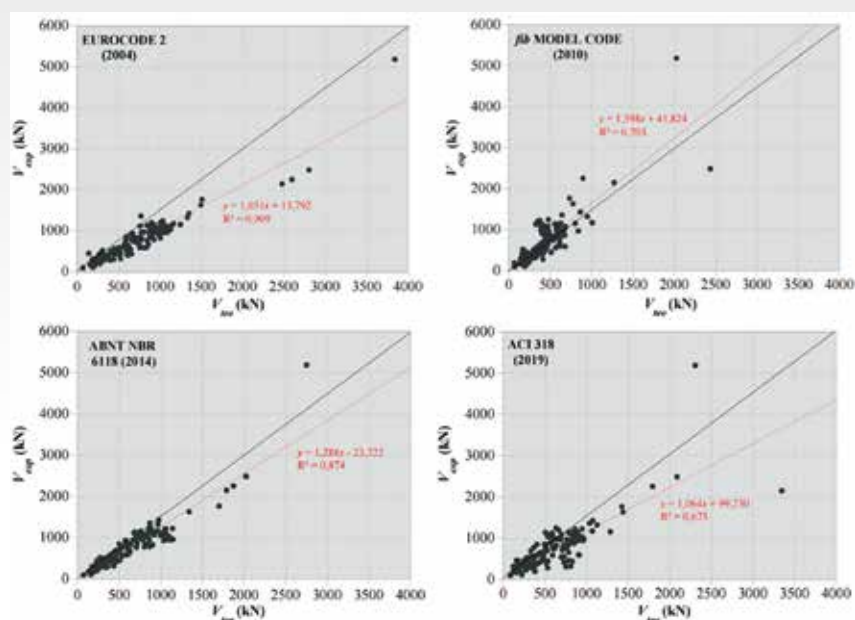
### 3. ANÁLISE DE ERRO DE MODELO

Entende-se por erro de modelo ( $E_m$ ) a variável aleatória que permite comparar os resultados reais com os resultados obtidos segundo a previsão do modelo que pretende-se avaliar (BOLANDIM, BECK e MALITE, 2013). Nesta pesquisa, os resultados considerados como reais correspondem aos valores experimentais de carga de ruptura ( $V_{exp}$ ) de lajes lisas de concreto armado obtidos nos ensaios.

Nas análises de confiabilidade, o erro de modelo é utilizado para identificar o quanto a resistência experimental oscila em torno de um valor padrão. A oscilação resultante da análise de erro de modelo possibilita concluir se o modelo proposto é conservador ou não em relação ao valor experimental (ADOLFS, 2011).

O autor ainda afirma que o valor do erro de modelo é usado nas análises de confiabilidade como uma variável aleatória do problema de segurança estrutural. Após definir-se o seu valor, a sua inclusão nas análises de confiabilidade possibilita verificar o impacto no índice de confiabilidade, aumentando o índice de segurança, no caso de modelos conservadores e diminuindo, no caso de modelos não conservadores.

Neste trabalho, portanto, os valores experimentais de carga de ruptura de lajes lisas de concreto armado submetidas a carregamento centrado foram comparados com os resultados estimados por meio de recomendações normativas EUROCO-



### ► Figura 3

Avaliação dos resultados quanto à precisão ( $V_{exp}$  versus  $V_{teo}$ ) para lajes sem aberturas

DE 2 (2004), fib MODEL CODE (2010), ACI 318 (2019) e ABNT NBR 6118 (2014).

### 3.1 Equacionamento do erro de modelo

Os valores de erro de modelo ( $E_m$ ) são obtidos individualmente para cada ensaio realizado, bastando-se determinar os valores teóricos de carga de ruptura das lajes a partir das equações contidas nas prescrições normativas.

Dessa forma, a variável  $E_m$  é calculada considerando os valores médios de resistência dos materiais e sem a consideração dos coeficientes parciais de segurança, conforme Equação 10.

