



IBRACON

REVISTA IBRACON DE ESTRUTURAS E MATERIAIS

IBRACON STRUCTURES AND MATERIALS JOURNAL

Volume 3, Number 2

June, 2010

ISSN 1983-4195



Contents

Nonlinear fracture mechanics investigation on the ductility of reinforced concrete beams
A. CARPINTERI and M. CORRADO

Nonlinear analysis of reinforced concrete structures in design procedures: application of lumped dissipation models
G. M. S. ALVA, A. L. H. C. EL DEBS and J. KAMINSKI Jr.

Monitoring of high-rise buildings' reinforced concrete columns
K. A. R. NAHUM and D. R. C. OLIVEIRA

Efficiency factor and modulus of elasticity of lightweight concrete with expanded clay aggregate
W.G. MORAVIA, A. G. GUMIERI and W. L. VASCONCELOS

Development of a teaching tool for the study of skew bending for general concrete cross-sections
P. H. C. DE LYRA, T. N. BITTENCOURT and W. S. DE ASSIS

An attempt to classify environmental aggressiveness in the city of Salvador - BA
J. M. L. VILASBOAS and S. L. MACHADO

Aerodynamic of bridge stay cables under simultaneous action of rain and wind – Part I: vortex shedding
D. S. MACHADO and A. M. LOREDO-SOUZA

Editorial Board

- Américo Campos Filho
(Editor, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brazil)
- José Luiz Antunes de Oliveira e Sousa
(Editor, UNICAMP, Campinas, SP, Brazil)
- Luiz Carlos Pinto da Silva Filho
(Editor, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brazil)
- Paulo Roberto do Lago Helene
(Editor, USP, São Paulo, SP, Brazil)
- Antonio Carlos R. Laranjeiras
(ACR Laranjeiras, Salvador, BA, Brazil)
- Bernardo Horowitz
(UFPE, Recife, PE, Brazil)
- Denise C. C. Dal Molin
(Former Editor, UFRGS,
Porto Alegre, RS, Brazil)
- Emil de Souza Sánchez Filho
(UFF, Rio de Janeiro, RJ, Brazil)
- Geraldo Cechella Isaia
(UFSM, Santa Maria, RS, Brazil)
- Gonzalo Ruiz
(UCLM, Ciudad Real, Spain)
- Guilherme Sales Melo
(Former Editor, UnB, Brasília, DF, Brazil)
- Ivo José Padaratz
(UFSC, Florianópolis, SC, Brazil)
- Joaquim Figueiras
(FEUP, Porto, Portugal)
- José Marcio Fonseca Calixto
(UFMG, Belo Horizonte, MG, Brazil)
- Mounir Khalil El Debs
(USP, São Carlos, SP, Brazil)
- Nicole Pagan Hasparyk
(Former Editor, FURNAS,
Aparecida de Goiânia, GO, Brazil)
- Osvaldo Luís Manzoli
(UNESP, Bauru, SP, Brazil)
- Paulo Monteiro
(Berkeley, University of California,
Berkeley, CA, USA)
- P.K. Mehta
(Berkeley, University of California,
Berkeley, CA, USA)
- Pedro Castro Borges
(CINVESTAV, México, D.F. , México)
- Romildo Dias Toledo Filho
(UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brazil)
- Ronaldo Barros Gomes
(UFG, Goiânia, GO, Brazil)
- Rubens Machado Bittencourt
(Former Editor, FURNAS,
Aparecida de Goiânia, GO, Brazil)
- Túlio Nogueira Bittencourt
(Former Editor, USP,
São Paulo, SP, Brazil)
- Vladimir Antonio Paulon
(UNICAMP, Campinas, SP, Brazil)

Reviewers

Reviewers are selected by the Editors among the IBRACON members with recognized competence in the specific field of each contribution. They are acknowledged at the end of each volume.