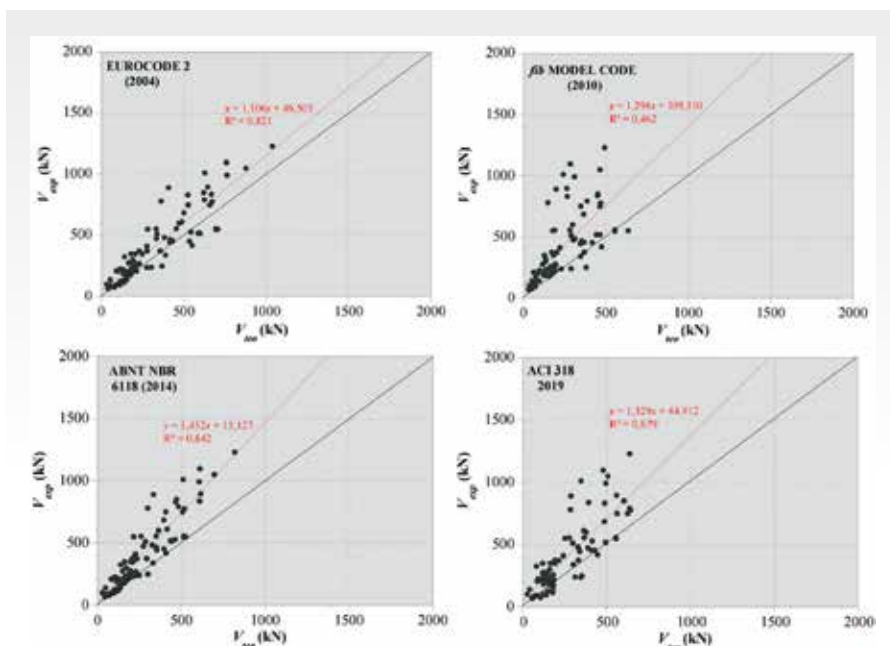
$$[10] \quad E_m = \frac{V_{exp}}{V_{teo}}$$

Nesta equação,  $V_{exp}$  é a carga de ruptura da laje obtida experimentalmente e  $V_{teo}$  é o valor teórico da carga de ruptura para cada modelo teórico considerado.

A média da variável erro de modelo ( $E_{m, média}$ ) é conhecida como fator de tendenciosidade (*bias factor*) do modelo e indica se o mesmo é conservador ou contrário à segurança. O valor unitário representa que o modelo teórico não possui qualquer tendenciosidade, sendo, portanto, considerado um modelo ideal. Para valores médios da variável superiores à unidade, tem-se um modelo teórico a favor da segurança em relação às observações experimentais, e o oposto para valores abaixo da unidade (BECK *et al.*, 2009).

Com relação ao desvio padrão desta variável ( $E_{m, desvio}$ ), esse corresponde ao erro aleatório do modelo teórico devido à incapacidade de se prever, em todas as situações de projeto, a verdadeira resistência do elemento estrutural. O desvio padrão é uma referência das incertezas existentes no modelo adotado e no material empregado (ADOLFS, 2011).

Oliveira (2008) ainda afirma que idealmente o fator de tendenciosidade ( $E_{m, desvio}$ ) deve ser utilizado para corrigir o modelo, fazendo com que,



► **Figura 4**

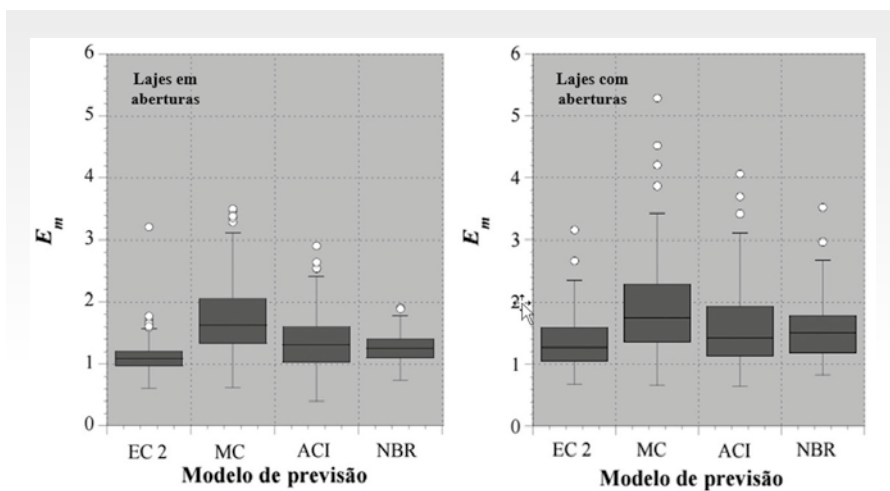
Avaliação dos resultados quanto à precisão ( $V_{exp}$  versus  $V_{teo}$ ) para lajes com aberturas

em média, o modelo corrigido resulte na carga de ruptura correta. Introduzindo essa correção, a carga de ruptura teórica pode ser obtida mediante Equação 8.

$$[11] \quad V_{teo}^{cor} = E_{m, média} \cdot V_{teo}$$

Sendo assim, as análises da variável  $E_m$  consistiram, primeiramente,

em investigar a dispersão e o nível de conservadorismo das instruções normativas para previsão da carga de ruptura de lajes lisas de concreto armado submetidas a carregamento centrado consideradas neste trabalho. Uma adaptação do critério de penalidade proposto por Collins (2001) também foi utilizada no estudo, o



► **Figura 5**

Avaliação dos resultados quanto à segurança e à dispersão

Demerit Points Classification (DPC), conforme Tabela 1.

Além disso, modelos lineares generalizados (MLG) foram construídos neste trabalho para descrever a variável  $E_m$  em função de suas covariáveis signifi-

cativas. Estes modelos são uma extensão dos modelos normais lineares em que admitem a não normalidade nos erros e, portanto, da variável resposta.

Para o desenvolvimento das análises de erro de modelo envolvendo

o fenômeno da punção, foram coletadas informações de 249 lajes de concreto armado ensaiadas com ou sem armaduras de cisalhamento, como também de lajes com ou sem aberturas, sendo que todas foram submetidas a carregamento centrado. As características físicas e geométricas destas lajes podem ser verificadas de forma compilada no trabalho de Liberati (2019).

► Tabela 2

Classificação segundo o critério de Collins (2001) para lajes sem aberturas

Previsões		Intervalos de $E_m$					Total	$E_m$ , médio	CV (%)
		I	II	III	IV	V			
EC 2 (2010)	N° lajes	0	16	88	58	1	163	1,11	25,02
	Penalidade	0	80	0	58	2	140		
MC (2010)	N° lajes	0	4	18	90	41	153	1,71	35,17
	Penalidade	0	20	0	90	82	192		
NBR 6118 (2014)	N° lajes	0	7	40	116	0	163	1,27	18,81
	Penalidade	0	35	0	116	0	151		
ACI 318 (2019)	N° lajes	2	20	35	92	14	163	1,34	34,71
	Penalidade	20	100	0	92	28	240		

► Tabela 3

Classificação segundo o critério de Collins (2001) para lajes com aberturas

Previsões		Intervalos de $E_m$					Total	$E_m$ , médio	CV (%)
		I	II	III	IV	V			
EC 2 (2010)	N° lajes	0	8	22	48	8	86	1,36	32,91
	Penalidade	0	40	0	48	16	104		
MC (2010)	N° lajes	0	2	11	40	31	84	1,93	44,11
	Penalidade	0	10	0	40	62	112		
NBR 6118 (2014)	N° lajes	0	1	17	56	12	86	1,56	31,17
	Penalidade	0	5	0	56	24	85		
ACI 318 (2019)	N° lajes	0	9	15	44	18	86	1,59	43,18
	Penalidade	0	45	0	44	36	125		

► Tabela 4

Estimativas dos parâmetros  $\lambda_i$

Parâmetro	EUROCODE 2 (2004)	fib model code (2010)	ABNT NBR 6118 (2014)	ACI 318 (2019)
$\lambda_0$	38,95	77,76	34,50	29,22
$\lambda_1$	32,63	39,23	34,87	39,14
$\lambda_2$	-508,66	-2.956,00	-374,56	1.469,09
$\lambda_3$	-0,18	-0,02	-0,03	-0,15
$\lambda_4$	-0,17	-0,21	-0,13	-0,31
$\lambda_5$	17,56	39,57	3,61	36,97
$\lambda_6$	-4,56	-10,41	-4,69	-9,89
$\lambda_7$	-5,84	-10,05	-5,84	-6,18
$\lambda_8$	444,81	1.034,00	441,73	698,27

## 4. RESULTADOS

Os resultados apresentados nas Figuras 3 a 5 avaliam os desempenhos dos códigos em prescrever a resistência última à punção das lajes lisas de concreto armado com ou sem aberturas.