We are now releasing the second issue of the third volume of our IBRACON Structures and Materials Journal (Vol. 3 Num. 2). In this issue an investigation on the ductility of reinforced concrete beams is reported in the first article. Material nonlinearity of concrete structures is the subject of the second article, in which design procedures based on lumped dissipation models are compared with simplified procedures recommended by the Brazilian code NBR 6118. In a third article, monitoring techniques are employed to compare design assumptions to actual behavior of reinforced concrete columns of tall buildings. The fourth article presents mechanical properties of lightweight concrete, with a comparison to the corresponding properties of normal concretes. A teaching tool for studying skew bending for general concrete cross-sections is described in the fifth article. The following article presents an attempt to classify environmental aggressiveness in the city of Salvador, BA. The issue closes with an article addressing the aerodynamic behavior of cable stayed bridges under simultaneous action of rain and wind.

The articles have been carefully reviewed by the Editorial Board and highly qualified reviewers from Brazil and from abroad. We deeply acknowledge their contribution, fundamental for the ever improving quality and regularity of our Journal. We would also like to thank all the authors that submitted articles for publication in our Journal, and renew the invitation to the whole concrete community, in Brazil and abroad, to actively participate in the life of the IBRACON Structures and Materials Journal, as frequent readers or as contributors.

Américo Campos Filho, José Luiz Antunes de O. e Sousa, Luiz Carlos Pinto da Silva Filho and Paulo Roberto do Lago Helene
Editors

Estamos publicando o segundo número do terceiro volume da Revista IBRACON de Estruturas e Materiais (Vol. 3 Num. 2). Neste número uma investigação sobre a ductilidade de vigas de concreto armado é relatada no primeiro artigo. Não linearidade material de estruturas de concreto é o tema do segundo artigo, no qual procedimentos de projeto baseados em modelos de dissipação concentrada são comparados com procedimentos simplificados prescritos pela norma brasileira NBR 6118. Em um terceiro artigo, técnicas de monitoração são utilizadas para comparar hipótese de cálculo com o comportamento real de colunas de concreto armado em edifícios altos. O quarto artigo apresenta propriedades mecânicas de concretos leves, comparando-as com suas correspondentes para concreto normais. Uma ferramenta didática para o estudo de flexão oblíqua para seções transversais quaisquer de concreto armado é descrita no quinto artigo. O artigo seguinte apresenta uma proposta de classificação da agressividade ambiental para a cidade de Salvador, BA. O número se completa com um artigo enfocando o comportamento aerodinâmico de pontes estaiadas sob ação simultânea de chuva e vento.

Os artigos foram cuidadosamente revisados pelo Comitê Editorial e por revisores nacionais e estrangeiros do mais alto nível técnico. A esses avaliadores, sem os quais não seria possível manter e melhorar continuamente a qualidade e regularidade de nossa revista, apresentamos nossos profundos agradecimentos. Gostaríamos também de agradecer a todos os autores que têm submetido contribuições para nossa Revista. Aproveitamos a oportunidade para renovar nosso convite a toda a comunidade do concreto no Brasil e exterior para que continuem participando ativamente da nossa Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, como leitores assíduos, ou como autores.

Américo Campos Filho, José Luiz Antunes de O. e Sousa, Luiz Carlos Pinto da Silva Filho e Paulo Roberto do Lago Helene
Editores



Ibracon Structures and Materials Journal
is published quarterly
(March, June, September and
December) by IBRACON.

IBRACON
Instituto Brasileiro do Concreto
Founded in 1972

R. Julieta do Espírito Santo Pinheiro, 68
Jardim Olímpia, São Paulo – SP
Brasil – 05542-120
Phone: +55 11 3735-0202
Fax: +55 11 3733-2190
E-mail: arlene@ibracon.org.br
Website: <http://www.ibracon.org.br>

Editors
Américo Campos Filho
(Brazil)

José Luiz Antunes de O. e Sousa
(Brazil)

Luiz Carlos Pinto da Silva Filho
(Brazil)

Paulo Roberto do Lago Helene
(Brazil)