O resumo das análises é apresentado nas Tabelas 2 e 3 para lajes sem e com aberturas, respectivamente. Estas tabelas, além de exibir a classificação dos códigos segundo a adaptação do critério de Collins (2001), apresentam também valores estatísticos como a média e o coeficiente de variação da variável erro de modelo ( $E_m$ ).

A partir das Figuras 3 e 5 e da Tabela 2, constata-se que as prescrições dos códigos EUROCODE 2 (2004) e ABNT NBR 6118 (2014) foram as mais satisfatórias em prever a carga de ruptura das lajes sem aberturas consideradas na pesquisa. Nesses códigos, foram verificados resultados mais precisos e menos dispersos, com valores médios da variável  $E_m$  iguais a 1,11 e 1,27, nessa ordem, e coeficientes de variação iguais a 25,02% para a norma europeia e 18,81% para a norma brasileira.

Com base no critério de classificação de Collins (2001) contido na Tabela 2, verifica-se que 54% e 25% dos valores obtidos pelas normas EUROCODE 2 (2004) e ABNT NBR 6118 (2014), nessa ordem, encontravam-se dentro do intervalo de 0,85 a 1,15, considerado como intervalo ideal (segurança apropriada).

As instruções normativas fib MODEL CODE (2010) e ACI 318 (2019) apresentaram resultados mais conservadores, com valores médios de  $E_m$  iguais a 1,71 e 1,34, nessa ordem, e

coeficientes de variação praticamente iguais. Avaliando os pontos de mérito, essas normas foram as que mais pontuaram, obtendo 192 e 240 pontos, respectivamente.

Vale ressaltar que o código *fib* MODEL CODE (2010) baseia-se na Teoria da Fissura Crítica de Cisalhamento. Dentre os quatro níveis de aproximação previstos para a determinação da rotação da laje ao redor da área carregada ( $\psi$ ), neste trabalho foi considerado o nível de aproximação II. Além disso, a norma americana não considera a taxa de armadura de flexão em suas formulações.

Nas Figuras 4 e 5 e na Tabela 3 observa-se, novamente, valores mais precisos da variável  $E_m$  para lajes com aberturas obtidos pelas normas EUROCODE 2 (2004) e ABNT NBR 6118 (2014). Os valores médios de  $E_m$  para esses códigos de projeto resultaram iguais a 1,36 para a norma europeia e 1,56 para a norma brasileira e coeficientes de variação iguais a 32,91% e 31,17%, nessa ordem.

Modelos de regressão, conhecidos como modelos lineares generalizados (MLG) foram ajustados a fim de descrever a variável resposta ( $E_m$ ) em função de covariáveis significativas.

Dessa forma, a variável  $E_m$  foi descrita neste trabalho em função das seguintes covariáveis: presença de aberturas na laje ( $Ab$ ), taxa de armadura de flexão ( $\rho$ ), altura útil da laje ( $d$ ), resistência à compressão do concreto ( $f_c$ ), armadura de cisalhamento ( $A_{sw}$ ) e da relação  $c_{m\acute{a}x}/d$ , sendo  $c_{m\acute{a}x}$  a maior dimensão do pilar. Além dessas covariáveis, as interações mais significativas entre elas também foram consideradas.

Portanto, o modelo geral para a  $i$ -ésima observação, com  $i = 1, \dots, 249$  (número total de lajes levantadas) que foi testado para as normas é dado por:

$$E_{m_i} = \exp[\lambda_0 + \lambda_1 Ab_i + \lambda_2 \rho_i + \lambda_3 d_i + \lambda_4 f_{c_i} + \lambda_5 A_{sw_i} + \lambda_6 (c_{m\acute{a}x}/d)_i + \lambda_7 (Ab_i \times (c_{m\acute{a}x}/d)_i) + \lambda_8 (\rho_i \times (c_{m\acute{a}x}/d)_i)]$$

Nesta equação,  $\lambda_0$  representa o valor esperado de  $E_m$  para o nível de

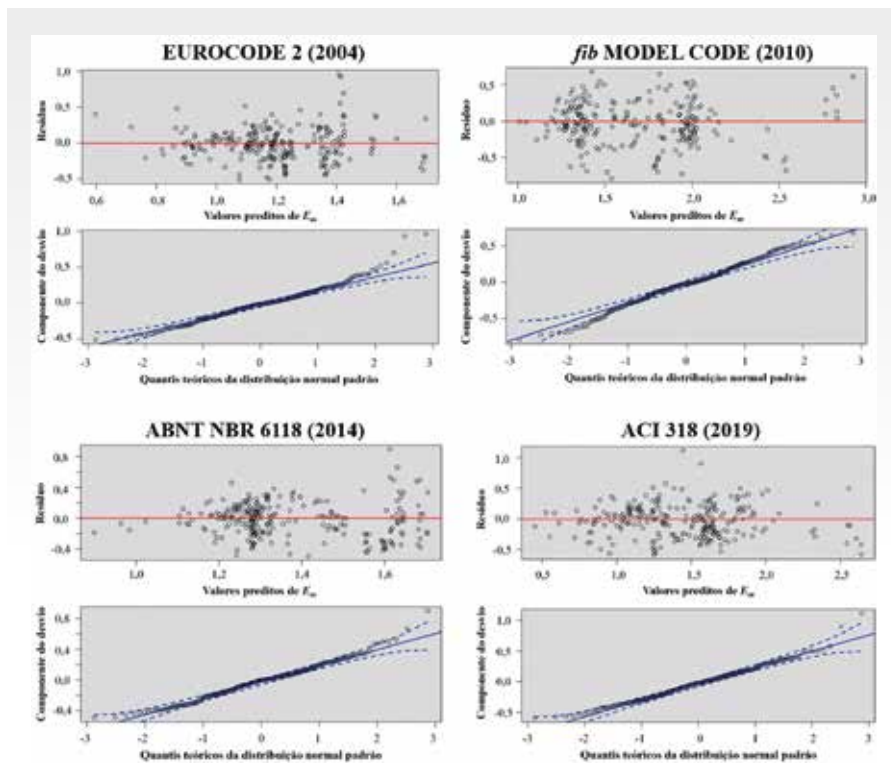
**Tabela 5**  
Probabilidades de significância

Parâmetro	EUROCODE 2 (2004)	<i>fib</i> model code (2010)	ABNT NBR 6118 (2014)	ACI 318 (2019)
$\lambda_0$	$4,69 \times 10^{-4}$	$7,44 \times 10^{-6}$	$1,05 \times 10^{-3}$	$2,27 \times 10^{-2}$
$\lambda_1$	$1,10 \times 10^{-6}$	$6,77 \times 10^{-5}$	$4,66 \times 10^{-8}$	$4,88 \times 10^{-7}$
$\lambda_2$	$4,10 \times 10^{-1}$	$5,13 \times 10^{-3}$	$5,22 \times 10^{-1}$	$4,10 \times 10^{-2}$
$\lambda_3$	$1,04 \times 10^{-6}$	$7,97 \times 10^{-1}$	$3,70 \times 10^{-1}$	$1,89 \times 10^{-4}$
$\lambda_4$	$1,09 \times 10^{-1}$	$1,37 \times 10^{-1}$	$2,14 \times 10^{-1}$	$1,36 \times 10^{-2}$
$\lambda_5$	$8,05 \times 10^{-7}$	$2,00 \times 10^{-16}$	$2,72 \times 10^{-1}$	$2,00 \times 10^{-16}$
$\lambda_6$	$1,13 \times 10^{-1}$	$5,28 \times 10^{-2}$	$8,49 \times 10^{-2}$	$3,21 \times 10^{-3}$
$\lambda_7$	$7,96 \times 10^{-3}$	$5,72 \times 10^{-3}$	$5,07 \times 10^{-3}$	$1,53 \times 10^{-2}$
$\lambda_8$	$4,25 \times 10^{-2}$	$1,37 \times 10^{-2}$	$3,35 \times 10^{-2}$	$6,22 \times 10^{-3}$

referência considerado no modelo (ausência de aberturas na laje). Os coeficientes  $\lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$  e  $\lambda_6$  são os efeitos de  $\rho, d, f_c$  e  $c_{m\acute{a}x}/d$ , respectivamente. Os efeitos das variáveis indicadoras  $Ab$  e  $A_{sw}$  são expressos pelos parâmetros  $\lambda_1$  e  $\lambda_5$ . Por fim,  $\lambda_7$  e  $\lambda_8$  simbolizam os efeitos asso-

ciados às interações  $Ab \times c_{m\acute{a}x}/d$  e  $\rho \times c_{m\acute{a}x}/d$ , nesta ordem.