Cover Photo: WIND TUNNEL MODEL OF
OTÁVIO FRIAS DE OLIVEIRA BRIDGE
(SÃO PAULO)

Courtesy: A. M. LOREDO-SOUZA,
UFRGS, PORTO ALEGRE, RS



Volume 3, Number 2
June 2010
ISSN: 1983-4195

REVISTA IBRACON DE ESTRUTURAS E MATERIAIS

IBRACON STRUCTURES AND MATERIALS JOURNAL

Contents

***Nonlinear fracture mechanics investigation on the
Ductility of reinforced concrete beams***

A. CARPINTERI and M. CORRADO

137

***Nonlinear analysis of reinforced concrete structures in design
procedures: application of lumped dissipation models***

G. M. S. ALVA, A. L. H. C. EL DEBS and J. KAMINSKI Jr.

149

***Monitoring of high-rise buildings' reinforced
concrete columns***

K. A. R. NAHUM and D. R. C. OLIVEIRA

179

***Efficiency factor and modulus of elasticity of
Lightweight concrete with expanded clay aggregate***

W.G. MORAVIA, A. G. GUMIERI and W. L. VASCONCELOS

195

***Development of a teaching tool for the study of skew
bending for general concrete cross-sections***

P. H. C. DE LYRA, T. N. BITTENCOURT and W. S. DE ASSIS

205

***An attempt to classify environmental aggressiveness
in the city of Salvador - BA***

J. M. L. VILASBOAS and S. L. MACHADO

219

***Aerodynamic of Bridge Stay Cables Under Simultaneous
Action of Rain and Wind – Part I: Vortex Shedding***

D. S. MACHADO and A. M. LOREDO-SOUZA

248

Aims and Scope

Aims and Scope

The IBRACON Structures and Materials Journal is a technical and scientific divulgation vehicle of IBRACON (Brazilian Concrete Institute). Each issue of the periodical has 5 to 8 papers and, possibly, a technical note and/or a technical discussion regarding a previously published paper. All contributions are reviewed and approved by reviewers with recognized scientific competence in the area.

Objectives

The IBRACON Structures and Materials Journal's main objectives are:

- Present current developments and advances in the area of concrete structures and materials;
- Make possible the better understanding of structural concrete behavior, supplying subsidies for a continuous interaction among researchers, producers and users;
- Stimulate the development of scientific and technological research in the areas of concrete structures and materials, through papers peer-reviewed by a qualified Editorial Board;
- Promote the interaction among researchers, constructors and users of concrete structures and materials and the development of Civil Construction;
- Provide a vehicle of communication of high technical level for researchers and designers in the areas of concrete structures and materials.

Submission Procedure

The procedure to submit and revise the contributions, as well as the formats, are detailed on IBRACON's WebSite (www.ibracon.org.br). The papers and the technical notes are revised by at least three reviewers indicated by the editors. The discussions and replies are accepted for publication after a revision by the editors and at least one member of the Editorial Board. In case of disagreement between the reviewer and the authors, the contribution will be sent to a specialist in the area, not necessarily linked to the Editorial Board.

Contribution Types

The periodical will publish original papers, short technical notes and paper discussions. Announcements of conferences and meetings, information about book reviews, events and contributions related to the area will also be available in the periodical's WebSite. All contributions will be revised and only published after the Editorial and Reviewers Boards approve the paper. Restrictions of content and space (size) are imposed to the papers. The contributions will be accepted for review in Portuguese, Spanish or English. The abstracts are presented in Portuguese or Spanish, and in English, independently of the language in which the paper is written. After the review process, papers originally written in Portuguese or Spanish should be translated into English, which is the official language of the IBRACON Structures and Materials Journal. Optionally, papers are also published in Portuguese or Spanish.

Original papers will be accepted as long as they are in accordance with the objectives of the periodical and present quality of information and presentation. The instructions to submit a paper are detailed in the template (available on IBRACON's WebSite).

The length of the papers must not exceed 20 pages.