A Tabela 4 contém as estimativas dos parâmetros  $\lambda_i$  obtidos por meio do MLG e a Tabela 5 apresenta as respectivas probabilidades de significância (p-valor) desses parâmetros, ao nível de significância 5%. A Figura 6



**Figura 6**  
Gráficos de resíduos em (a) e de probabilidade normal com envelope com grau de confiança de 95% em (b)

apresenta a análise de resíduos dos modelos considerados.

Com base na Tabela 5, observam-se graus de significância diferenciados para cada método de previsão com p-valor entre  $10^{-6}$  a  $10^{-2}$ . Constatou-se que em todos os códigos de projeto estudados, a existência de aberturas ( $A_b$ ) mostrou-se um dos parâmetros mais significativos.

Além da variável  $A_b$ , nas instruções normativas EUROCODE 2 (2004) e ACI 318 (2019), a altura útil da laje ( $d$ ), a existência de armadura de cisalhamento ( $A_{sw}$ ) e a relação  $c_{máx}/d$  também foram significativos. Já, nos códigos fib MODEL CODE (2010) e ABNT NBR 6118 (2014), as interações entre as variáveis  $A_b \times c_{máx}/d$  e  $\rho \times c_{máx}/d$  foram também significativas.

Por meio das Figura 6, é possível verificar que os resíduos apresentaram comportamento oscilatório em torno do zero. Sendo assim, as covariáveis dos modelos explicam a maior parte da variabilidade da variável res-

posta, indicando um bom ajuste desses modelos.


## 5. CONCLUSÕES

Por meio dos parâmetros estatísticos, média e coeficiente de variação da variável erro de modelo ( $E_m$ ) determinados foi possível concluir que as prescrições dos códigos EUROCODE 2 (2004) e ABNT NBR 6118 (2014) foram as mais satisfatórias em prever a carga de ruptura das 249 lajes analisadas. Nestes códigos, os resultados foram mais precisos e menos dispersos, com valores médios da variável  $E_m$  para lajes sem aberturas iguais a 1,11 e 1,27, respectivamente e coeficientes de variação iguais a 25,02% para a norma europeia e 18,81% para a norma brasileira.

Para as análises considerando as aberturas nas lajes, os códigos EUROCODE 2 (2004) e ABNT NBR 6118 (2014) apresentaram  $E_{m,médio}$  iguais a 1,36 e 1,56, respectivamente, e coeficientes de variação iguais a 32,91%

para a norma europeia e 31,17% para a norma brasileira.

As instruções normativas fib MODEL CODE (2010) e ACI 318 (2019) apresentaram resultados mais conservadores, com valores médios de  $E_m$  para lajes sem aberturas iguais a 1,71 e 1,34, nessa ordem, e coeficientes de variação praticamente iguais (em torno de 35%). Para as análises considerando as aberturas nas lajes, os códigos fib MODEL CODE (2010) e ACI 318 (2019) apresentaram  $E_{m,médio}$  iguais a 1,93 e 1,59, respectivamente, e coeficientes de variação em torno de 44% para ambos os códigos.

Os modelos lineares generalizados construídos para descrever a variável resposta  $E_m$  em função de covariáveis significativas apresentaram resíduos com comportamento oscilatório em torno de zero. Sendo assim, as covariáveis dos modelos explicaram a maior parte da variabilidade de  $E_m$ , o que indicou um bom ajuste desses modelos. 