A technical note is a brief manuscript. It may present a new feature of research, development or technological application in the areas of Concrete Structures and Materials, and Civil Construction. This is an opportunity to be used by industries, companies, universities, institutions of research, researchers and professionals willing to promote their

works and products under development. The instructions to submit a technical note are detailed on IBRACON's WebSite.

A discussion is received no later than 3 months after the publication of the paper or technical note. The instructions to submit a discussion are detailed on IBRACON's WebSite. The discussion must be limited to the topic addressed in the published paper and must not be offensive. The right of reply is guaranteed to the Authors. The discussions and the replies are published in the subsequent issues of the periodical.

Internet Access

IBRACON Structural Journal Page in <http://www.ibracon.org.br>

Subscription rate

All IBRACON members have free access to the periodical contents through the Internet. Non-members have limited access to the published material, but are able to purchase isolated issues through the Internet. The financial resources for the periodical's support are provided by IBRACON and by research funding agencies. The periodical will not receive any type of private advertisement that can jeopardize the credibility of the publication.

Photocopying

Photocopying in Brazil. Brazilian Copyright Law is applicable to users in Brazil. IBRACON holds the copyright of contributions in the journal unless stated otherwise at the bottom of the first page of any contribution. Where IBRACON holds the copyright, authorization to photocopy items for internal or personal use, or the internal or personal use of specific clients, is granted for libraries and other users registered at IBRACON.

Copyright

All rights, including translation, reserved. Under the Brazilian Copyright Law No. 9610 of 19th February, 1998, apart from any fair dealing for the purpose of research or private study, or criticism or review, no part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior written permission of IBRACON. Requests should be directed to IBRACON:

IBRACON

Rua Julieta do Espírito Santo Pinheiro, nº 68 ,Jardim Olímpia,
São Paulo, SP – Brasil CEP: 05542-120
Phone: +55 11 3735-0202 Fax: +55 11 3733-2190
E-mail: arlene@ibracon.org.br.

Disclaimer

Papers and other contributions and the statements made or opinions expressed therein are published on the understanding that the authors of the contribution are the only responsible for the opinions expressed in them and that their publication does not necessarily reflect the support of IBRACON or the journal.

Objetivos e Escopo

A Revista IBRACON de Estruturas e Materiais é um veículo de divulgação técnica e científica do IBRACON (Instituto Brasileiro do Concreto). Cada número do periódico tem 5 a 8 artigos e, possivelmente, uma nota técnica e/ou uma discussão técnica sobre um artigo publicado anteriormente. Todas as contribuições são revistas e aprovadas por revisores com competência científica reconhecida na área.

Objetivos

Os objetivos principais da Revista IBRACON de Estruturas e Materiais são:

- Apresentar desenvolvimentos e avanços atuais na área de estruturas e materiais de concreto;
- Possibilitar o melhor entendimento do comportamento do concreto estrutural, fornecendo subsídios para uma interação contribua entre pesquisadores, produtores e usuários;
- Estimular o desenvolvimento de pesquisa científica e tecnológica nas áreas de estruturas de concreto e materiais, através de artigos revisados por um corpo de revisores qualificado;
- Promover a interação entre pesquisadores, construtores e usuários de estruturas e materiais de concreto, e o desenvolvimento da Construção Civil;
- Prover um veículo de comunicação de alto nível técnico para pesquisadores e projetistas nas áreas de estruturas de concreto e materiais.

Submissão de Contribuições

O procedimento para submeter e revisar as contribuições, assim como os formatos, estão detalhados na página Internet do IBRACON (www.ibracon.org.br). Os artigos e as notas técnicas são revisadas por, no mínimo, três revisores indicados pelos editores. As discussões e réplicas são aceitas para publicação após uma revisão pelo editores e no mínimo um membro do Corpo Editorial. No caso de desacordo entre revisor e autores, a contribuição será enviada a um especialista na área, não necessariamente do Corpo Editorial.

Tipos de Contribuição

O periódico publicará artigos originais, notas técnicas curtas e discussões sobre artigos. Anúncios de congressos e reuniões, informação sobre revisão de livros e contribuições relacionadas à área serão também disponibilizadas na página Internet da revista. Todas as contribuições serão revisadas e publicadas apenas após a aprovação dos revisores e do Corpo Editorial. Restrições de conteúdo e espaço (tamanho) são impostas aos artigos. As contribuições serão aceitas para revisão em português, espanhol ou inglês. Os resumos serão apresentados em português ou espanhol, e em inglês, independentemente do idioma em que o artigo for escrito. Após o processo de revisão, artigos originalmente escritos em português ou espanhol deverão ser traduzidos para inglês, que é o idioma oficial da Revista IBRACON de Estruturas e Materiais. Opcionalmente, os artigos são também publicados em português ou espanhol.

Artigos originais serão aceitos desde que estejam de acordo com os objetivos da revista e apresentam qualidade de informação e apresentação. As instruções para submeter um artigo estão detalhadas em um gabarito (disponível no sítio do IBRACON).

A extensão dos artigos não deve exceder 20 páginas.

Um nota técnica é um manuscrito curto. Deve apresentar uma nova linha de pesquisa, desenvolvimento ou aplicação tecnológica nas áreas de Estruturas de Concreto e Materiais, e Construção Civil. Esta é uma oportunidade a ser utilizada por indústrias, empresas, universidades,

instituições de pesquisa, pesquisadores e profissionais que desejem promover seus trabalhos e produtos em desenvolvimento. As instruções para submissão estão detalhadas na página de Internet do IBRACON.

Uma discussão é recebida não mais de 3 meses após a publicação do artigo ou nota técnica. As instruções para submeter uma discussão estão detalhadas na página de Internet do IBRACON. A discussão deve se limitar ao tópico abordado no artigo publicado e não pode ser ofensivo. O direito de resposta é garantido aos autores. As discussões e réplicas são publicadas nos números subsequentes da revista.

Acesso via Internet

Página da Revista IBRACON de Estruturas e Materiais em <http://www.ibracon.org.br>

Assinatura

Todos os associados do IBRACON têm livre acesso ao conteúdo do periódico através da Internet. Não associados têm acesso limitado ao material publicado, mas podem adquirir números isolados pela Internet. O financiamento para suporte à revista é provido pelo IBRACON e por agências de financiamento à pesquisa. A revista não receberá qualquer tipo de anúncio privado que possa prejudicar a credibilidade da publicação.

Fotocópias

Fotocópias no Brasil, A Lei Brasileira de Direitos Autorais é aplicada a usuários no Brasil. O IBRACON detém os direitos autorais das contribuições na revista a menos que haja informação em contrário no rodapé da primeira página da contribuição. Onde o IBRACON detém os direitos autorais, autorização para fotocopiar itens para uso interno ou pessoal, ou uso interno ou pessoal de clientes específicos, é concedida para bibliotecas e outros usuários registrados no IBRACON.

Direitos autorais

Todos os direitos, inclusive tradução são reservados. Sob a Lei de Direitos Autorais No. 9610 de 19 de fevereiro de 1998, exceto qualquer acordo para fins de pesquisa ou estudo privado, crítica ou revisão, nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida, arquivada em sistema de busca, ou transmitida em qualquer forma ou por qualquer meio eletrônico, mecânico, fotocópia, gravação ou outros, sem a autorização prévia por escrito do IBRACON. Solicitações devem ser encaminhadas ao IBRACON:

IBRACON

Rua Julieta do Espírito Santo Pinheiro, nº 68 , Jardim Olímpia, São Paulo, SP –Brasil CEP: 05542-120

Fone: +55 11 3735-0202 Fax: +55 11 3733-2190

E-mail: arlene@ibracon.org.br.