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ADOLFS, D. V. Análise de confiabilidade de peças de madeira fletidas dimensionadas segundo a NBR: 7190/97. 2011. 95f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.
- [2] AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. ACI 318-19: Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary (ACI 318R-19). Farmington Hills, Michigan, 2019.
- [3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto Armado. Rio de Janeiro, 2014.
- [4] BECK, A. T. *et al.* Reliability-based evaluation of design code provisions for circular concrete-filled steel columns. *Engineering Structures*, v. 31, p. 2299-2308, 2009.
- [5] BOLANDIM, E. A.; BECK, A. T.; MALITE, M. Bolted connections in cold-formed steel: reliability analysis for rupture in net section. *Journal of Structural Engineering*, v.139, p. 748-756, 2013.
- [6] BRANTSCHEN, F. Influence of bond and anchorage conditions of the shear reinforcement on the punching strength of RC slabs. 2016. 27 p. Thèse (Doctorat ès Sciences) – Faculté de L’environnement Naturel, Architectural et Construit, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse, 2016.
- [7] COLLINS, M. P. Evaluation of shear design procedures for concrete structures. A Report prepared for the CSA technical committee on reinforced concrete design, 2001.
- [8] COMITÉ EURO-INTERNATIONAL DU BÉTON. CEB – fib Model Code Design Code 2010: Final Draft. Bulletin d’Information, CEB, Lousanne, April 2010.
- [9] EUROCODE 2. Design of Concrete Structures-Part 1-1: General Rules and Rules for Buildings. European Standard, 2004.
- [10] LIBERATI, E. A. P. Análise de confiabilidade de lajes lisas de concreto armado submetidas à punção. 2019. 310. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil e Arquitetura, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2019.
- [11] MARQUE, N. L. A.; NOGUEIRA, C. G. Probabilistic analysis of slab-column connections subjected to punching shear according to the ABNT NBR 6118 (2014) recommendations considering the model error measure. *Rev. IBRACON Estrut. Mater.*, v. 14, n. 6, p. 1-20, 2021.
- [12] MUTTONI, A. Punching shear strength of reinforced concrete slabs without transverse reinforcement. *ACI Structural Journal*, v. 105, n. 4, p. 440-450, 2008.
- [13] OLIVEIRA, W. L. A. Análise teórico-experimental de pilares preenchidos de seção circular. 2008. 251f. Tese (Doutorado em Estruturas e Construção Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.



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



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

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

**Ficha Técnica**

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

Edição: 3ª edição

Páginas: 1760

Formato: 18,6 x 23,3 cm

Acabamento: Capa Dura

Ano de Publicação: 2017

Peso: 6,5 Kg

**Garanta seus exemplares!**

Acesse a Loja Virtual do IBRACON

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

Patrocínio



## Atividades na Regional de Santa Catarina

No dia 27 de agosto, a Regional de Santa Catarina organizou uma visita técnica às obras do contorno viário de Florianópolis, com o patrocínio do CREA-SC e da MC Bauchemie.

Com participação de 30 pessoas, devido à segurança, os inscritos foram recebidos no auditório da Unisul, onde o diretor regional do IBRACON em Santa Catarina, Prof. Joélcio Stocco, apresentou as atividades do IBRACON e convidou os presentes a participarem do Congresso Brasileiro de Concreto –



Jubileu de Ouro, que vai acontecer de 11 a 14 de outubro em Brasília.

Na sequência, a presidente do CREA-SC, Eng<sup>a</sup> Ângela Paviani alertou sobre a importância do acompanhamento da obra. Em seguida, a engenheira da Arteris, Daniela Bussman, fez a apresentação da obra e como ela trará benefícios para a sociedade. Por fim, o engenheiro da Aterpa, Marco Januzzi, fez uma palestra sobre o concreto projetado aplicado nos quatro túneis duplos do empreendimento.


Dali, os participantes seguiram para o túnel 2 Norte, onde puderam acompanhar a execução do concreto projetado com equipamentos de última geração.

Já, no dia 17 de agosto, o diretor regional, Prof. Joélcio Stocco, proferiu uma palestra técnica sobre a importância da interface de transição da obra para a manutenção e a responsabilidade das construtoras e condomínios, no auditório da Sinergia, para 85 pessoas.

## Regional do Paraná participa de Seminário de Engenharia



Nos dias 17 e 18 de agosto, o diretor regional do IBRACON no Paraná, Eng. Luís César De Luca, o diretor de relações institucionais, Eng. César Daher, o ex-presidente do IBRACON, José Marques Filho, e o assessor da diretoria técnica, Emilio Takagi, proferiram palestras no Seminário de Engenharia: Norma de Desempenho, Patologia e Reabilitação de Estruturas de Concreto, realizado de forma híbrida, no auditório do CREA-MG que contou com quase 1000 participantes.

No evento, a influencer Priscila Welltem divulgou o Congresso Brasileiro de Concreto – Jubileu de Ouro. 



## Instituto Brasileiro do Concreto


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


Fundado em 1972, seu objetivo é **promover e divulgar conhecimento sobre a tecnologia do concreto e de seus sistemas construtivos para a cadeia produtiva do concreto**, por meio de publicações técnicas, eventos técnico-científicos, cursos de atualização profissional, certificação de pessoal, reuniões técnicas e premiações.

### Associe-se ao IBRACON! Mantenha-se atualizado!

- Receba gratuitamente as quatro edições anuais da revista **CONCRETO & Construções**
- Tenha descontos de até **50%** nas **publicações técnicas do IBRACON** e de até **20%** nas **publicações do American Concrete Institute (ACI)**
- Descontos nos eventos promovidos e apoiados pelo **IBRACON**, inclusive o **Congresso Brasileiro do Concreto**
- Oportunidade de participar de **Comitês Técnicos**, intercambiando conhecimentos e fazendo valer suas **opiniões técnicas**

Fique bem informado!

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

 [facebook.com/ibraconOffice](https://facebook.com/ibraconOffice)

 [twitter.com/ibraconOffice](https://twitter.com/ibraconOffice)



# Jubileu de Ouro

## CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO 2022



11 A 14 DE OUTUBRO  
BRASÍLIA - CICB - Centro de Convenções

# Sustentabilidade do Concreto em Defesa do Planeta

## SEMINÁRIOS

- ▶ **1 Seminário sobre Infraestrutura**  
Coord. Eng. Hugo Armelin
- ▶ **2 Seminário sobre Sustentabilidade**  
Coord. Eng. Carlos Massucato
- ▶ **3 Seminário: II Simpósio Brasileiro  
Punção em Estruturas de Concreto**  
Coord. Eng. Leandro Trautwein
- ▶ **4 Seminário: UHPC**  
Coord. Eng. Roberto Christ
- ▶ **5 Seminário Sessão Corujão**  
Coord. Geol. Claudio Sbrighi
- ▶ **6 Seminário sobre Novas Tecnologias**  
Coord. Eng. Rafael Timerman
- ▶ **7 Seminário sobre Piso Industrial**  
Coord. Eng. Levon H. Hovaghimian
- ▶ **8 Seminário sobre Durabilidade**  
Coord. Eng. Enio Pazini
- ▶ **9 Seminário sobre Pré-fabricados**  
Coord. Eng<sup>a</sup> Iria Doniak
- ▶ **10 Seminário sobre Pavimentos  
de Concreto**  
Coord. Eng. José Tadeu Balbo
- ▶ **11 Seminário sobre Temas  
Controversos**  
Coord. Eng. Bernardo Tutikian
- ▶ **12 Seminário sobre Edifícios Altos**  
Coord. Eng. Douglas Couto
- ▶ **13 Seminário Estanqueidade  
das Estruturas**  
Coord. Eng. Miguel Morgado
- ▶ **14 Seminário Saneamento**  
Coord. Eng. Vinícius Caruso

## PALESTRAS MAGNAS

### AKIO KASUGA

#### Presidente da fib

O Impacto da Neutralidade de Carbono nas Estruturas de Concreto

### CHARLES K. NMAI

#### Presidente do ACI

O Papel dos Engenheiros de Projeto na Busca por Concreto Neutro em Emissão de CO<sub>2</sub> e das Construções Sustentáveis em Concreto

### RAVINDRA GETTU

#### Presidente da RILEM

Construção de Baixo Carbono com Concreto

Evento **presencial gravado**. Todos os **congressistas** que porventura não consigam assistir alguma **atividade** poderão fazê-lo **posteriormente**, a qualquer momento, **assistindo as gravações**.

**Almoços e coffee-breaks** oferecidos por **Votorantim e Gerdau** no próprio restaurante do **Centro de Convenções**.

**Oportunidade única** de fortalecer seu **networking**.



Mais informações:



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



[ibraconOffice](https://www.facebook.com/ibraconOffice)



[office@ibracon.org.br](mailto:office@ibracon.org.br)



[ibraconOffice](https://twitter.com/ibraconOffice)

IBRACON

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