Aviso Legal

Artigos e outras contribuições e declarações feitas ou opiniões expressas aqui são publicadas com o entendimento que os autores da contribuição são os únicos responsáveis pelas opiniões expressas neles e que sua publicação não necessariamente reflete o apoio do IBRACON ou da revista.

Diretoria

Diretoria Biênio 2010/2012

Diretor Presidente
José Marques Filho

Diretor 1º Vice-Presidente
Rubens Machado Bittencourt

Diretor 2º Vice-Presidente
Túlio Nogueira Bittencourt

Diretor 1º Secretário
Nelson Covas

Diretor 2º Secretário
Sonia Regina C. J. Freitas

Diretor 1º Tesoureiro
Claudio Sbrighi Neto

Diretor 2º Tesoureiro
Carlos José Massucato

Diretor Técnico
Carlos de Oliveira Campos

Diretor de Eventos
Luiz Prado Vieira Júnior

Diretor de Pesquisa e Desenvolvimento
Ângela Masuero

Diretor de Publicações e Divulgação Técnica
Inês Laranjeiras da Silva Battagin

Diretor de Marketing
Luiz Carlos Pinto da Silva Filho

Diretor de Relações Institucionais
Mário William Esper

Diretor de Cursos
Flávio Moreira Salles

Diretor de Certificação de Mão-de-obra
Júlio Timerman

Conselho Diretor Biênio 2010/2012

Conselheiros Individuais

Augusto Carlos de Vasconcelos
Túlio Nogueira Bittencourt
Antônio Carlos Reis Laranjeiras
Claudio Sbrighi Neto
Denise Carpena C. Dal Molin
Vladimir Antonio Paulon
Nelson Covas
José Marques Filho
Luiz Carlos Pinto da Silva Filho
Monica Pinto Barbosa
Luiz Prado Vieira Júnior
Julio Timerman
Geraldo Cechella Isaia
Lídia da Conceição Domingues Shehata
Carlos de Oliveira Campos

Conselheiros Mantenedores e Coletivos

ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - POLI
IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
FURNAS Centrais Elétricas S/A
PETROBRÁS - Petróleo Brasileiro S/A
CESP - Companhia Energética de São Paulo
ABCIC - Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto
Grupo Votorantim - Votorantim Cimentos
ABESC - Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem
CAMARGO CORREA CIMENTOS S/A. (Grupo Camargo Correa)
Escritório Técnico Julio Kassoy e Mario Franco Engenheiros Civis Ltda.
GERDAU Aços Longos S/A
HOLCIM Brasil S/A

Conselheiros Permanentes

Rubens Machado Bittencourt
Paulo Helene
Eduardo Antonio Serrano
Selmo Chapira Kuperman
José Zamarion Ferreira Diniz
Ronaldo Tartuce
Simão Priszkulnik

Volume 3, Number 2

June 2010

ISSN: 1983-4195

Contents

***Nonlinear fracture mechanics investigation on the
Ductility of reinforced concrete beams***

A. CARPINTERI and M. CORRADO

137

***Nonlinear analysis of reinforced concrete structures in design
procedures: application of lumped dissipation models***

G. M. S. ALVA, A. L. H. C. EL DEBS and J. KAMINSKI Jr.

149

***Monitoring of high-rise buildings' reinforced
concrete columns***

K. A. R. NAHUM and D. R. C. OLIVEIRA

179

***Efficiency factor and modulus of elasticity of
Lightweight concrete with expanded clay aggregate***

W.G MORAVIA, A. G. GUMIERI and W. L. VASCONCELOS

195

***Development of a teaching tool for the study of skew
bending for general concrete cross-sections***

P. H. C. DE LYRA, T. N. BITTENCOURT and W. S. DE ASSIS

205

***An attempt to classify environmental aggressiveness
in the city of Salvador - BA***

J. M. L. VILASBOAS and S. L. MACHADO

219

***Aerodynamic of Bridge Stay Cables Under Simultaneous
Action of Rain and Wind – Part I: Vortex Shedding***

D. S. MACHADO and A. M. LOREDO-SOUZA

248